

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизований пристрій керування біогазовим реактором

Назва теми

КвРАКІТ. 2022118.01.01.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

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

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент 3 курсу, група АКІТс-22-1

Підпис

Олег ВИХОДЗЬ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

д-р техн. наук, проф.

Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки

Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«16» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.



**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Виходзю Олегу Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизований пристрій керування біогазовим реактором

Керівник роботи Мартинюк В.В., д.т.н. професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.





3 Вихідні дані до роботи Рівень води в реакторі 2 м. Рівень органічних відходів 1,5 м.

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

Вступ. Огляд літературних джерел та патентних даних. Основна частина. Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизований пристрій керування біогазовим реактором».

Автор роботи: Виходзь Олег Володимирович.

Керівник роботи: Мартинюк Валерій Володимирович

Пояснювальна записка: 61 с., 31 рис., 6 таб. 3 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 11 презентаційних слайдів.

ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ, БІОГАЗОВИЙ РЕАКТОР, ПРОГРАМОАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, АЛГОРИМТ КЕРУВАННЯ.

Мета кваліфікаційної роботи - розробка автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, який забезпечує ефективне, надійне та безпечне функціонування системи з можливістю програмування режимів роботи та дистанційного моніторингу ключових параметрів.

Розроблено структурну та електричну схеми автоматизованого пристрою, здійснено обґрунтований підбір обладнання: сенсорів, виконавчих механізмів, джерел живлення, програмованого логічного контролера Siemens SIMATIC S7-1200 та панелі оператора SIPLUS HMI KTP700.

Розроблено програмне забезпечення в середовищі TIA Portal V17 з використанням мов LAD та SCL відповідно до стандарту IEC 61131-3. Алгоритм керування охоплює контроль рівня води та відходів, регулювання температури й тиску, роботу насосів, мішалки та вентилятора. Передбачено автоматичний і ручний режими роботи, а також аварійний захист.



Підпис студента

13.06.2025

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	5
1.1. Особливості біогазового реактора.....	5
1.2. Особливості анаеробного розкладання.....	8
1.3. Висновки до першого розділу.....	15
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	16
2.1. Розробка структурної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором.....	16
2.2. Підбір блоків та пристроїв для структурної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором.....	20
2.3. Розробка електричної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором.....	30
2.4. Висновки до другого розділу.....	35
3. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ БІОГАЗОВИМ РЕАКТОРОМ.....	36
3.1. Алгоритм автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором.....	36
3.2. Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором.....	39
3.3. Висновки до третього розділу.....	55
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	58
Додатки.....	62

КРБАКІТ. 2022118.01.01.ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Автоматизований пристрій керування біогазовим реактором Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Виходзь О.В.		13.06.25		у		
Перевір		Мартинюк В.В.		13.06.25			2	61
Т.Конт						ХНУ, АКІТс-22-1		
Н.контр.		Корецька Л.О.		16.06.25				
Затвер.		Мартинюк В.В.		17.06.25				

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах розвитку енергетики та зростання уваги до екологічної безпеки автоматизація процесів перетворення органічних відходів у корисні енергетичні ресурси набуває особливої ваги. Одним із таких рішень є використання біогазових реакторів, які дозволяють ефективно утилізувати біологічні відходи та отримувати біогаз як альтернативне джерело енергії.

Запровадження автоматизованих систем керування дозволяє підтримувати оптимальні параметри процесу ферментації, забезпечити стабільний вихід біогазу, підвищити енергоефективність та мінімізувати участь обслуговуючого персоналу.

Таким чином, розробка автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором є актуальним напрямом, що сприяє розвитку екологічно чистої енергетики, впровадженню енергоефективних технологій та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, який забезпечує ефективне, надійне та безпечне функціонування системи з можливістю програмування режимів роботи та дистанційного моніторингу ключових параметрів.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

- провести аналіз існуючих систем автоматизованого керування біогазовими реакторами та оцінити їхні переваги й недоліки;
- розробити структурну та функціональну схему автоматизованого пристрою керування;
- виконати вибір апаратних компонентів та сенсорів, необхідних для забезпечення стабільної роботи системи;
- створити електричну принципову схему пристрою;
- розробити програмне забезпечення автоматизованого пристрою

керування;

Предметом дослідження є апаратно-програмний комплекс для автоматизованого керування біогазовим реактором, зокрема технічні засоби збору даних, алгоритми керування та способи інтеграції в загальну систему моніторингу.

Практична значимість отриманих результатів:

У роботі створено автоматизований пристрій, який забезпечує ефективне керування процесом виробництва біогазу. Застосування цього пристрою дає змогу підвищити стабільність і продуктивність біореактора, скоротити витрати на обслуговування, зменшити енергоспоживання та сприяти більш широкому впровадженню екологічно безпечних енергетичних технологій.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 61 сторінки комп'ютерного тексту, у тому числі: 31 рисунок, список використаних джерел вміщує 40 найменувань.

У вступі обґрунтована актуальність кваліфікаційної роботи, сформульовано мету та задачі кваліфікаційної роботи, відображено її практичне значення.

В першому розділі розглянуто підвищення ефективності процесу зброджування та розробки автоматизованих систем керування біогазовими установками.

У другому розділі розроблена структурна та електрична схеми пристрою керування біогазовим реактором.

У третьому розділі розроблено алгоритм керування та розроблено програму роботи пристрою керування біогазовим реактором.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Особливості біогазового реактора

Біогаз – це відновлювана та біологічна версія природного газу. Біогаз виробляється шляхом ферментації органічного матеріалу: мікроорганізми використовуються для розкладання біорозкладного матеріалу за відсутності кисню, а біогаз виділяється як відхідний продукт реакції.

Ця біохімічна реакція називається ферментацією і є формою анаеробного розкладання. Біогаз, що утворюється під час такої реакції, зазвичай складається з метану (від 40 до 70% за об'ємом) та вуглекислого газу (від 30 до 60%). Також може утворюватися змінна кількість водяної пари та сірководню.

Енергія біогазу по суті походить з фракції метану. Ось чому біогаз зазвичай очищають для отримання біометану. Цей метан такий самий, як і в природному газі, і саме тому біометан можна використовувати в розподільчій мережі природного газу.

Оскільки біогаз виробляється шляхом ферментації органічної речовини, для виробництва біогазу можна використовувати кілька видів продуктів:

Культури: такі як кукурудза, але також можна використовувати дикорослі рослини. Дійсно, використання харчових культур має недоліки, описані далі в цьому документі. Саме тому використання нехарчових культур вже широко культивується та оцінюється з метою виробництва біогазу.

Сміттєзвалища: їхня ефективність залежить від їхнього складу та герметичності. Бруд з водоочисних споруд, гній від розведення, деякі промислові органічні відходи, дно озер та водорості.

атмосфери рослинами раніше.

Анаеробне розкладання можна порівняти з точки зору низки екологічних впливів та критеріїв сталого розвитку, включаючи енергетичний баланс, переробку поживних речовин, потенціал пом'якшення наслідків глобального потепління тощо.

Однак, це міркування є теоретичним, і дослідження впливу біогазу на навколишнє середовище повинно враховувати людську працю, необхідну для виробництва біогазу, та загальне споживання виробничою лінією. Було проведено численні дослідження, але вони призводять до радикально різних результатів та суперечливих висновків.

Однак, можна зробити загальний висновок щодо сировини, що використовується для виробництва біогазу. Дійсно, здається, що біогаз, вироблений із сільськогосподарських залишків, гною або харчових відходів, має набагато менший вплив на навколишнє середовище, ніж біогаз, вироблений із сільськогосподарських культур, призначених для його виробництва.

Біогаз із спеціалізованих культур має більший глобальний парниковий ефект, але також призводить до інших екологічних та соціальних проблем, таких як вирубка лісів, збільшення тиску на орні землі, збільшення попиту та, отже, цін на продукти харчування (що призводить до голоду), ефект відскоку від використання палива тощо.

Висновком з цього питання є важливим враховувати походження біогазу, щоб оцінити його вплив на навколишнє середовище: культури, призначені для виробництва біогазу, та використання харчових культур мають дуже негативний вплив на навколишнє середовище, тоді як біогаз із сільськогосподарських залишків, гною або харчових відходів підпадає під сферу сталого розвитку та переробки.

З цієї точки зору, перше та друге покоління біогазу (і загалом біопалива) розрізняються. Перше покоління біопалива залежить від

рослинних органів, які також використовуються для харчування людини, таких як насіння зернових.

Друге покоління використовує всю рослину, тому можна використовувати сільськогосподарські залишки, такі як стебла, для виробництва біогазу. Таким чином, друге покоління може бути використане для переробки харчових відходів та сільськогосподарських залишків у контексті сталого розвитку.

Ось чому біопаливо може бути важливим джерелом енергії в майбутньому. Політичні органи повинні все більше просувати друге покоління біопалива по всьому світу, а технологічні прориви в цій галузі повинні призвести до все більш сталого процесу.

1.2 Особливості анаеробного розкладання

Анаеробне розкладання (АР) загалом описує розкладання органічної речовини кількома групами анаеробних бактерій за відсутності кисню [2]. Під час цього процесу розкладання утворюється так званий біогаз, який в основному складається з метану (CH_4), вуглекислого газу (CO_2), водню (H_2) та сірководню (H_2S). Оскільки метан є основним енергоносієм у біогазі, отриманий біогаз здебільшого спалюється в когенераційних установках для виробництва електроенергії та тепла.

Інші можливості переробки біогазу включають його скраплення для використання як палива та збагачення метаном для досягнення якості природного газу, щоб його можна було постачати до газової мережі.

Застосування АР є багатогранним. Воно використовується не лише в харчовій та фармацевтичній промисловості, але й для очищення стічних вод та органічних відходів. Протягом останніх 20 років використання АР для виробництва відновлюваної енергії з відходів та енергетичних культур на промислових та сільськогосподарських біогазових установках (ПБГУ та

СБГУ) стає все більш популярним завдяки сильній законодавчій підтримці в багатьох країнах, що здійснюється законами про відновлювану енергетику [2].

Процес анаеробного розкладання (АР) є дуже складним процесом, тому знадобилося багато часу, перш ніж чотири основні стадії АР, а саме гідроліз, ацидогенез, ацетогенез та метаногенез, були повністю зрозумілі [2].

Історію АР добре описав Маккарті в 1982 році, який стверджував, що італійський фізик на ім'я Вольта першим довів виробництво горючого газу з органічного матеріалу в 1776 році.

Один з перших повних описів процесу ацетогенезу (АГ) був наданий Маккарті в 1964 році, який описав три стадії процесу АР: гідроліз та ацидогенез як стадія I, ацетогенез як стадія II та метаногенез як стадія III. Загальноприйнята схема процесу АР показана на рисунку 1.1.

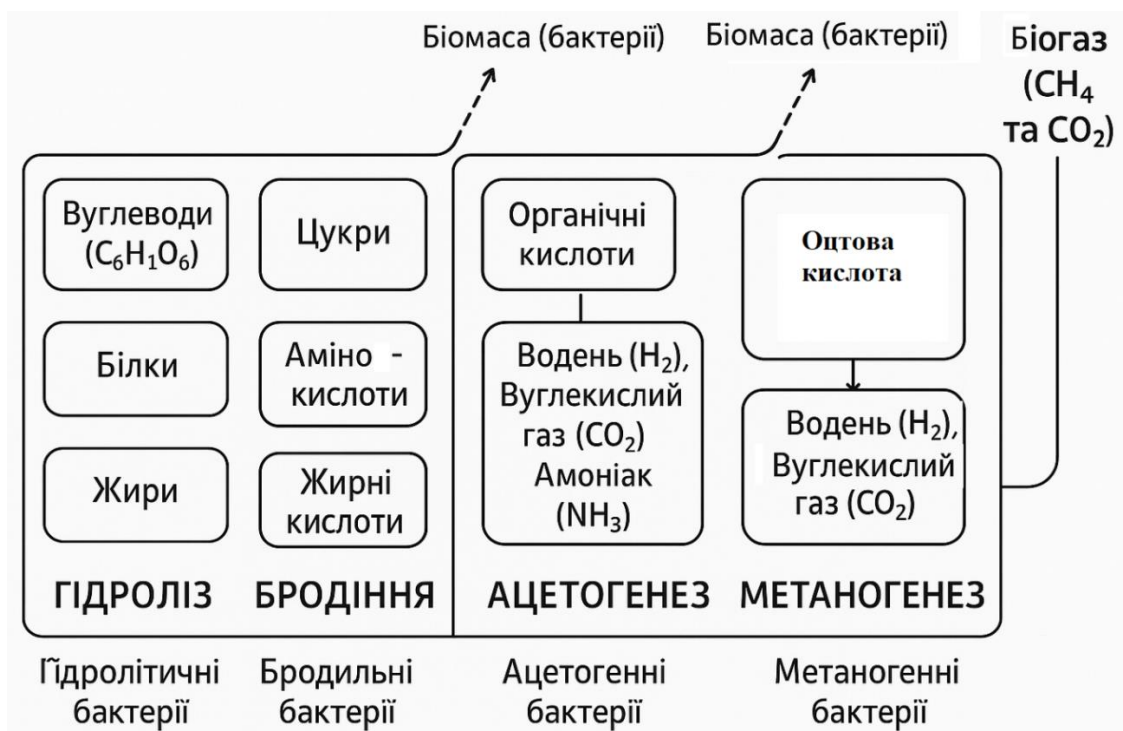


Рисунок 1.2 - Загальноприйнята схема процесу анаеробного розкладання

1. Гідроліз.

Гідроліз вважається основним етапом, що обмежує швидкість у процесі анаеробного розкладання (АР), оскільки він відповідає за ферментативне розкладання довголанцюгових молекул крохмалю, цукру та білка у твердій органічній фракції вхідних субстратів.

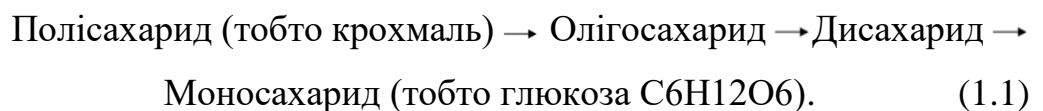
Через те, що наступні фази процесу анаеробного розкладання можуть обробляти лише гідролізований легкорозкладний розчинний субстрат, гідроліз є «вузьким місцем» процесу анаеробного розкладання, що визначає швидкість реакції на інших стадіях процесу.

Якщо гідроліз повільний, обмеження субстрату є основною причиною гальмування наступних процесів. Гідроліз переважно здійснюється екзоферментами, які вивільняються іншими анаеробними бактеріями для здійснення метаболічних реакцій, таких як розщеплення поживних речовин, поза бактеріальною клітиною.

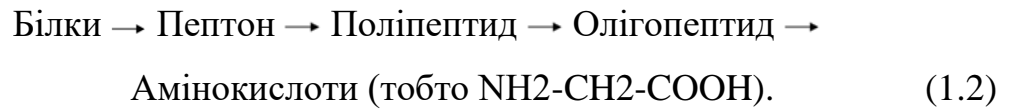
Крім того, екзоферменти діють як каталізатор для інших стадій процесу, зменшуючи їхню енергію активації, що призводить до збільшення швидкості їх реакцій. Тому швидкий гідроліз важливий для збалансованого процесу анаеробного розщеплення і може бути досягнутий завдяки короткому часу генерації екзоферментів, який коливається від кількох годин до двох днів.

Шляхи реакцій (2.1), (2.2) та (2.3) ілюструють гідроліз вуглеводів, білків та ліпідів (Korpe and Stozek 1993).

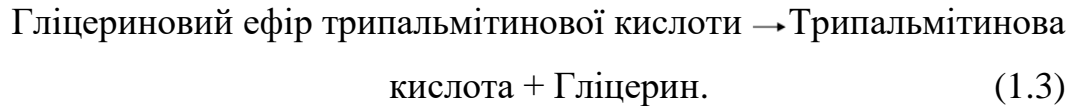
Вуглеводи.



Білки.



Ліпіди.



2. Ацидогенез.

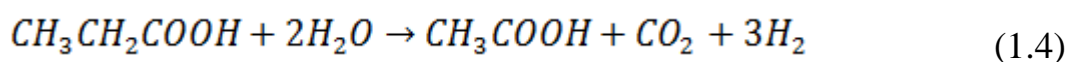
Ацидогенез – це друга фаза процесу анаеробного розкладання (АР), в якій гідролізовані частинки використовуються для виробництва органічних кислот, таких як масляна, валеріанова, пропіонова та, зокрема, оцтова кислота.

Оцтова кислота потім використовується метаногенними бактеріями для виробництва метану. Ацидогенні бактерії живляться моносахаридами, амінокислотами та довголанцюговими жирними кислотами (ДЛЖК) шляхом гідролізу та виробляють вищезгадані леткі жирні кислоти (ЛЖК). Крім того, утворюється невелика кількість водню, вуглекислого газу та спирту [2].

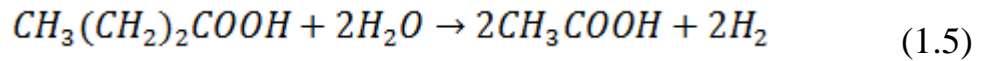
3. Ацетогенез.

Ацетогенез використовує кінцеві та побічні продукти ацидогенезу для отримання оцтової кислоти та ацетату. Наведені нижче реакції показують отримання оцтової кислоти з пропіонової та масляної кислот.

Пропіонова кислота.



Масляна кислота.



Ці реакції показують, що утворюється відносно велика кількість водню, що впливає на парціальний тиск водню і, отже, на значення рН. Якщо значення рН падає через збільшення виробництва водню, ацетогенні бактерії сильно пригнічуються, оскільки їм потрібне нейтральне, навіть злегка лужне середовище для отримання достатньої кількості енергії від свого метаболізму.

Тому необхідний контроль концентрації водню, який реалізується гідрогенотрофними метаногенними бактеріями, які використовують водень і вуглекислий газ для виробництва метану. Ця залежність між ацетогенезом і метаногенезом є симбіотичним зв'язком.

Якщо виробництво водню в результаті ацетогенезу низьке, гідрогенотрофний метаногенез пригнічується через обмеження субстрату, а якщо споживання водню в результаті гідрогенотрофного метаногенезу низьке, низькі значення рН призводять до пригнічення ацетогенезу.

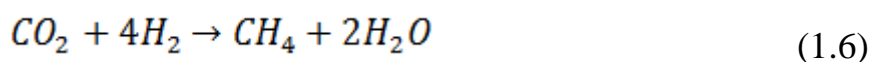
4. Метаногенез.

Останнім етапом процесу ацетокластичного утворення є метаногенез, у якому для виробництва метану використовуються оцтова кислота, водень та вуглекислий газ, що утворюються в попередніх процесах. Існує два різних шляхи виробництва метану.

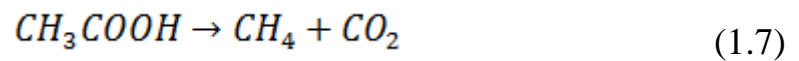
1. Гідрогенотрофний.
2. Ацетокластичний метаногенез.

Гідрогенотрофний метаногенез використовує водень та вуглекислий газ для виробництва метану, тоді як ацетокластичний метаногенез використовує лише оцтову кислоту.

Гідрогенотрофний метаногенез.



Ацетокластичний метаногенез.



Через високу залежність від постійної доступності кінцевих продуктів ацидогенезу та ацетогенезу, основною причиною пригнічення метаногенезу є обмеження субстрату. Крім того, Томас визначив час генерації метаногенних бактерій від трьох до п'ятнадцяти днів, що є довгим порівняно з коротким часом генерації екзоферментів. Це означає, що метаногенним бактеріям потрібно більше часу для відновлення після порушень процесу, тому створення сприятливих умов для бактерій є пріоритетом.

1.3 Параметри анаеробного розкладання

Опис процесу анаеробного розкладання (АР) показує його складність через чотири різні етапи процесу та велику кількість різних бактерій, що беруть участь. Таким чином, моніторинг та контроль процесу АР є складним завданням і вимагає знань про відповідні параметри процесу та експлуатації.

Температура є однією з найважливіших змінних для стабільності процесу, оскільки популяції анаеробних бактерій можуть виживати лише в певних температурних діапазонах. Крім того, різкі зміни та постійні коливання температури процесу призводять до пригнічення популяцій бактерій.

Тому контроль температури процесу, щоб вона завжди залишалася постійною, має вирішальне значення для підтримки стабільної роботи установки. Існує три різні температурні діапазони:

1. Психрофільні бактерії – $T < 25^{\circ}C$.

2. Мезофільні бактерії - $30^{\circ}\text{C} \leq T \leq 45^{\circ}\text{C}$.

3. Термофільні бактерії – $T > 50^{\circ}\text{C}$.

На рисунку 1.3 показано швидкість анаеробного розкладання, виміряну за швидкістю утворення газу, швидкістю росту та ефективністю розкладання субстрату.

Перша частина показує швидкість процесу для психрофільних та мезофільних бактерій, тоді як друга частина стосується термофільних бактерій.

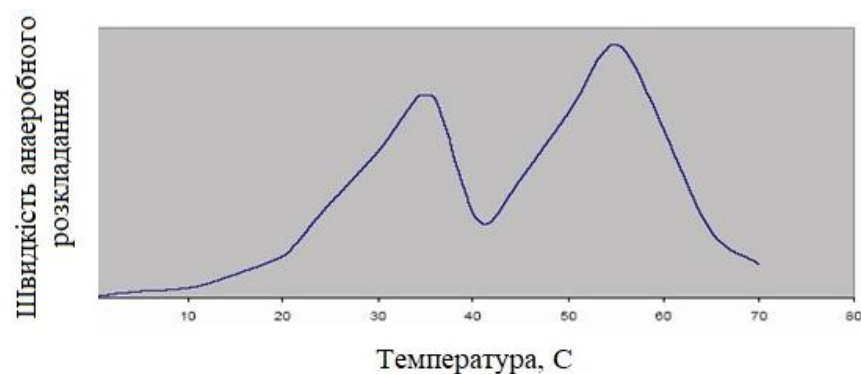


Рисунок 1.3 - Швидкість анаеробного розкладання, виміряна за швидкістю утворення газу, швидкістю росту та ефективністю розкладання субстрату

При термофільному розщепленні можна досягти вищої швидкості завантаження, вищого знищення патогенів та вищого розкладання субстрату. З іншого боку, термофільні бактерії чутливіші до токсинів та менших змін у навколишньому середовищі.

Це також вимагає більше енергії, оскільки для підтримки бажаної температури потрібно більше тепла. Стабільність мезофільного процесу робить його більш привабливим для анаеробного розкладання.

Мезофільні бактерії є більш стійкими та переносять більші зміни в навколишньому середовищі. Використання мезофільного процесу рекомендується в біореакторах, де температура може сильно коливатися,

наприклад, у невеликих біореакторах, погано ізольованих біореакторах або біореакторах у холодну погоду.

Загальна кількість твердих речовин (ТР) та летких твердих речовин (ЛР). Концентрації ТР та ЛР субстратів, а також дигестату, надають корисну інформацію про очікуваний вихід біогазу та ефективність процесу. Крім того, механічні компоненти установки анаеробного перероблення, такі як насоси та мішалки, можуть безпечно обробляти лише матеріал з певною концентрацією ТР.

1.4 Висновки до першого розділу

1. В результаті аналізу літературних джерел і патентних матеріалів було встановлено, що анаеробне зброджування є ефективною біотехнологією перетворення органічних відходів у біогаз, що має значний енергетичний потенціал. Процес зброджування є багатостадійним і здійснюється за участю різних груп мікроорганізмів, кожна з яких виконує специфічну роль у розкладі органічної речовини. Основні параметри, що впливають на ефективність процесу, включають температуру, рН середовища, гідравлічний час утримання, тип субстрату та співвідношення вуглецю до азоту.

2. Біогазові реактори, які є основними апаратами для реалізації процесу зброджування, поділяються на різні типи залежно від принципу дії, температурного режиму та способу завантаження субстрату. Найбільш поширеними є реактори періодичної та безперервної дії.

3. Узагальнення теоретичних і практичних підходів до організації анаеробного зброджування дозволяє сформулювати підґрунтя для подальшого удосконалення конструкцій біореакторів, підвищення ефективності процесу зброджування та розробки автоматизованих систем управління біогазовими установками.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структурної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором

Біогазовий реактор - це герметичний резервуар, у якому відбувається анаеробне зброджування органічної біомаси. Під впливом мікроорганізмів у безкисневому середовищі відбувається розклад органічних сполук із утворенням біогазу (метан + CO₂) та дигестату (органічного добрива).

До складу сировини можуть входити для біогазового реактора входять наступні органічні відходи.

1. Гній великої рогатої худоби, свиней, птахів.
2. Сільськогосподарські та харчові відходи.
3. Органічні залишки промислового походження.

Оптимальний температурний режим процесу складає від 20 °С до 35 °С, а час гідравлічного утримання триває від 40 до 100 діб. Типова генерація біогазу становить від 0,3 м³ до 0,5 м³ газу на 1 м³ об'єму біогазового реактора за добу. Енергетична цінність біогазу складає 0,6 кВт·год/м³, що еквівалентно приблизно 0,6 л дизельного пального.

Окрім біогазу в біогазовому реакторі утворюється продукт зброджування, який отримав назву дигестат і є високоякісним органічним добривом. Дигестат містить залишки поживних речовин і має позитивний вплив на родючість ґрунтів.

В процесі розробки біогазового реактора потрібно враховувати, що одна корова продукує від 9 кг до 15 кг гною на день з якого можна отримати 0,4 м³ біогазу. Для приготування їжі необхідно від 0,1 м³ на особу на день до 0,3 м³ на особу на день. Якщо біогаз використовується в якості пального для газового генератора, то потреба біогазу складає 0,6 м³/кВт·год.

На рисунку 2.1 зображено схематичне зображення біогазового реактора.

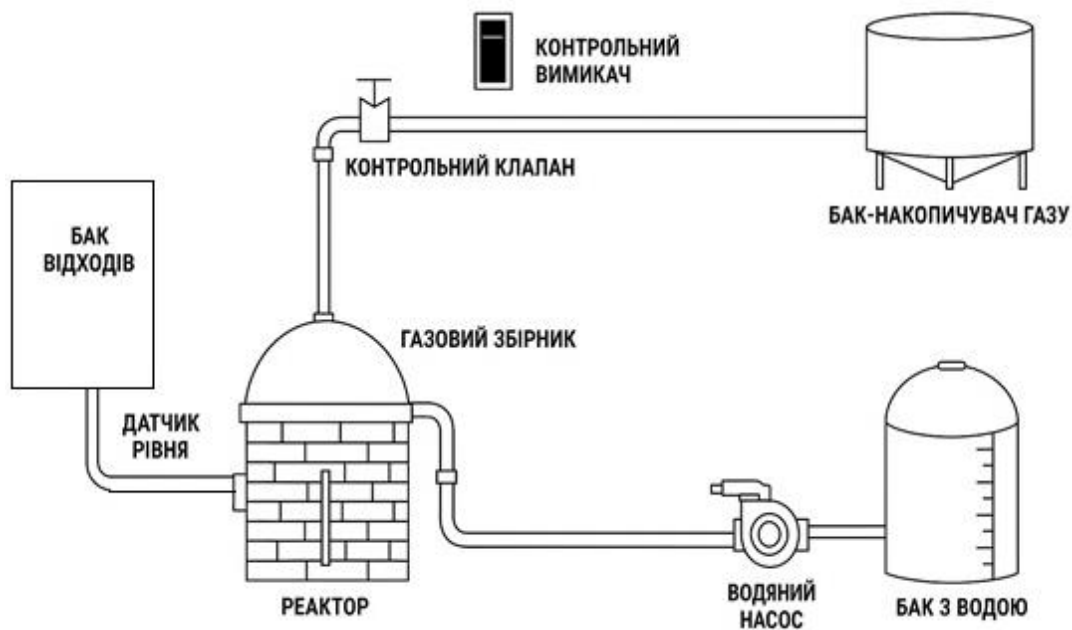


Рисунок 2.1 - Схематичне зображення біогазового реактора

До складу біогазового реактора входять наступні складові.

1. Резервуар з відходами для попереднього накопичення сировини.
2. Датчик рівня для контроль наповнення реактора.
3. Анаеробний ферментатор, у якому відбувається основне зброджування сировини.
4. Газгольдер, за допомогою якого відбувається накопичення біогазу.
5. Контрольний клапан для регулювання подачі газу.
6. Газове сховище для тимчасового зберігання газу.
7. Водяний насос для подачі води.
8. Резервуар для води.
9. Ручний вимикач для аварійної зупинки або ручного керування.

Для забезпечення ефективної, стабільної та безпечної роботи біогазового реактора розробимо структурну схему автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором. Структурна схема

автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором зображена на рисунку 2.2.

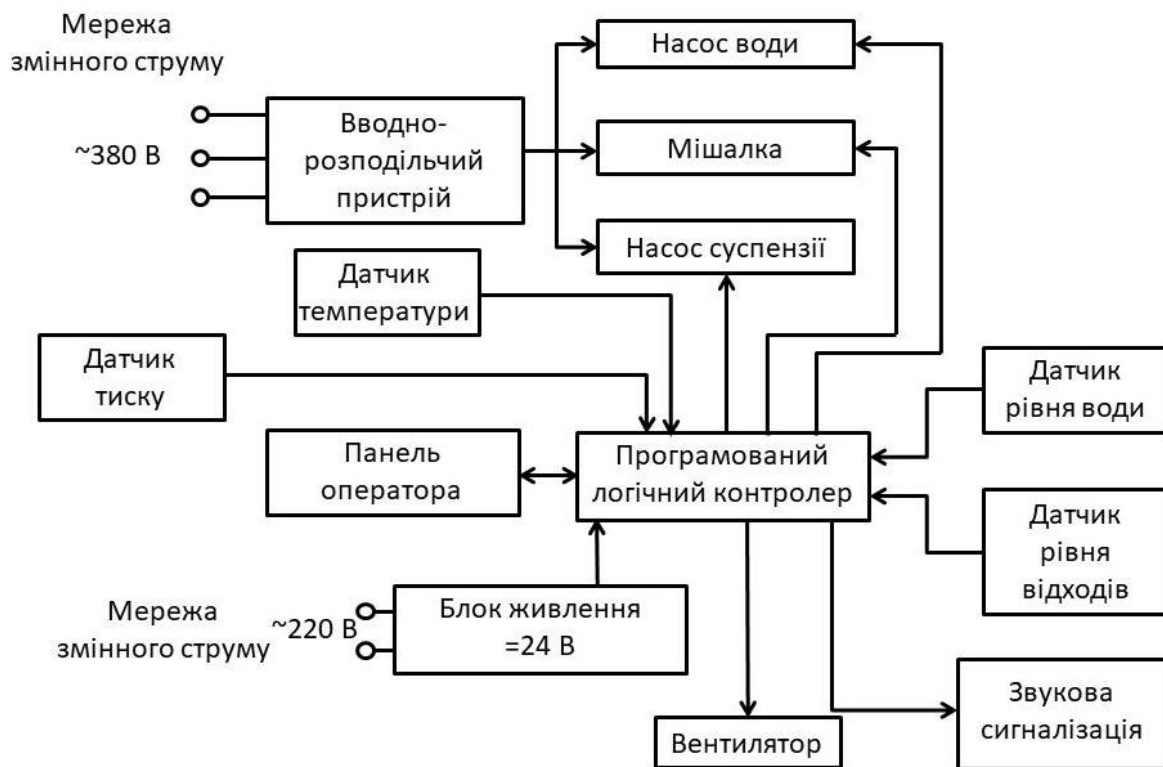


Рисунок 2.2 - Структурна схема автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором

На структурній схемі автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, яка зображена на рисунку 2.2, зображено апаратно-програмний комплекс керування біогазовим реактором.

Структурна схема автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором побудована на основі програмованого логічного контролера.

Всі компоненти структурної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором згруповані за функціональним призначенням: джерела живлення, сенсорні пристрої, виконавчі механізми та елементи керування.

Мережа змінного струму 380 В забезпечує електроенергією високої потужності ввідно-розподільчий пристрій, який виконує функції захисту,

комутації та розподілу електроенергії до насосів та мішалки.

Одна із фаз мережі змінного струму 380 В використовується для подачі змінного струму 220 В на блок живлення, який перетворює 220 В змінного струму в 24 В постійного струму для живлення програмованого логічного контролера та датчиків.

Програмований логічний контролер отримує дані з усіх датчиків та формує керуючі сигнали на виконавчі пристрої, а також взаємодіє з панеллю оператора для моніторингу і налаштування параметрів.

Структурна схема автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором містить датчик температури, який вимірює температуру у ферментаторі. Також у схему передбачено датчик тиску, який вимірює тиск біогазу в системі.

Датчик рівня води визначає рівень води в змішувальному резервуарі, а датчик рівня відходів вимірює рівень органічної сировини у ферментаторі. Всі датчики передають сигнали на входи програмованого логічного контролера.

Програмований логічний контролер формує сигнал керування, який поступає на насос води для подачі води до змішувача. Насос суспензії перекачує отриману суспензію до ферментатора.

У ферментаторі розміщена мішалка, яка змішує воду з відходами, а вентилятор перекачує біогаз із газового збірника до баку-накопичувача газу. Звукова сигналізація спрацьовує при аварійних ситуаціях, коли тиск біогазу перевищує максимально допустиме значення.

Для керування біогазовим реактором передбачено інтерфейс користувача у вигляді панелі оператора. Панель оператора відображати значення температури, тиску, а також рівень води у баку з водою та рівень суспензії в ферментаторі.

За допомогою панелі оператора здійснюється введення значень уставок, перемикання режимів (автоматичний/ручний), а також виведення

на екран аварійних повідомлень.

Структурна схема автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором охоплює усі необхідні компоненти для повного циклу автоматизованого керування біогазовим реактором. Вона демонструє логічну послідовність дій і зв'язків між датчиками, контролером, виконавчими пристроями та системою живлення.

2.2 Підбір блоків та пристроїв для структурної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором

Підбір блоків та пристроїв для структурної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором розпочнемо із ввідно-розподільчого пристрою, який виконує функції захисту, комутації та розподілу електроенергії до насосів та мішалки.

Вводно-розподільчий пристрій забезпечує подачу електроенергії до всього автоматизованого комплексу й захищає систему від перевантажень і коротких замикань.

В якості ввідно-розподільчого пристрою для автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором оберемо настінний розподільчий щит Siemens ALPHA 160 DIN (каталожний номер 8GK1062-2KK41), який є оптимальним для малих і середніх систем автоматизації.

На рисунку 2.3 зображено зовнішній вигляд настінного розподільчого щита Siemens ALPHA 160 DIN (каталожний номер 8GK1062-2KK41) [11].

Розподільчий щит Siemens ALPHA 160 DIN (каталожний номер 8GK1062-2KK41) підтримує монтаж модульних пристроїв (автоматичних вимикачів, УЗО, реле тощо), що дозволяє адаптувати щит під конкретні потреби системи.



Рисунок 2.3 - Розподільчий щит для керування силовим навантаженням Siemens ALPHA 160 DIN (каталожний номер 8GK1062-2KK41) [11]

Особливістю щита є високий ступінь захисту (IP44), який забезпечує безпечну експлуатацію в умовах підвищеної вологості та пилу. Розподільчий щит Siemens ALPHA 160 DIN (каталожний номер 8GK1062-2KK41) розроблений спеціально для використання з іншими компонентами системи Siemens, що гарантує повну інтеграцію та сумісність.

У біогазовому реакторі навантаження кожного функціонального блоку, а саме мішалки, вентилятора та насосів знаходиться в межах від 1 кВт до 2 кВт. Це приблизно відповідає струму споживання від 4 А до 10 А. Тому в якості автоматичного вимикача виберемо Siemens 5SY4316-7 (автоматичний вимикач, 3-полюсний, характеристика С, 16 А), який зображений на рисунку 2.4 [12].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КРБАКІТ. 2022118.01.01.ПЗ

Арк.
21



Рисунок 2.4 - Автоматичний вимикач Siemens 5SY4316-7 [12]

Характеристика С означає, що автоматичний вимикач спрацьовує при струмах, які від 5 до 10 разів вищі від I_n , тобто автоматичний вимикач спрацьовує при короткочасних струмах від 80 А до 160 А.

Це дозволяє допустити пускові струми, які виникають при запуску електродвигунів насосів, мішалки або вентилятора, без помилкового спрацювання.

Біогазовий реактор містить насоси, вентилятор та мішалку, які живляться від трифазної мережі. Неправильна послідовність фаз або їх втрата призведе до зворотного обертання або зупинки обладнання з наслідками для процесу ферментації (відхилення температури, тиску, мішання).

Для запобігання таких аварійних ситуацій необхідно використовувати реле контролю послідовності фаз, яке фіксує порушення та вимикає живлення, захищаючи техніку і процес. Виберемо реле контролю послідовності фаз Siemens 3UG5511-1BR20, яке зображено на рисунку 2.5 [13].

За допомогою реле контролю послідовності фаз Siemens 3UG5511-1BR20 здійснюється контроль правильності чергування фаз (послідовності фаз). У випадку неправильного підключення фаз, двигуни обертаються в протилежному напрямку, що може призвести до механічного пошкодження мішалок, насосів, а також порушення технологічного процесу та аварійної ситуації.



Рисунок 2.5 - Реле контролю послідовності фаз Siemens 3UG5511-1BR20 [13]

Якщо одна з фаз зникає (обрив кабелю, несправність трансформатора), тоді двигуни продовжують працювати на 2-х фазах, в наслідок цього вони перегріваються і швидко виходять з ладу. У цьому випадку реле контролю послідовності фаз Siemens 3UG5511-1BR20 миттєво розпізнає втрату фази і вимикає навантаження.

Навіть невелика різниця в напрузі між фазами (асиметрія) викликає перегрів обмоток двигуна, зниження ресурсу електроприводів та спричиняє нестабільність ПЛК або іншої автоматики. Реле контролю послідовності фаз Siemens 3UG5511-1BR20 забезпечує відключення авантаження при перевищенні допустимого дисбалансу.

Основою автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором є програмований логічний контролер. Оберемо програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC каталожний номер 6ES7214-1AG40-0XB0.

Обрано модель програмованого логічного контролера компанії Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC замість базової SIMATIC S7-1200 CPU 1211C DC/DC/DC через більшу кількість входів/виходів, яка забезпечує підключення всіх необхідних датчиків та виконавчих елементів без використання додаткових модулів.

Вбудовані аналогові входи дозволяють підключити датчики

температури та тиску без окремих модулів. Програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC має 14 дискретних входів, 10 дискретних виходів та 2 аналогові входи. Він також оснащений пам'яттю об'ємом 100 кБ та портом PROFINET.

Зовнішній вигляд програмованого логічного контролера компанії Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC зображено на рисунку 2.6 [14]



Рисунок 2.6 - Програмований логічний контролер компанії Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC [14]

Програмований логічний контролер компанії Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC має захист IP20, робочий температурний діапазон – від -20 до +60 °С.

За потреби можливе підключення додаткових модулів SM для розширення аналогових або дискретних каналів. Це дозволяє забезпечити безперебійну роботу установки в умовах змінного навантаження та підвищеної вологості, характерної для біогазових об'єктів.

Для живлення програмованого логічного контролера компанії Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC, сенсорів і виконавчих пристроїв постійного струму необхідне стабільне джерело постійної напруги 24 В. В умовах промислової експлуатації, де можливі коливання напруги та інші електричні перешкоди, використання надійного блоку живлення є критично важливим.

Обираємо імпульсний блок живлення Siemens PM1207 з каталожним номером 6EP1332-1SH71, який відповідає вимогам до компактності, надійності та сумісності з іншими компонентами системи Siemens. На рисунку 2.7 зображено імпульсний блок живлення Siemens PM1207 [15].



Рисунок 2.7 - Імпульсний блок живлення Siemens PM1207 [15]

Основні характеристики імпульсного блока живлення Siemens PM1207.

1. Діапазон вхідної однофазної змінної напруги від 100 В до 240 В.
2. Вихідна постійна напруга 24 В.
3. Номінальний струм 2,5 А.
4. Потужність 60 Вт.
5. Коефіцієнт корисної дії (ККД) до 88%.

Блок живлення розрахований саме на типові навантаження ПЛК Siemens, НМІ та датчиків. Модель Siemens PM1207 відома високим рівнем надійності та захисту від перенавантаження, короткого замикання та перегріву.

Для зручного моніторингу та керування параметрами роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором виберемо панель оператора SIPLUS НМІ КТР700 Basic Color PN каталожний номер 6AG1123-2GA03-2AX0, яка зображена на рисунку 2.8 [16].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КРБАКІТ. 2022118.01.01.ПЗ

Арк.
25

працює безконтактно і добре підходять для агресивних або забруднених середовищ.

Виберемо модель ультразвукового датчика рівня SITRANS Probe LU150 каталожний номер 7ML5201-0EB0, який зображено на рисунку 2.9 [17].



Рисунок 2.9 - Ультразвуковий датчик рівня SITRANS Probe LU150 каталожний номер 7ML5201-0EB0 [17]

Ультразвуковий датчик рівня SITRANS Probe LU150 - це компактний ультразвуковий рівнемір, призначений для безконтактного вимірювання рівня рідини, суспензій та шламів. Ідеально підходить для біогазових реакторів, де потрібно контролювати рівень води або відходів у резервуарах.

Основні характеристики ультразвукового датчика рівня SITRANS Probe LU150.

1. Діапазон вимірювання - до 5 м.
2. Тип сигналу - від 4 мА до 20 мА (аналоговий вихід).
3. Напруга живлення - 2-провідна система живлення.
4. Монтаж: вертикальний, через стандартне різьбове з'єднання.
5. Корпус - IP65/67, який стійкий до агресивних середовищ.

Безконтактний принцип дії ультразвукового датчика рівня SITRANS

Probe LU150 забезпечує надійну роботу в умовах агресивного середовища біогазового реактора, де можуть бути бризки, пари й плівки на поверхні.

Ультразвуковий датчик рівня SITRANS Probe LU150 сумісний із програмованим логічним контролером S7-1200. З'єднання із програмованим логічним контролером S7-1200 здійснюється через аналоговий вхід від 4 мА до 20 мА, що дозволяє напряду підключити до аналогового входу контролера.

У відповідності до структурної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, яка зображена на рисунку 2.2, важливим елементом є датчик рівня відходів.

Для біогазового реактора, де можуть бути піна, пар, газові домішки та агресивне середовище, оптимальним вибором є радарний датчик рівня відходів. Саме тому більшість промислових біогазових установок сьогодні використовують радарні рівнеміри відходів.

Для вимірювання рівня відходів у біогазовому реакторі виберемо радарний датчик Siemens SITRANS LR250 з каталожним номером 7ML5432-0BA00-0AA1, який зображено на рисунку 2.10 [18]. Цей датчик спеціально розроблений для складних умов, характерних для біогазових реакторів, таких як наявність піни, пари та агресивних газів.



Рисунок 2.10 - Радарний датчик Siemens SITRANS LR250 [18]

Безконтактний принцип роботи мінімізує потребу в обслуговуванні, а стійкість до агресивних середовищ гарантує довговічність роботи. Крім

того, сумісність з ПЛК Siemens S7-1200 спрощує інтеграцію в пристрої автоматизації.

У біогазових реакторах важливо контролювати тиск для забезпечення стабільного процесу ферментації та безпеки обладнання. Для вимірювання тиску в біогазовому реакторі виберемо датчик тиску Siemens SITRANS P320 з каталожним номером 7ML5432-0BA00-0AA1, який зображено на рисунку 2.11 [19].



Рисунок 2.11 - Датчик тиску Siemens SITRANS P320 [19]

Датчик тиску Siemens SITRANS P320 призначений для застосувань, де важливі безпека, точність та надійність, особливо в агресивних середовищах, характерних для біогазових установок. Датчик тиску Siemens SITRANS P320 забезпечує надійне та точне вимірювання тиску, стійкий до агресивних середовищ та легко інтегрується в існуючу систему автоматизації на базі Siemens S7-1200.

У біогазових реакторах датчики температури є критично важливими для підтримання оптимального анаеробного зброджування. Для вимірювання температури в біогазовому реакторі виберемо датчик температури Siemens SITRANS TS100 з каталожним номером 7MC7111-6CA21, який зображено на рисунку 2.12 [20].



Рисунок 2.12 - Датчик температури Siemens SITRANS TS100 [20]

Датчик температури Siemens SITRANS TS100 спеціально розроблений для промислових застосувань, де важлива точність, надійність та стійкість до агресивних середовищ.

Перевагою застосування датчика температури Siemens SITRANS TS100 для біогазового реактора є висока точність, а саме клас точності А, який забезпечує точні вимірювання, що важливо для контролю процесу ферментації.

Іншою перевагою датчика температури Siemens SITRANS TS100 є стійкість до агресивних середовищ. Корпус датчика температури Siemens SITRANS TS100 виготовлений із нержавіючої сталі, яка забезпечує довговічність роботи в умовах наявності сірководню та інших агресивних газів.

Також важливою перевагою датчика температури Siemens SITRANS TS100 є його гнучкість монтажу, а саме можливість встановлення без додаткових термогільз завдяки мінералонаповненому кабелю.

2.3 Розробка електричної схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором

Електричну схему автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором розділимо на дві частини.

1. Схема силової частини пристрою керування біогазовим реактором.
2. Схема керування біогазовим реактором.

На рисунку 2.13 зображена схема силової частини пристрою

керування біогазовим реактором.

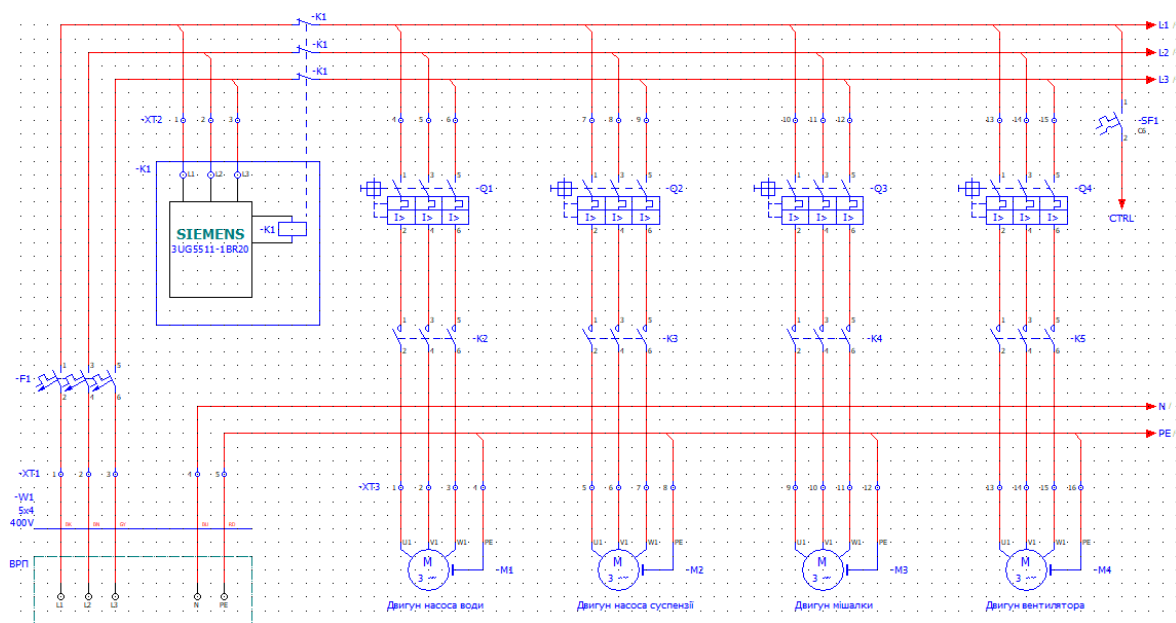


Рисунок 2.13 - Схема силової частини пристрою керування біогазовим реактором

Електрична схема силової частини автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором забезпечує підключення та захист основних споживачів енергії, а саме електродвигунів насосів, мішалки та вентилятора. Схема побудована на основі трифазної мережі змінного струму напругою 380 В і містить такі функціональні блоки.

1. Введення електроживлення.

На початку схеми передбачено підключення до мережі живлення через ввідно-розподільчий пристрій (ВРП), що забезпечує захист та комутацію фаз L1, L2, L3, нульового провідника N та захисного заземлення PE. З ВРП подається живлення до автоматичного трифазного вимикача F1, який захищає всю силову частину від коротких замикань та перевантажень.

2. Захист від неправильного чергування фаз.

Після автоматичного вимикача встановлено реле контролю

послідовності фаз Siemens 3UG5511-1BR20. Воно забезпечує захист електродвигунів від зворотного обертання та роботи при обриві однієї з фаз. У разі неправильного підключення фаз реле розмикає свій контакт, запобігаючи подачі живлення на пускачі.

3. Пускачі та двигуни.

У схемі передбачено чотири магнітних пускачі K2, K3, K4 та K5, кожен із яких керує одним із електродвигунів

Пускач K2 керує двигуном насоса води M1.

Пускач K2 керує двигуном насоса суспензії M2.

Пускач K4 керує двигуном мішалки M3.

Пускач K4 керує двигуном вентилятора M4.

Кожен пускач містить котушку керування, яка не показана на цій сторінці схеми, а також три силові контакти для подачі напруги на обмотки двигуна. Встановлені теплові реле Q1, Q2, Q3 та Q4 запобігають перегріву двигунів у разі перевантаження.

4. Підключення двигунів.

Кожен електродвигун підключено через клемник XT3 до відповідного пускача. Живлення подається по трифазній лінії L1, L2 та L3. Також передбачено заземлення PE для кожного двигуна. Усі двигуни трифазні з короткозамкненим ротором, які призначені для роботи в умовах підвищеної вологості.

5. Призначення силових ліній.

Силова схема призначена для керування основними виконавчими механізмами автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором. Усі пускачі керуються логікою, реалізованою в програмованому логічному контролері, який реалізує послідовність запуску агрегатів згідно з алгоритмом роботи реактора.

На рисунку 2.14 зображена електрична схема керування біогазовим реактором.

аналогові входи. Для підключення аналогових сигналів з датчиків рівня води, рівня суспензії, температури та тиску додатково використовується модуль аналогових входів SM 1231.

Для людино-машинного інтерфейсу використано панель оператора SIPLUS HMI KTP700, яка під'єднана через інтерфейс PROFINET до програмованого логічного контролера Siemens S7-1200 CPU 1214C.

Ультразвуковий датчик рівня води SITRANS Probe LU150 підключено до аналогового входу AI.0 модуля SM1231. Радарний датчик рівня відходів SITRANS LR250 також підключено до аналогового входу AI.1. Датчик тиску SITRANS P320 та температури SITRANS TS100 з'єднані з відповідними входами AI.2 та AI.3.

Виходи Q0.0, Q0.1, Q0.2 та Q0.3 програмованого логічного контролера Siemens S7-1200 CPU 1214C керують реле K2, K3, K4 та K5, які активують пускачі силових двигунів.

Реле K2 активує пускач насоса подачі води, реле K3 активує пускач насоса подачі суспензії, реле K4 активує пускач мішалки та реле K5 активує пускач вентилятора. Кожне реле зображено як окремий компонент, що замикає силовий контакт відповідного пускача у схемі силової частини.

На схемі керування біогазовим реактором реалізовано індикацію стану датчиків і виконавчих механізмів через сигнальні виходи до панелі оператора. До складу схеми керування біогазовим реактором додано перемикачі ручного керування, які забезпечують оператору зворотній зв'язок. За допомогою

Розроблена схеми керування біогазовим реактором є завершеною, функціонально повною та готовою до реалізації. Вона забезпечує надійний збір сигналів з датчиків, ефективне керування виконавчими механізмами, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора та повну інтеграцію з силовою частиною через пускачі.

2.4 Висновки до другого розділу

1. У другому розділі було розроблено структуру, підбрано обладнання та створено електричні схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором. На основі аналізу технологічного процесу анаеробного зброджування визначено необхідні функціональні вузли системи керування: сенсорні елементи, виконавчі механізми, пристрої захисту, джерело живлення, програмований логічний контролер та інтерфейс оператора.

2. Запропоновано структурну схему, яка дозволяє реалізувати автоматичний контроль за параметрами ферментації (температура, тиск, рівень води і відходів) та керування насосами, мішалкою і вентилятором. Особливу увагу приділено забезпеченню стабільної та безпечної роботи біогазового реактора завдяки наявності резервуарів, датчиків і системи сигналізації.

3. Обґрунтовано підбір обладнання, яке забезпечує повну сумісність, високу надійність та відповідність промисловим умовам експлуатації, що є критично важливим для біогазових установок.

4. Розроблено принципові електричні схеми: схема силової частини та схема керування. Схема силової частини забезпечує надійне підключення виконавчих механізмів (двигуни насосів, мішалки, вентилятора) до мережі 380 В через систему пускачів. Схема керування реалізує логіку взаємодії між сенсорами, логічним контролером, реле та виконавчими механізмами.

5. В результаті розробки отримано повноцінну архітектуру автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, яка забезпечує безперервний моніторинг стану технологічного процесу, автоматичне або ручне керування роботою обладнання та захист від аварійних ситуацій.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ БІОГАЗОВИМ РЕАКТОРОМ

3.1 Алгоритм автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором

Для забезпечення надійної, безпечної та енергоефективної роботи біогазового реактора розроблено алгоритм автоматизованого керування, який реалізується програмованим логічним контролером Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C.

Алгоритм базується на даних, що надходять від датчиків рівня води, рівня відходів, тиску та температури, а також реалізує логіку керування насосами, мішалкою, вентилятором та аварійною сигналізацією.

На рисунку 3.1 наведено блок-схему алгоритму роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором. Алгоритм базується на поетапній перевірці стану системи, контролі рівнів у резервуарі, стану виконавчих пристроїв та зворотному зв'язку від датчиків.

Алгоритм починається з початкової перевірки стану системи, яка включає самотестування входів/виходів контролера, перевірку зв'язку з сенсорами, панеллю оператора, а також цілісність живлення.

Контроль рівня відходів.

Якщо рівень органічної сировини у ферментаторі нижчий за задану межу, програмований логічний контролер формує сигнал на увімкнення насоса подачі суспензії. При досягненні верхньої межі насос вимикається.

Далі виконується перевірка рівня води у резервуарі.

Якщо рівень води низький вмикається насос для заповнення резервуара. Якщо рівень води у резервуарі достатній, тоді насос для заповнення резервуара вимикається.

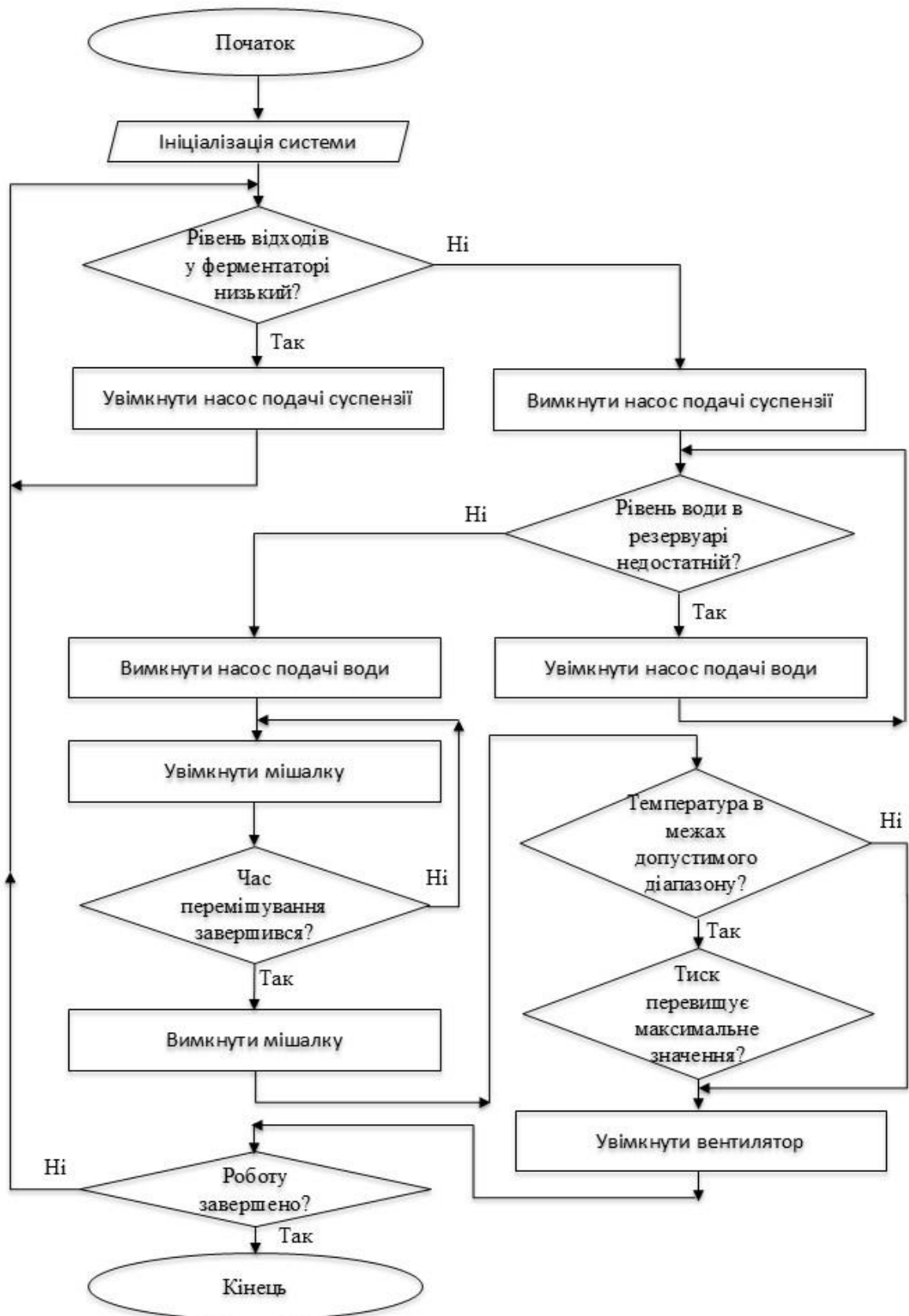


Рисунок 3.1 - Блок-схема алгоритму роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором

Наступним кроком алгоритму роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором є підготовка суміші. Увімкнення мішалки відбувається після завершення подачі води та відходів. Тривалість мішання регулюється таймером. Після завершення циклу мішалка вимикається.

В процесі роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором здійснюється контроль температури та тиску. У разі відхилення температури або тиску за межі допустимого діапазону спрацьовує сигналізація, а на панелі оператора з'являється відповідне повідомлення.

Контроль накопичення біогазу здійснюється за допомогою давача тиску. Якщо тиск у газгольдері перевищує встановлений поріг, програмований логічний контролер вмикає вентилятор, який переміщує надлишок газу до накопичувача або споживача. Після нормалізації тиску вентилятор вимикається.

Пристрій керування біогазовим реактором може працювати у двох режимах роботи. В автоматичному режимі роботи здійснюється повністю автономне функціонування за заданими уставками. В ручному режимі роботи оператор здійснює увімкнення/вимкнення обладнання через панель оператора.

Аварійне вимкнення.

У разі активації аварійного вимикача або критичної несправності відбувається негайне знеструмлення виконавчих пристроїв, і система переходить у безпечний стан.

Цей алгоритм охоплює всі ключові аспекти автоматизованої експлуатації, включаючи аварійний захист, взаємодію з оператором, автоматичне наповнення, а також безпечне включення/виключення біогазового реактора. Алгоритм реалізовано у вигляді послідовності блоків у середовищі TIA Portal з використанням мови LAD (контактна схема). Взаємодія між підпрограмами забезпечується за допомогою глобальних

змінних та стандартних функцій Siemens.

3.2 Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором

Програма роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором розроблена в середовищі TIA Portal V17 від компанії Siemens, з використанням мов програмування LAD (Ladder Diagram) та SCL (Structured Control Language) згідно зі стандартом IEC 61131-3.

Програмне забезпечення реалізоване для програмованого логічного контролера SIMATIC S7-1200 (CPU 1214C DC/DC/DC). Для побудови людино-машинного інтерфейсу застосовано панель оператора SIPLUS HMI KTP700 Basic PN, що забезпечує введення команд та візуалізацію основних параметрів технологічного процесу.

Програма має модульну структуру та складається з викликів функціональних блоків вимірювання параметрів технологічного процесу (рівень води, рівень відходів, тиск, температура), логіки прийняття рішень, а також схем керування виконавчими механізмами (насоси, мішалка, вентилятор).

У програмі застосовано таймери для реалізації затримок включення та вимикання обладнання, а також умови блокування та програмний захист від запуску при небезпечних значеннях.

Програма роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором складається із 12 мереж (англійською мовою Network).

Network 1. Керування насосом подачі суспензії.

У першій мережі реалізовано логіку керування насосом подачі суспензії, який активується лише за наявності відповідних умов. Мережа 1 зображена на рисунку 3.2.

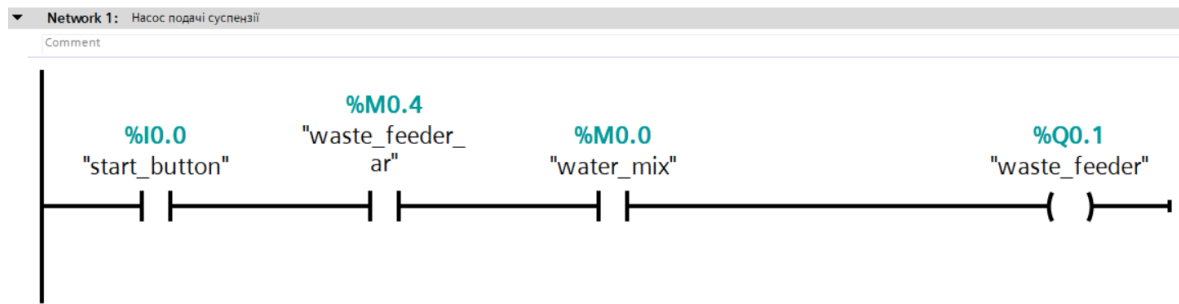


Рисунок 3.2 - Мережа 1. Керування насосом подачі суспензії

Мережа 1 забезпечує надійне та безпечне вмикання насоса подачі суспензії лише тоді, коли система перебуває у відповідному стані готовності.

У мережі 1 перевіряються виконання трьох умов.

1. %I0.0 “start_button” - перевірка, чи натиснута кнопка START, що подається з панелі оператора.
2. %M0.4 “waste_feeder_ar” - перевірка, чи система готова до подачі відходів.
3. %M0.0 “water_mix” - перевірка, чи є вода для приготування суспензії.

Коли всі вищезазначені умови виконуються, активується вихід %Q0.1 “waste_feeder”, що вмикає насос подачі суспензії у біогазовий реактор. Якщо система запущена, вода вже в системі, і система готова, тоді активується реле насоса подачі суспензії у біогазовий реактор.

Network 2. Вимірювання рівня води.

У другій мережі програми роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором здійснюється виклик функціонального блоку FB1 Water_measurement, який відповідає за обробку аналогового сигналу від ультразвукового датчика рівня води SITRANS Probe LU150.

Також у функціональному блоку FB1 Water_measurement здійснюється масштабування сигналу з датчика у фізичне значення, яке відображає рівень води у метрах. Мережа 2 зображена на рисунку 3.3.

рисунку 3.4.

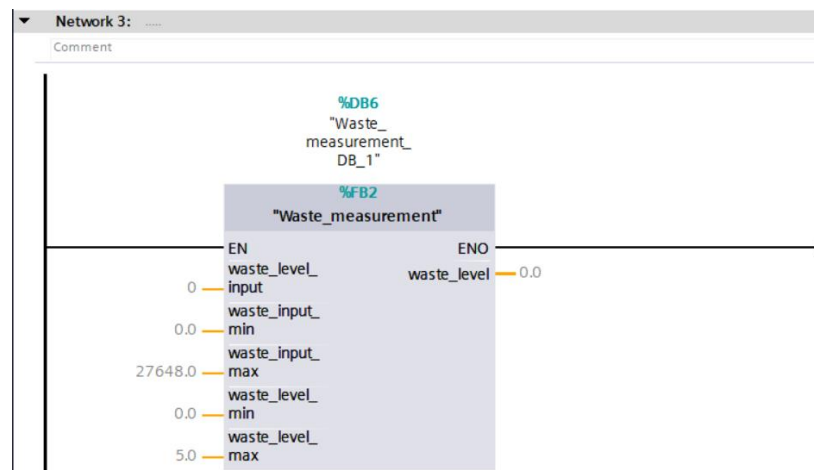


Рисунок 3.4 - Мережа 3. Вимірювання рівня відходів

Мережа 3 виконує виклик функціонального блоку FB2 Waste_measurement, основне завдання якого перетворити аналоговий сигнал з датчика рівня відходів у фізичне значення рівня у метрах. Результат використовується для керування насосами, мішалкою та перевірки наповненості реактора.

Функціональний блок FB2 Waste_measurement реалізовано за допомогою мови програмування SCL.

```
#waste_temp := INT_TO_REAL(#waste_level_input);  
#waste_temp := SCALE_X(MIN := #waste_level_min,  
VALUE := NORM_X(MIN := #waste_input_min,  
VALUE := #waste_temp,  
MAX := #waste_input_max),  
MAX := #waste_level_max);
```

Цей фрагмент коду написано мовою SCL (Structured Control Language) і використовується у функціональному блоці FB2 Waste_measurement для перетворення аналогового сигналу від датчика рівня відходів у фізичне значення, а саме у висоту рівня відходів у метрах.

нормалізацію та масштабування аналогового сигналу датчика тиску з урахуванням параметрів калібрування.

Network 5. Вимірювання температури. Мережа 5 зображена на рисунку 3.6.

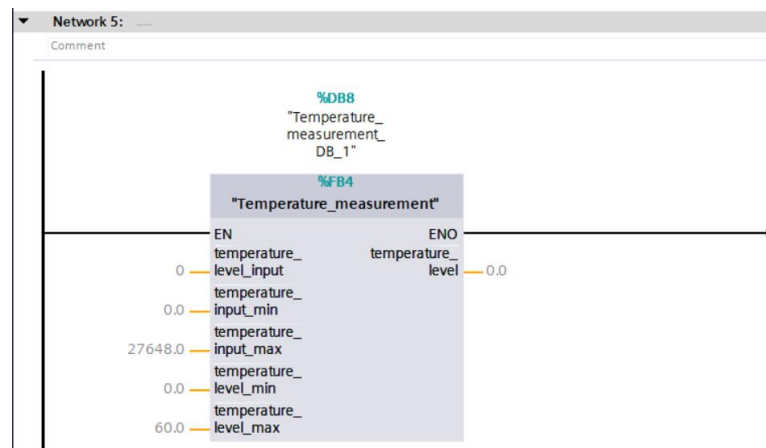


Рисунок 3.6 - Мережа 5. Вимірювання температури

Мережа 5 реалізує виклик функціонального блока вимірювання температури FB4 "Temperature_measurement". Функціональний блок вимірювання температури FB4 "Temperature_measurement" виконує зчитування аналогового сигналу температури з датчика (через аналоговий вхід) та масштабування його у фізичні одиниці вимірювання °C.

Функціональний блок FB4 "Temperature_measurement" реалізовано за допомогою мови програмування SCL.

```
#temperature_temp := INT_TO_REAL(#temperature_level_input);  
#temperature_temp := SCALE_X(MIN := #temperature_level_min,  
                             VALUE := NORM_X(MIN := #temperature_input_min,  
                                               VALUE := #temperature_temp,  
                                               MAX := #temperature_input_max),  
                             MAX := #temperature_level_max);
```

Блок призначений для масштабування аналогового сигналу з датчика температури, підключеного до аналогового входу контролера Siemens S7-

1200. Він виконує нормалізацію значення сигналу з урахуванням меж сигналу та температурного діапазону.

Network 6. Мішалка. Мережа 6 зображена на рисунку 3.7.

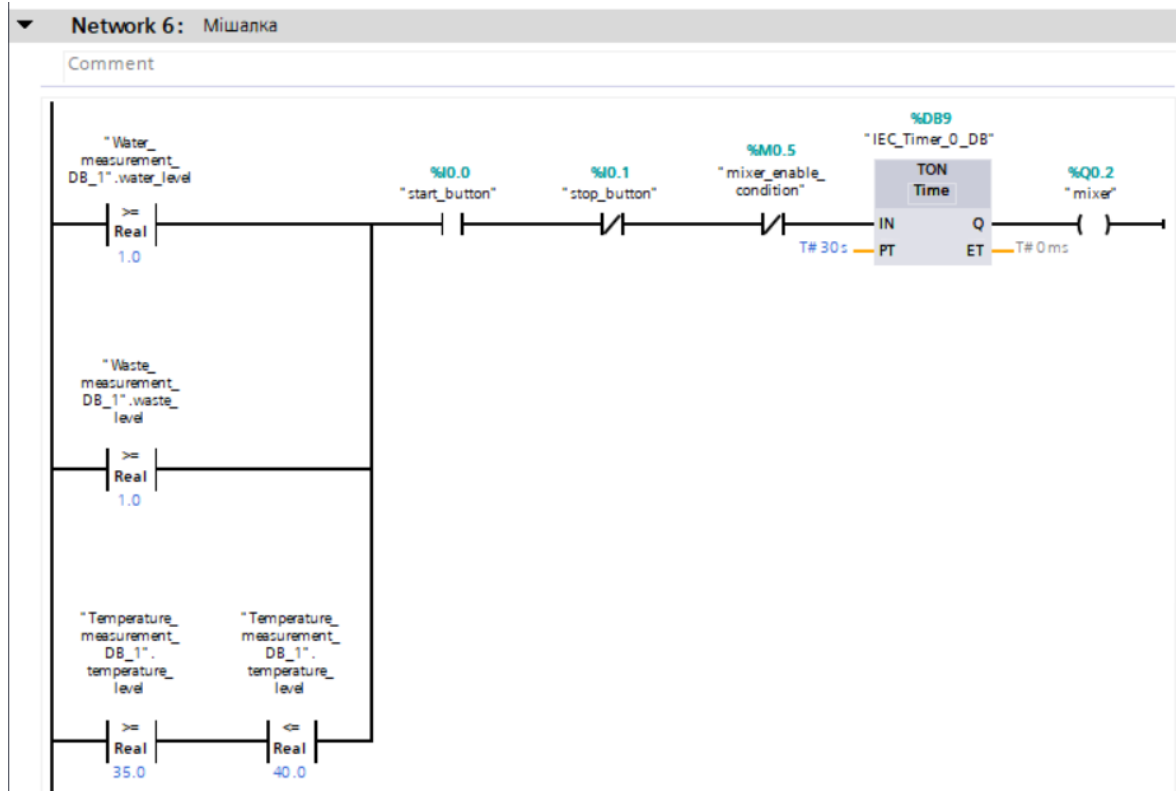


Рисунок 3.7 - Мережа 6. Мішалка

Мережа 6 відповідає за автоматичне вмикання мішалки за умов досягнення необхідного рівня води, відходів і температури у реакторі, а також реалізує затримку увімкнення на 30 секунд через таймер типу TON.

Мішалка вмикається, коли одночасно виконуються такі умови.

1. Натиснута кнопка "Старт" %I0.0.
2. Не натиснута кнопка "Стоп" %I0.1.
3. Рівень води (DB5.water_level) \geq 1.0 м.
4. Рівень відходів (DB6.waste_level) \geq 1.0 м.
5. Температура у межах [35.0; 40.0] °C.
6. Активується проміжна змінна %M0.5 mixer_enable_condition.

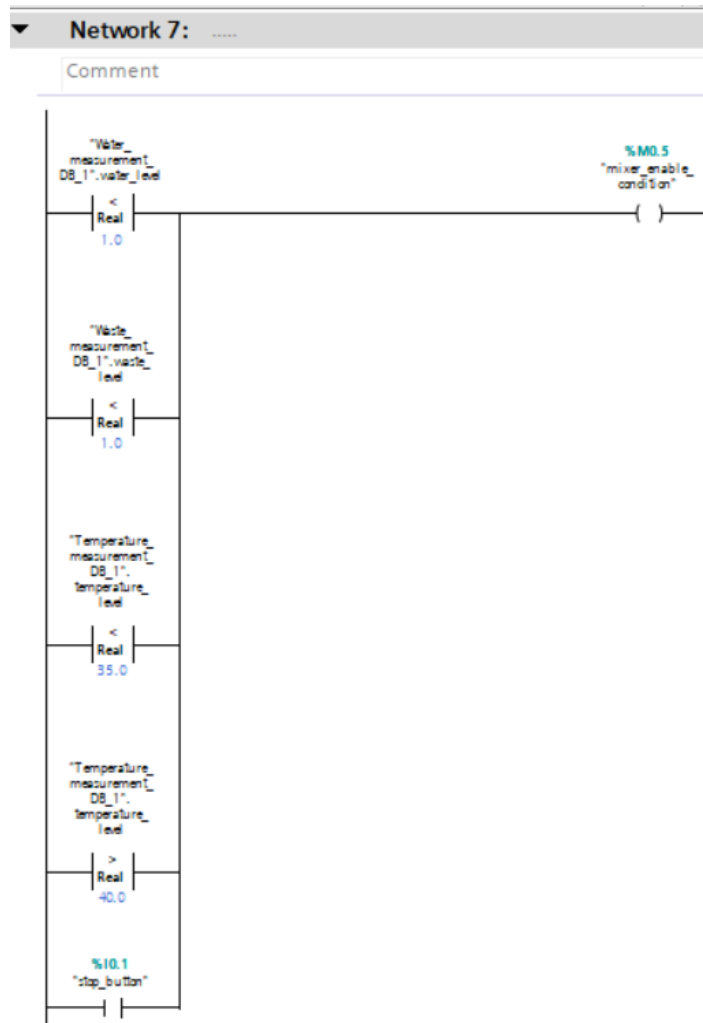


Рисунок 3.8 - Мережа 7. Скидання умови запуску мішалки

Таблиця 3.2 - Умови скидання логічного дозволу на запуск мішалки

Перевірка	Умова	Наслідок
Рівень води < 1.0 м	DB5.water_level < 1.0	Недостатній об'єм
Рівень відходів < 1.0 м	DB6.waste_level < 1.0	Завантаження не завершене
Температура < 35.0°C	DB8.temperature_level < 35.0	Недостатній нагрів
Температура > 40.0°C	DB8.temperature_level > 40.0	Перегрів ферментатора
Натиснута кнопка "Стоп"	%I0.1 = TRUE	Ручне переривання

Мережа 7 використовує контакт скидання (R) для бітової змінної %M0.5. Це означає, що як тільки хоча б одна з умов у лінії стає істинною,

подача потрібна, але й не нижчий за 0.5 м для уникнення “сухого ходу”. Якщо всі умови виконано встановлюється біт %M0.6 = TRUE, що є умовою активації таймера у наступній мережі 9.

Мережа 8 забезпечує безпечну і керовану подачу води у біогазовий реактор. Також мережа 8 призначена для уникнення ввімкнення насоса при критично низькому рівні води, а також для логічного керування з НМІ-кнопок через %I0.0 та %I0.1.

Network 9. Затримка вимкнення насоса подачі води. Мережа 9 зображена на рисунку 3.10.

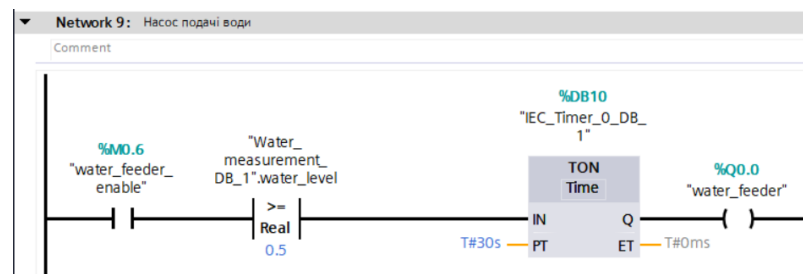


Рисунок 3.10 - Мережа 9. Затримка вимкнення насоса подачі води

Мережа 9 реалізує затримку вимкнення насоса подачі води через тональний таймер (TON), використовуючи умовний дозвіл з попередньої мережі та контроль рівня води. Умови активації мережі 9 наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Умови активації мережі 9

Умова	Коментар
%M0.6 = TRUE	Умова water_feeder_enable, встановлюється в Network 8
DB5.water_level >= 0.5	Рівень води має бути безпечним для роботи насоса

Коли %M0.6 = TRUE і рівень води не нижчий за 0.5 м, запускається таймер TON. Якщо ці умови зберігаються протягом 30 секунд, вихід Q стає

TRUE.

Вихід Q таймера подає сигнал на контактор насоса ввімкнення насоса води %Q0.0. Якщо хоча б одна з умов зникає, тобто таймер скидається і контактор насоса вимикається.

Мережа 9 захищає насос від частих увімкнень/вимкнень і гарантує, що вода подається тільки при безпечному рівні. Мережа 9 дозволяє створити плавну логіку керування на основі умов попередньої логіки (Network 8).

Network 10. Умова ввімкнення вентилятора. Мережа 10 зображена на рисунку 3.11.

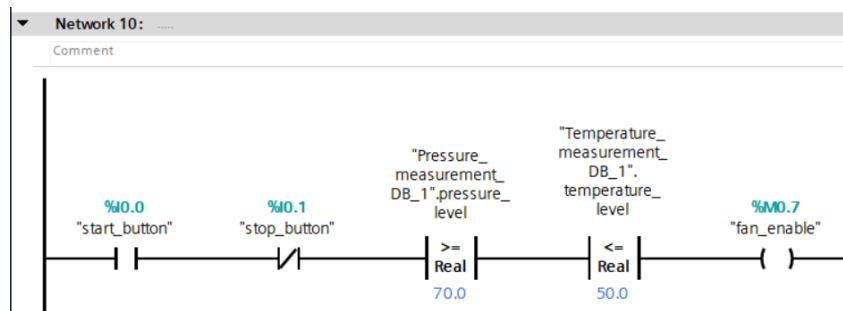


Рисунок 3.11 - Мережа 10. Умова ввімкнення вентилятора

Ця мережа визначає, коли можна активувати вентилятор для перекачування біогазу на основі наступних параметрів.

1. Стану кнопок керування (start_button, stop_button).
2. Рівня тиску біогазу в газгольдері.
3. Значення поточної температури ферментації.

Умови активації мережі 10 наведені в таблиці 3.5. Оператор натискає кнопку Start (%I0.0). Якщо кнопка Stop не натиснута (%I0.1 = FALSE), а також якщо тиск у системі ≥ 70.0 кПа і температура реактора ≤ 50.0 °C, то встановлюється %M0.7 := TRUE, який встановлює прапорець дозволу на ввімкнення вентилятора. Цей прапорець використовується далі у мережі 11 для запуску вентилятора з таймером.

Таблиця 3.5 - Умови активації мережі 10

Умова	Коментар
%I0.0 = TRUE	Натиснута кнопка «Пуск»
%I0.1 = FALSE	Не натиснута кнопка «Стоп»
pressure_level ≥ 70.0	Тиск газу досягнув/перевищив 70 кПа
temperature_level ≤ 50.0	Температура в межах допустимої норми (≤ 50 °C)

Мережа 10 гарантувати безпечне включення вентилятора. Вентилятор не запускається при надмірній температурі або низькому тиску, а також мережа 10 створює логічний сигнал дозволу на включення для наступної мережі з таймером.

Network 11. Вентилятор для перекачування біогазу. Мережа 11 зображена на рисунку 3.12.

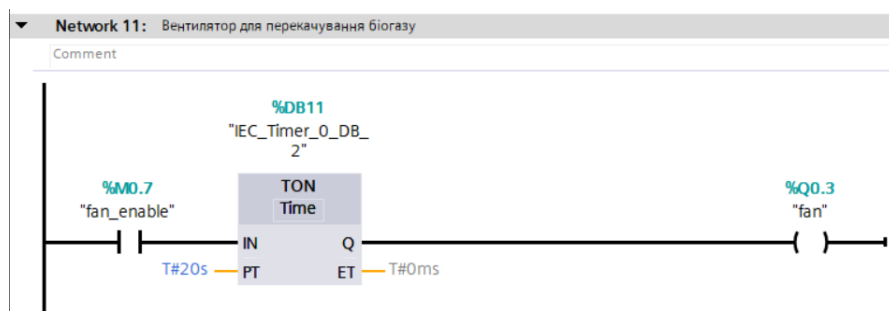


Рисунок 3.12 - Мережа 11. Вентилятор для перекачування біогазу

Мережа 11 реалізує керування вентилятором (%Q0.3), який вмикається на заданий час після надходження дозволу (%M0.7 := TRUE) від попередньої логіки (мережа 10).

Основні елементи мережі 11 наведені в таблиці 3.6. Якщо прапорець %M0.7 = TRUE (вентилятор дозволено ввімкнути), тоді активується таймер TON (типовий IEC таймер).

Після закінчення часу T#20s встановлюється вихід Q = TRUE. Це активує вихід %Q0.3, що вмикає вентилятор на 20 секунд. Навіть якщо сигнал %M0.7 зникне раніше, вентилятор все одно буде працювати весь заданий час.

Таблиця 3.6 - Основні елементи мережі 11

Компонент	Призначення
%M0.7	fan_enable - логічний дозвіл на увімкнення вентилятора
TON	Таймер затримки включення (TON) - тримає вентилятор увімкненим заданий час
%DB11	IEC_Timer_0_DB_2 - інстанція таймера TON
T#20s	Час утримання таймера - 20 секунд
%Q0.3	fan - вихід на вентилятор

Мережа 11 забезпечує контрольований по часу запуск вентилятора, а використання TON гарантує, що вентилятор працює рівно 20 секунд, а не довше чи коротше.

Такий режим застосовується для перекачування накопиченого біогазу при досягненні критичних значень тиску й температури (визначених у мережі 10).

Network 12. Скидання ознаки fan_enable. Мережа 12 зображена на рисунку 3.13.

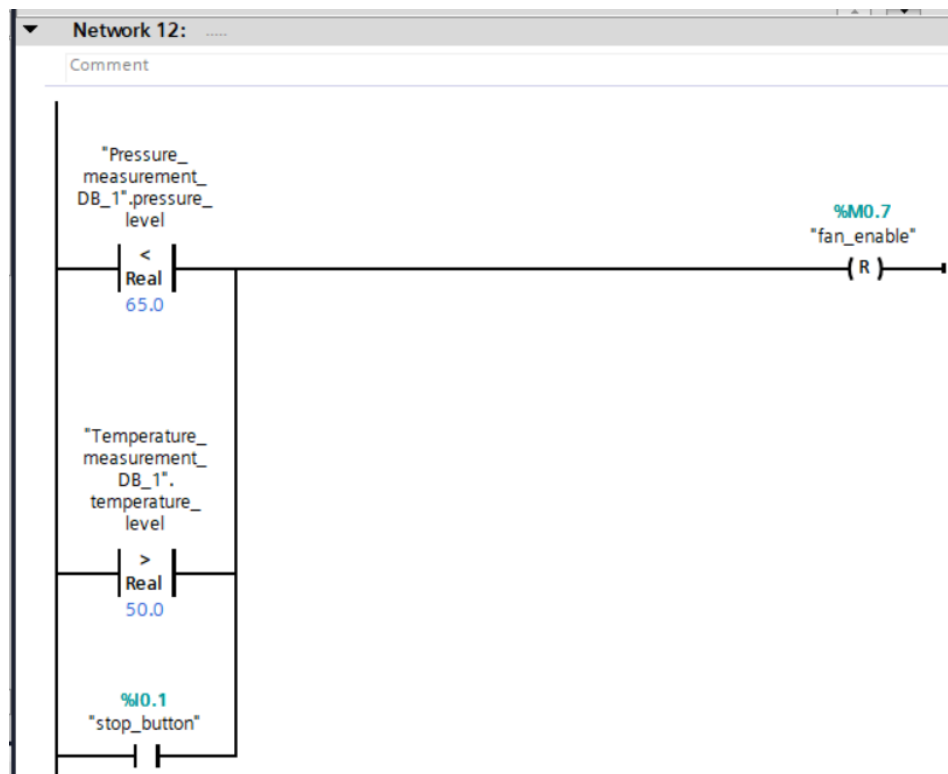


Рисунок 3.13 - Мережа 12. Скидання ознаки fan_enable

Мережа 12 реалізує логіку вимкнення вентилятора шляхом скидання бітового прапорця %M0.7 (fan_enable), що був установлений у мережі 10 і задіяний у мережі 11.

Скидання бітового прапорця %M0.7 (fan_enable) активується, якщо хоча б одна умова істинна.

1. Якщо тиск у газгольдері зменшився нижче 65.0 (недоцільно продовжувати вентиляцію).
2. Якщо температура у ферментаторі перевищила 50.0 (можливе перегрівання, треба зупинити вентилятор).
3. Якщо натиснута кнопка STOP, вентилятор завжди зупиняється.

Мережа 12 є захисним і контрольним механізмом, що завершує цикл керування вентилятором. Вона забезпечує безпечне завершення його роботи при досягненні встановлених умов або за вказівкою оператора.

Людино-машинний інтерфейс автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором розроблено із використанням панелі оператора компанії Siemens SIPLUS HMI KTP700 Basic PN, яка зображена на рисунку 3.14.

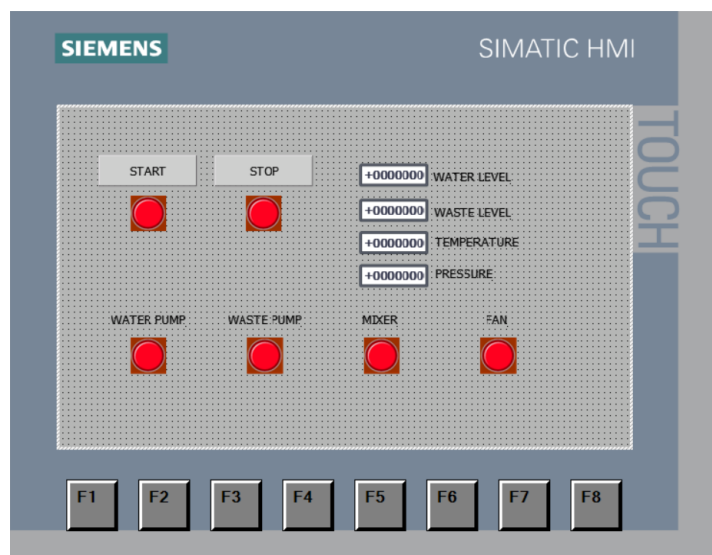


Рисунок 3.14 - Людино-машинний інтерфейс автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором

Людино-машинний інтерфейс автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором розроблено у вигляді графічного екрана керування з візуалізацією станів об'єктів керування та процесуальних параметрів у реальному часі. Він поділений на дві логічні зони.

1. Ліва зона містить елементи керування, а саме кнопки START та STOP, також індикатори ввімкнення насоса води WATER PUMP, насоса суспензії WASTE PUMP, мішалки MIXER та вентилятора FAN.

2. Права зона містить цифрові індикатори параметрів технологічного процесу.

Кнопка START здійснює запуск усієї автоматизованої системи керування, а кнопка STOP зупиняє всі процеси. Ці кнопки є стартовими умовами для ввімкнення насосів, мішалки та вентилятора. Вони пов'язані з відповідною логікою в програмі роботи автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором.

Сигнальні індикатори WATER PUMP, WASTE PUMP, MIXER та FAN відображають вихідні сигнали керування обладнанням у режимі світиться - відповідне обладнання працює, а коли не світиться - відповідне обладнання не працює.

Цифрові поля індикації технологічних параметрів WATER LEVEL, WASTE LEVEL, TEMPERATURE та PRESSURE відображають поточні значення в реальному часі, масштабовані у функціональних блоках (FB1, FB2, FB3 та FB4) через SCALE_X і NORM_X.

Розроблений людино-машинний інтерфейс автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором надає оператору простий та зручний спосіб керування основними технологічними механізмами.

Це дає можливість оператору контролювати в реальному часі значення ключових параметрів, а також забезпечує наочність завдяки індикаторам стану виконавчих механізмів.

3.3 Висновки до третього розділу

1. Розроблено повноцінну програму автоматизованого керування біогазовим реактором з використанням програмованого логічного контролера Siemens SIMATIC S7-1200 у середовищі TIA Portal V17.

2. Програмне забезпечення побудоване на основі мови LAD (Ladder Diagram) для логіки керування та SCL (Structured Control Language) для обробки аналогових сигналів.

3. Розроблено алгоритм керування біогазовим реактором, який охоплює всі ключові процеси: контроль рівня води та відходів, мішання, температурно-технічний моніторинг, контроль тиску, а також аварійний захист.

4. Створено 12 логічних мереж (Network) у головному програмному блоці OB1, кожна з яких відповідає за конкретну функцію - від подачі суспензії до керування вентилятором.

5. Розроблено людино-машинний інтерфейс (HMI) на базі панелі SIPLUS KTP700 Basic PN, що забезпечує зручне введення команд, моніторинг параметрів і відображення стану виконавчих механізмів.

6. Програма має модульну, масштабовану структуру та реалізує автоматичний і ручний режими роботи, що робить її придатною для подальшого розширення та вдосконалення.

7. Розроблене програмне забезпечення повністю задовольняє вимоги до автоматизованого керування біогазовим реактором: забезпечує безпеку, ефективність, доступність керування через HMI та гнучкість адаптації до технологічних змін.

ВИСНОВКИ

В процесі роботи було розроблено ефективний, надійний та масштабований пристрій автоматизованого керування біогазовим реактором, який забезпечує стабільну роботу установки в режимах реального часу, з урахуванням технологічних особливостей процесу анаеробного зброджування.

1. Проведено аналіз літературних джерел та патентної інформації, що дало змогу глибоко дослідити фізико-хімічні процеси утворення біогазу, класифікацію біогазових установок, основні параметри ферментації та технічні особливості біогазових реакторів. Визначено ключові фактори, що впливають на ефективність анаеробного зброджування, а саме температура, співвідношення C/N, рН, тиск та час гідравлічного утримання.

2. Розроблено структурну схему автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, яка відображає зв'язок між усіма функціональними елементами, а саме сенсорними пристроями, виконавчими механізмами, контролером, джерелом живлення та панеллю оператора.

3. Виконано обґрунтований підбір обладнання для побудови автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором. обрано програмований логічний контролер Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C, НМІ-панель SIPLUS KTP700, датчики температури, тиску, рівня води та відходів, блок живлення та комутаційні пристрої. Весь вибір базувався на критеріях сумісності, надійності, промислової придатності та енергоефективності.

4. Розроблено електричні схеми автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, які охоплюють силову частину (подачу живлення до виконавчих механізмів) та схему керування (логіку керування датчиками, реле та інтерфейсом оператора). Схеми побудовано в

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Khan B. H. Non Conventional Energy Resources. McGraw Hill Education. 2019. 2nd ed. 238 p.
2. New Renewable Energy Resources: a Guide to the Future. World Energy Council. Kogan Page Limited. 2024. 210 p.
3. Wolf C., Bongards M., McLoone. Biogas plant substrate feed optimization using computational intelligence methods. Progress in Biogas. Stuttgart-Hohenheim, Germany. 2017. 8 p.
4. Candra D. I. Optimization for biogas power plants using automatic control of gas pressures. Research Centre for Electrical Power & Mechatronics, Indonesian Institute of Sciences. 2013. 12 p.
5. Van Lier J. B., Rebac S., Lettinga G. High-rate anaerobic wastewater treatment under psychrophilic and thermophilic conditions. Water Science and Technology. 2017. 8 p.
6. Wolf C., et al. Biogas Plant Control and Optimization Using Computational Intelligence Methods. Automatisierungstechnik. 2019. Vol. 57. 10 p.
7. Collins K. PLC Programming for Industrial Automation. In: Kuphaldt T. R. Lessons In Electric Circuits. Volume IV. Digital. 2017. 120 p.
8. Shinskey F. G. Process Control System (Application, Design & Tuning). McGraw Hill. Singapore. 2020. P. 393-404.
9. Johnson C. D. Process Control Instrumentation Technology. Prentice-Hall. USA. 2021. 500 p.
10. Microfiche reference for A Project of Volunteers in Asia. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH. Braunschweig, Germany. 2015. 30 p.
11. Siemens. Розподільчий щит ALPHA 160 DIN 8GK1062-2KK41. URL: <https://de.rs-online.com/web/p/unterverteiler/2720299> (дата

20. Siemens. Датчик температури SITRANS TS100. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/uk/Catalog/Product/7MC7111-6CA21> (дата звернення: 15.05.2025).
21. Walker J. F., Jenkins N. Wind Energy Technology. John Wiley & Sons. 2022. 350 p.
22. Kalogirou S. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Academic Press. 2020. 890 p.
23. Stine W. B., Geyer M. Power from the Sun. Solar Engineering Application Book. 2019. 398 p.
24. Dincer I., Zamfirescu C. Advanced Power Generation Systems. Elsevier. 2021. 420 p.
25. Kundur P. Power System Stability and Control. McGraw Hill. 2020. 1180 p.
26. Bevrani H. Robust Power System Frequency Control. Springer. 2019. 215 p.
27. Siemens. SIMATIC S7-300. Automation System. System Manual. V6.0. 2022. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 15.05.2025).
28. Siemens. SIMATIC HMI Panels. Configuration Manual. 2023. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 15.05.2025).
29. Siemens. SINAMICS S120. Modular Drive System. Operating Instructions. 2022. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 15.05.2025).
30. ABB. ACS400. Technical Manual for Variable Frequency Drives. 2021. URL: <https://global.abb> (дата звернення: 15.05.2025).
31. Balluff. Magnetostrictive Linear Position Sensors BTL7 Series. Datasheet. 2022. URL: <https://www.balluff.com> (дата звернення: 15.05.2025).
32. Temposonics. R-Series V with PROFINET. Position Sensor

Manual. 2023. URL: <https://www.temposonics.com> (дата звернення: 15.05.2025).

33. Siemens. Incremental Encoders. Overview and Selection Guide. 2021. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 15.05.2025).

34. Siemens. Absolute Encoder 6FX2001-5FN25. Product Brief. 2023. URL: <https://mall.industry.siemens.com> (дата звернення: 15.05.2025).

35. Siemens. PS307 Power Supply 24V/5A. Product Manual. 2021. URL: <https://mall.industry.siemens.com> (дата звернення: 15.05.2025).

36. IEC 61131-3. Programmable controllers. Part 3: Programming languages. International Electrotechnical Commission. Geneva. 2020.

37. Кривошеєв В. М. Автоматизація технологічних процесів: навч. посібник. К.: Ліра-К, 2021. 360 с.

38. Назаренко В. І., Стадник М. М. Системи автоматичного керування: основи теорії та проектування. К.: Наука і техніка, 2020. 296 с.

39. Чалий С. В. Промислова електроніка та автоматизація. Харків: ХНУРЕ, 2022. 228 с.

40. Siemens. Inductive Sensor 3RG4041-6KD00. Technical Specifications. URL: <https://mall.industry.siemens.com> (дата звернення: 15.05.2025).

ДОДАТКИ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник Виходзь Олег Володимирович

Тема: Автоматизований пристрій керування біогазовим реактором

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

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки _____ 61 _____

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, який забезпечує ефективне, надійне та безпечне функціонування системи з можливістю програмування режимів роботи та дистанційного моніторингу ключових параметрів
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі розглянуто особливості режимів роботи біогазових реакторів. У другому розділі розроблено структурну схему, яка дозволяє реалізувати автоматичний контроль за параметрами ферментації (температура, тиск, рівень води і відходів) та керування насосами, мішалкою і вентилятором. У третьому розділі розроблено програму автоматизованого керування біогазовим реактором з використанням програмованого логічного контролера Siemens SIMATIC S7-1200 у середовищі TIA Portal V17.
4. Позитивні сторони роботи: Розроблено людино-машинний інтерфейс автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором, який забезпечує оператору можливість відслідковувати поточні значення технологічних параметрів (рівень, температура, тиск), вмикати/вимикати обладнання в ручному режимі, отримувати попередження про аварійні ситуації та зручно працювати з системою.

5. Негативні сторони роботи: не виконано порівняння розробленого автоматизованого пристрою керування біогазовим реактором із відомими пристроями автоматизованого керування біогазовими реакторами.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,00/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) К. І. Н. доцент
кафр кібербезпеки Тітова В Ю.

"13" 06 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТгаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Виходзя О.В.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

12.06.2025

дата



підпис

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 4.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 11%

ID: 245972 Title: БКР Автоматизований пристрій керування біогазовим реактором Added in a DB: 2025-06-16 Authors: Олег ВИХОДЗЬ Heads: Валерій МАРТИНЮК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	59971	957	2638 (4%)	38 (4%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Олег ВИХОДЗЬ

Співавтор:

Назва: Виходзь на антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 3.6%

Коефіцієнт подібності 2: 1.9%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 10

Інтервали: 0

Білі знаки: 2

Дата створення звіту: 2025-06-15 20:50:07.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-15

Доцент Микола Федула

Дата

експерт

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизований пристрій керування біогазовим реактором

Автор: Виходзь Олег Володимирович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

Науковий керівник: Мартинюк Валерій Володимирович, доктор технічних наук, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та дорацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 3,6% і адресується до 10 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи

Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Валерій МАРТИНЮК