

TECHNICAL SCIENCES

AUTOMATED BIOGAS PLANT CONTROL SYSTEM

Deev D.

researcher at the National University of Food Technologies
Ukraine, Kyiv

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Дєєв Д.

науковий співробітник Національного університету харчових технологій
Україна, м. Київ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15536099>

Abstract

The analysis of the automated control system of a biogas plant based on food industry waste is presented. The biogas production technology is analyzed and described and the optimal fermentation mode is selected. The structure of the automatic control system is provided and a functional diagram of the biogas plant automation is developed.

Анотація

Наведено аналіз автоматизованої системи керування біогазової установки на відходах харчової промисловості. Проаналізовано та описано технологію виробництва біогазу та обрано оптимальний режим бродіння. Надана структура системи автоматичного регулювання та розроблено функціональну схему автоматизації біогазової станції.

Keywords: technological control object, automated control system, automatic regulation system, functional automation system, biogas.

Ключові слова: технологічний об'єкт керування, автоматизована система керування, система автоматичного регулювання, функціональна система автоматизації, біогаз.

В умовах сьогодення актуальною є проблема гострої нехватки енергетичних ресурсів. Відновлювані джерела енергії відіграють надзвичайно важливу роль в енергетиці багатьох країн світу.

Виробництво біогазу є рішенням одночасно двох питань: енергетичного та екологічного. В процесі роботи підприємств харчової та переробної промисловості накопичується велика кількість відходів, що створюють надзвичайно небезпечну екологічну проблему. Переробка вторинних матеріальних ресурсів надає унікальну можливість отримання біогазу та суттєво знижує екологічні ризики на підприємстві. Після виробництва біогазу утворюється кормова біомаса, збагачена незамінними амінокислотами та вітамінами групи В, яку можна використовувати в якості кормової добавки при відгодівлі сільськогосподарських тварин [5,8].

Головною перевагою виробництва біогазу є універсальність сировинної бази. Станції можуть перероблювати органічні відходи, незважаючи на тип або особливі характеристики, завдяки підбору відповідного технологічного рішення під конкретні вимоги сировини.

Принцип роботи всіх біогазових установок однаковий: після попередньої підготовки сировини, що полягає у доведенні її до потрібної вологості у спеціальній ємності, вона подається в реактор, де створюються спеціальні умови оптимізації процесу утворення біогазу.

Вміст чистого метану в біогазу може складати від 70 до 90%, в залежності від типу утилізованих відходів.

Теплотворна здатність одного кубометра біогазу становить залежить від вмісту метану та становить 20-25 МДж/м³, що еквівалентно згорянню 0,6 – 0,8 літру бензину; 1,3 - 1,7 кг дров або використання 5 - 7 кВт електроенергії [2,4].

Для аналізу та розрахунку технологічних об'єктів керування необхідно мати автоматизовану математичну модель метантенка. Отримання математичної моделі об'єкта управління відповідно до реалізації його вхідних та вихідних сигналів є його ідентифікацією.

Рівняння з автоматичним визначенням температури метантенку можна отримати, використовуючи закони фізики, які закладено в основу роботи ферментатора. Зазвичай, точний теоретичний опис об'єкта керування дуже важко визначити через складність перебігу фізичних процесів. Тому, на практиці математичний опис зазвичай отримують експериментальними методами з використанням алгоритму автоматизації процесу. Автоматизація процесу надає унікальну можливість точно та легко отримати результат. З математичними моделями, що отримані з використанням автоматизованих систем управління процесом можна проводити подальші удосконалення технологічної схеми переробки відходів та отримання біогазу [4,7,10].

В автоматичних системах керування біогазової установки регулюється температура середовища, вологість біомаси та кислотність субстрату.

Для належного функціонування та з метою забезпечення максимального виходу біогазу важливою умовою є вибір оптимального режиму зброджування субстрату. У даній системі використовується принцип управління за відхиленням від заданого значення, задані параметри автоматично вимірюються за допомогою датчика температури. Керування відбувається залежно від різниці між значеннями величини, що виходить і величини, що задається. Вихідний сигнал порівнюється із завданням, програмований логічний контролер опрацьовує інформацію і на основі отриманого результату надає відповідні сигнали на механізм виконання програми. Управління відбувається залежно від значення різниці величин і може враховувати будь-який вплив на систему керування [3,7].

Для створення системи автоматизації, в якості основи було обрано найкращий у своєму класі за можливостями масштабування, екологічності та енергозбереження автоматичний контролер від Scheinder Electric Modicon M172P. Він відноситься до серії логічних програмних контролерів, що призначені саме для автоматизації промислових об'єктів.

Серія Modicon M172P відрізняється високою адаптивністю за рахунок модульної конструкції, що включає в себе модулі розширення вводу/виводу, інтерфейси для комунікації, вбудовану підтримку Ethernet, ModBus, BACnet та LonWorks, великий асортимент програмного забезпечення, що економлять час для налагоджування та програмування системи [7,8].

Рішення автоматизації промислової схеми на базі цього контролера дає можливість використання програмного засобу SoMachine HVAC, який є інструментом для візуалізації, програмування та автоматичного налаштування контролерів цієї серії. SoMachine HVAC надає готові до використання функціональні блоки, що створює можливість формування сучасними алгоритмами для енергоефективних рішень на базі Modicon M172P. Пристрої Modicon M172P розраховані для роботи метантенка як у мезофільному ($T=35^{\circ}\text{C}$), так і у термофільному ($T=55^{\circ}\text{C}$).

Всі вищезначені функції забезпечують автоматичний дистанційний контроль та управління технологічною системою отримання біогазу.

Сучасні системи автоматизації виробництва є чітко розподіленими системами управління, в яких керувані об'єкти та пристрої приєднують до промислової інформаційної шини та завдяки сучасним програмам відбувається процес керування об'єктами.

Для аналізу систем автоматизації біогазових установок необхідно мати математичну модель об'єкта керування. Отримання математичної моделі об'єкта управління відповідно до реалізації його вхідних та вихідних сигналів є його ідентифікацією. Рівняння температури біогазових станцій

теоретично можна отримати на основі деяких фізичних законів, якими описується його робота. У більшості випадків точний теоретичний опис об'єкта керування дуже важко визначити через складність перебігу фізичних процесів в умовах постійної зміни параметрів. Тому, на практиці математичний опис зазвичай отримують експериментальними методами. Ці методи дають можливість швидко та зручно отримати результат, спрямований на оптимальний вибір систем автоматизації процесу. Математичні моделі, що отримані за допомогою цих методів, дозволяють спрогнозувати оптимальні параметри отримання біогазу з подальшим використанням їх на етапах розробки систем автоматизації. Біогазові установки мають проектуватися з урахуванням забезпеченості умов функціонування технологічних процесів в заданих робочих галузях контролю змінних параметрів. У зв'язку з цим, експериментальні методи отримання математичних моделей широко застосовуються під час автоматизації технологічних процесів [2,5].

В автоматизованих системах керування біогазової станції регулюються температура у метантенку, вологість біомаси у резервуарах та кислотність субстрату. Для належного функціонування та збільшення продуктивності біогазової установки важливою умовою є підтримання заданої температури.

У досліджуваній системі використовується принцип управління, побудований за методом відхилення від заданого значення та вимірювання за допомогою датчика температури. Управління системою відбувається залежно від різниці між значеннями величини, що є вихідною і величини, що задається. Найважливішим аспектом у процесі є найменша значимість відхилення режиму роботи біореактора. Вихідний сигнал порівнюється з завданням, а програмований логічний контролер опрацьовує інформацію. На основі отриманого результату надаються відповідні сигнали на виконавчий механізм. Управління системою відбувається у залежності від значення різниці величин, з урахуванням будь-якого впливу на процес керування [2,5,10].

Стабільність конструкції метантенка необхідна для витримування всіх навантажень (тиску газу, ваги та тиску сировини, ваги покриттів) та забезпечення довготривалої роботи установки. Контрольно-вимірювальні прилади, що встановлюються, повинні забезпечувати контроль рівня сировини, температури, тиску та сталий кислотно-лужний баланс у реакторі [4,9].

При використанні автоматизованих систем управління можна спрогнозувати та контролювати наступні параметри автоматизації процесу:

- рівень біомаси на всіх етапах виробництва – вимірюється дискретним датчиком, вхідна напруга якого дорівнює 24 В постійного струму;
- вологість і температура субстрату – вимірюється датчиком температури і вологості, що має клас точності 0.25, діапазон вимірювання температури ($-20\ldots 80$) $^{\circ}\text{C}$ з підключенням до інтерфейсу RS-485;

- витрати води, що надходить до подрібнювача - контролюються вихроакустичним витратоміром з вихідним сигналом 4...20мА та класом точності 0.25, може працювати по HART-протоколу та має діапазон вимірювання (5...60) м³ /год;

- температура субстрату вимірюється термперетворювачем опору з вихідним сигналом 4...20мА, класом точності 0.5, діапазоном вимірювання (0...100) °С;

- тиск біогазу у газгольдері і трубі – контролюються датчиками тиску однієї моделі різних діапазонів вимірювання, що має клас точності 0.5, вихідний сигнал 4...20мА, діапазон вимірювання датчика тиску біогазу у трубі – (0...40);

- показники якості біогазу - надходять від аналізатора біогазу з вихідним сигналом 4...20мА, класом точності 0.2. Діапазон вимірювання вмісту метану та вуглекислого газу (CH₄ та CO₂) становить (0...100) % [1,4,6].

Сучасні системи автоматизації процесу отримання біогазу - це розподілені системи управління, в яких керовані об'єкти та пристрої працюють автономно, з приєднанням до промислової шини інформації, через яку, завдяки вдосконаленим програмам, відбувається керування об'єктами. Автоматизовані системи керування є дворівневими. На верхньому рівні відбувається контроль параметрів біогазової установки, забезпечується зв'язок з нижнім рівнем з метою збору даних, візуалізації та диспетчеризації технологічного процесу. Це рівень HMI/SCADA. На цьому рівні задіяна людина, а саме – оператор-технолог (диспетчер), головна мета якого – забезпечення безвідмовної роботи системи автоматизації та оптимізація роботи обладнання. SCADA відноситься до систем, що розроблені в середовищі Easergy L500, яка є базовою системою SCADA, що працює на операційній системі Windows. Система забезпечує зрозумілий інтерфейс для оператора: загальний вид біогазової станції, відображення підстанції, перегляд журналу повідомлень та журнал архіву [2,3].

Застосування ефективної автоматизованої системи управління забезпечує стабільний економічний ефект на підприємстві з отриманням додаткового прибутку. Автоматизація підприємств видобутку біогазу відіграє важливу роль в системі забезпечення альтернативними джерелами енергії промислових підприємств та населення [6,8,9]. Система автоматизації спонукає до вирішення екологічних проблем підприємства в умовах впровадження автоматизованих систем керування, систем контролю, робото-технологічних комплексів та комп'ютерно-інтегрованих виробництв. Системи автоматизації ґрунтуються на функціональних можливостях мікропроцесорних систем керування з використанням принципів адаптації, самоорганізації, розподіленого керування та програмних комплексів. Сучасні автоматизовані системи управління виробництва біогазу та програмні засоби мікропроцесорної техніки мають функціональні можливості для керування технологічними процесами при організації автоматизованих робочих місць. Додаткове впровадження та функціонування

програмно-технічних комплексів обчислювальної техніки для керування технологічними процесами утилізації відходів та надає можливість підприємству працювати в оптимальному режимі [1,2]. Використання програмно-керованого комплексу з впровадженням автоматизованих систем управління спрощує адаптацію інноваційних технологій до зміни умов виробництва. Цей процес робить реальним еволюційне удосконалення виробництва технологічними процесами, в основному, за рахунок зміни програмного забезпечення. Одним із головних аспектів, що спонукають до створення та розробки автоматизації технологічних процесів, є удосконалення технології обчислювальних процедур обробки інформації при одночасному розширенні їх функціональних можливостей та підвищення надійності, що економічно стимулює розробку технологічного обладнання з вбудованими системами керування і технологічними комплексами [4,6]. Проблеми використання програмно-технічного комплексу автоматичних систем управління переробки відходів з отриманням біогазу, мікропроцесорів, інтелектуальних датчиків та виконавчих механізмів, адаптивних регуляторів та систем керування повинні бути вирішені інноваційними технологіями з використанням автоматизації технологічних об'єктів. При цьому на підприємстві повинен бути врахований рівень автоматизації виробництва та складено вхідні умови до систем керування технологічними об'єктами та процесами.

Для розробки та впровадження систем керування типовими технологічними процесами переробки відходів з метою отримання біогазу, необхідні знання принципів їх побудови та тенденцій розвитку; освоєння методів діагностики технологічних об'єктів керування; розробка і використання моделей та алгоритмів керування функціональними схемами з використанням комп'ютерних нейронних комплексів та принципів роботи інтелектуальних підприємств.

Для вирішення вищезначених завдань можна використовувати:

- фундаментальні методи аналізу керованості та гнучкості автоматизованих процесів;

- теорію цифрових систем, теоретичні основи адаптивних систем, теорію нечітких множин і методи прийняття інтелектуальних рішень в умовах невизначеності;

- методи експертних систем в задачах управління харчовими підприємствами, принципи інтелектуального керування гнучкими виробничими системами з робото-технологічними комплексами.

Це дозволяє цілеспрямоване використання основних принципів побудови автоматичних систем керування виробництва біогазу та локальних мікропроцесорних систем автоматизації складних динамічних алгоритмів утилізації відходів.[1,3,7].

Підхід до управління виробництвом з використанням систем автоматизації дозволяє отримати принципово нову, інноваційну модель підприємства з автоматизованим центром дій, в якому кадровий потенціал ставить визначені цілі синхронно з

об'єктами виробництва, використовуючи при цьому матеріальний потенціал підприємства [5,9].

Головною метою сучасної комп'ютеризованої автоматизації виробництва підприємства харчової промисловості є створення систем контролю та інформаційного забезпечення з автоматизованим керуванням інноваційними технологічними процесами і засобами виробництва, які виключають «людський фактор» в роботі біогазового комплексу. Для вирішення такого завдання є необхідним знання виробництва, його технологій, а найголовніше - знання технічних засобів автоматизації виробництва, принципів і методів керування локальними виробничими системами та окремими ланками, технологічними лініями та розподіленого управління підприємством по виробництву біогазу в цілому.

Список літератури:

1. Автоматизація холодильних машин і установок: лабораторний практикум/ уклад. Ю.Б. Беляєв, В.М. Сідлецький. М. І.Іванченко. Національний університет харчових технологій- Київ: НУХТ, 2016.- 61с.
2. Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Власенко Л.О. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів: монографія. Київ: Ліра-К., 2016.- 312с.
3. Ладанюк А.П., Смітюх Я.В., Власенко Л.О. Заєць Н.А, Ельперін І.В. Системний аналіз складних систем управління К.: НУХТ, 2013.- 274с.
4. Промислові засоби автоматизації: навчальний посібник / А.К.Бабіченко, В.І.Тошинський, В.С.Михайлов та ін. За заг.ред.А.К.Бабіченка.-У 2ч.- Ч1: Вимірювальні пристрої._ Харків: НТУУ«ХПІ» 2003.-470с.
5. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів. Київ, 2017.- 378с.
6. Гончаренко, Б. М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк. – К. : НУХТ, 2014. – 530 с.
7. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці. Підручник / Під ред. Л.А. Саблій. – Рівне: НУВГП, 2016. – 356 с.
8. Козловець О. А. Біотехнологія одержання біогазу при коферментації посліду птахів : дис. канд. техн. наук : 03.00.20 – біотехнологія / О. А. Козловець. – К., 2017. – 189 с.
9. Побігун А. М. Метанове бродіння як спосіб утилізації відходів тваринництва / А. М. Побігун, О. В. Бойко, І. О. Халіман // Науковий вісник ТДАТУ. – 2012. – В.2. – Т.2. – С. 89-95.
10. Біогазові технології в Україні. Встановлення та робота біогазових установок [Текст]. – Львів: Центр біогазових установок, 2011. – 30с. Режим доступу: http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Budivnyctvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf ДБН В.2.5-28:2018. «Природне і штучне освітлення».
11. Побігун А. М. Метанове бродіння як спосіб утилізації відходів тваринництва / А. М. Побігун, О. В. Бойко, І. О. Халіман // Науковий вісник ТДАТУ. – 2022. – Т.2. – с. 89-95.