

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Подобайло В. Г., Потапенко М. В., Семенова Н. П.

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
"Бережанський агротехнічний інститут"*

Обґрунтовано застосування електричних теплоакumuлюючих нагрівачів замість теплових систем, які працюють на біогазі. Описана енергоефективна система регулювання температурного режиму електроакumuлюючої теплової установки.

Постановка проблеми. Наявність енергетичної кризи та загострення екологічних проблем обумовили значний інтерес до енергозберігаючих і екологозахисних технологій. Проблема високої енергоемності виробництва ускладнюється винятково низьким рівнем використання енергетичних ресурсів. Так, інтегральний коефіцієнт ефективного використання енергії первинного джерела в галузевих технологічних системах, який враховує енергетичну сукупність усіх технологічних операцій переробки сировини у кінцевий товарний продукт, зрідка перевищує 10-12% [3].

Взаємозв'язок енергетики та економіки вимагає економії енергії на всіх рівнях виробництва і споживання та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище. Це може бути досягнуто тоді, коли приріст потреб в паливі і енергії на 75-80% буде задовольнятися за рахунок застосування відновлюваних джерел енергії.

В умовах гострої нестачі енергоресурсів і фінансових засобів у сільськогосподарських підприємств реальним виходом із кризи є створення біокомплексів. Застосування біогазових установок (БГУ) дозволяє вирішити проблеми енергетичного, екологічного та агрохімічного характеру, а тому є базовою основою для створення екологічно чистих технологій, які дозволять підвищити ефективність використання природних ресурсів.

Основною перешкодою на шляху розвитку біогазових технологій в Україні є те, що наявні в Україні біогазові установки мають незначну питому величину виходу біогазу. Питання теплової ефективності біогазових установок та економічної ефективності використання біомаси, ще не до кінця вирішено для установок промислового масштабу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій Взаємодіючими елементами біогазових установок є окремі види технологічного обладнання, різні види сировини і енергоносіїв, які використовуються в технологічному процесі ферментації та різноманітні системи автоматичного керування.

В основу роботи БГУ закладені біологічні процеси зброджування і розкладання органічних речовин під впливом метанотворюючих бактерій в анаеробних умовах, характерних відсутністю вільного кисню, високої вологості і температурного середовища. Метанові бактерії витримують температурні коливання в межах 3-4°C на добу [2]. Необхідна для життєдіяльності бактерій температура продуктів ферментації в метантенку, в кліматичних умовах України, може під-

тримуватись при використанні значних додаткових енергетичних затрат. В сучасних БГУ для підтримання температурного режиму в допустимих межах у зимовий період, затрачається майже 70% виробленого біогазу [3].

Заміна джерела первинної енергії – біогазу в системі постачання теплової енергії БГУ, електричною енергією з підсистемою термоакumuлюючих установок, дозволить значно підвищити економічні показники всієї системи.

Мета статті. Обґрунтувати застосування в БГУ термоелектричних установок, замість теплових систем, які працюють на біогазі, та запропонувати просту і економічно доцільну систему автоматичного регулювання термоелектричним обладнанням.

Основні матеріали досліджень. Теплоакumuлюючі електронагрівні установки вмикають в електромережу в години провалів добових графіків електронавантажень. Вирівнювання графіка електронавантажень сприяє підвищенню економічності використання встановленої потужності електрообладнання системи електропостачання. При трьохтарифній системі оплати за електричну енергію її вартість в нічний час з 21 до 7 години ранку в 4 рази дешевша за вартість денної енергії з 10 до 18 години, та в 7 разів дешевша за пікову енергію з 7 до 10 години ранку і з 18 до 21 години вечора.

Ефективність акумулювання теплової енергії можна оцінювати в Джоулях на гривню, в Джоулях на одиницю об'єму і в Джоулях на кілограм маси. Але перша оцінка є завжди вирішальною. Узагальнюючим показником ефективності додаткових капітальних вкладень є зведені витрати [4]:

$$B_{зв} = E_n \cdot K + C,$$

де $B_{зв}$ - зведені витрати, грн./рік;

K - капітальні витрати, грн.;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, 1/рік.

Питома ефективність водяних теплоакumuлюючих установок становить від 2 до 10 МДж/грн. [4].

Розрахунки показують, що застосування теплоакumuлюючих установок дозволить на 20-25% зменшити вартість енергії, яка витрачається на власні потреби БГУ.

Щоб такі установки відповідали економічним вимогам необхідно регулювати кількість накопиченої теплоти в залежності від температури зовнішнього повітря, що дозволить зменшити коефіцієнт одночасності зарядки нагрівачів та знизити середню температуру блоків, а також змінювати тепловий потік електричними тепловими акумулюючими нагрівачами (ЕТАН) у залежності від температури продуктів шумування метантенка.

Кількість накопиченої в ЕТАН теплоти регулюється зміною тривалості зарядки. Кількість теплової енергії акумульованої ЕТАН визначаємо по формулі [4]:

$$Q = V \cdot c \cdot \rho \cdot (\theta - \theta_0), \quad (2)$$

де V - об'єм монолітів, м³;

c - питома теплоємність, Дж/кг·°С;

ρ - густина блоків, кг/м³;

θ - середня температура блоків вкінці зарядки, °С;

θ_0 - середня температура блоків на початку зарядки, °С.

Залежність необхідного теплового потоку для метантенка від температури зовнішнього повітря є прямолінійною.

$$P = P_p - r \cdot (\theta_1 - \theta_{1p}), \quad (3)$$

де P - тепловий потік, який необхідний для створення потрібної температури, Вт;

P_p - розрахунковий тепловий потік, Вт;

r - коефіцієнт, який залежить від теплофізичних характеристик метантенка, Вт/°С;

θ_1 - температура зовнішнього повітря, °С;

θ_{1p} - розрахункова температура зовнішнього повітря в найхолодніший період, °С.

А залежність температури ЕТАН, яка встановлюється до кінця періоду зарядки, від температури зовнішнього повітря має вид:

$$\theta = \frac{\theta_{1p} \cdot [P_p - r \cdot (\theta_1 - \theta_{1p})] + \theta_1}{V \cdot c \cdot \rho \cdot (1 - f) \cdot \eta}, \quad (4)$$

де f - постійна величин,

$$f = (\theta_{0p} - \theta_{1p}) \cdot (\theta_p - \theta_{1p});$$

η - к.к.д. ЕТАН.

Залежність (4) має лінійний характер, що вказує на інерційний об'єкт автоматичного регулювання із запізненням. Для даного виду об'єктів доцільно застосовувати прості дискретні трипозиційні регулятори температури.

В зв'язку з дискретною дією терморегулятора на об'єкт така система є нелінійною.

Рівняння перехідного процесу інерційної ланки має вигляд [1]:

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = \frac{P}{k \cdot F} + \theta_0; \quad (5)$$

де $T = \frac{c}{k \cdot F}$ - постійна часу нагрівання, °С;

θ - температура в об'єкті регулювання, °С;

P - потужність нагрівного пристрою, Вт;

k - дискретний коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²·°С;

F - тепловіддача площа, м²;

θ_0 - температура оточуючого середовища, °С.

Терморегулятор, комутаційна апаратура і виконавчий пристрій являють собою нелінійний елемент з релейною характеристикою (рис.1).

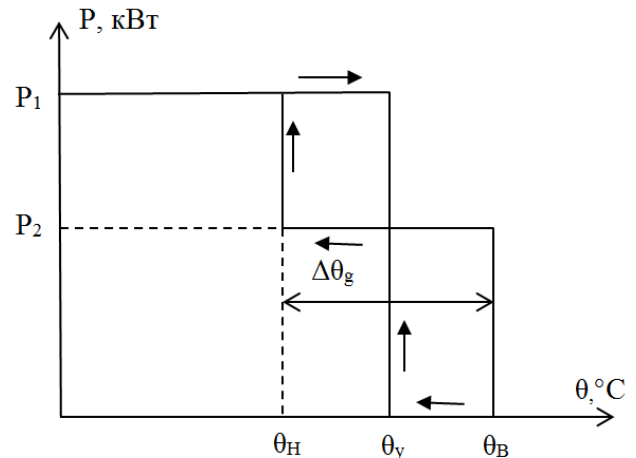


Рисунок 1 – Характеристика трипозиційного регулятора температури з нагрівачем

При температурі θ меншій нижньої межі θ_H нагрівний пристрій буде працювати на повну потужність P_1 . Коли θ стане рівною θ_y уставки, частина θ_y секції нагрівного пристрою буде вимкнена і потужність зменшиться до P_2 . Якщо температура продовжить зростати, то при досягненні θ_B нагрівний пристрій вимкнеться повністю. На потужність P_2 він вимкнеться при θ_y , а повну потужність P , при $\theta < \theta_H$.

Для трьох ділянок, на які можна розбити характеристику $P = f(\theta)$ нелінійного елемента, запишемо наступні рівняння перехідного процесу в нагрівачі:

$$I \quad \theta < \theta_H, \quad \theta < \theta_y,$$

$$\text{при } \frac{\partial \theta}{\partial t} > 0$$

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = \frac{P_1}{k \cdot F} + \theta_0 \quad (6)$$

$$\text{II} \quad \theta_B > \theta > \theta_y,$$

$$\text{при } \frac{\partial \theta}{\partial t} > 0 \quad \theta_y > \theta > \theta_H,$$

$$\text{при } \frac{\partial \theta}{\partial t} < 0$$

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = \frac{P_2}{k \cdot F} + \theta_0 \quad (7)$$

$$\text{III} \quad \theta > \theta_y, \theta_y < \theta < \theta_B$$

$$\text{при } \frac{\partial \theta}{\partial t} < 0$$

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = \theta_0 \quad (8)$$

Розв'язавши ці рівняння відповідно отримаємо:

$$\theta = \theta_{ycm1} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}}; \quad (9)$$

$$\theta = \theta_{ycm2} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_k \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (10)$$

$$\theta = \theta_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_m \cdot e^{-\frac{t}{T}} \quad (11)$$

В даних формулах:

$$\theta_{ycm1} = \frac{P_1}{k \cdot F} + \theta_0 \quad \text{та} \quad \theta_{ycm2} = \frac{P_2}{k \cdot F} + \theta_0, \quad \text{усталені те-}$$

мператури при P_1 та P_2 ;

θ_k - температура вкінці нагрівання при потужності P_1 ;

θ_m - температура на початку охолодження.

За рівняннями (9), (10), (11), можна побудувати криві перехідного процесу керування температурою нагрівного пристрою при ступінчастій зміні потужності нагрівних елементів.

При підвищенні θ_0 у зв'язку з наявністю диференціалу терморегулятора, трипозиційне керування приводить до підвищення коливань температури та тривалості циклу "ввімкнуто-вимкнуто".

Але неодночасна комутація нагрівного пристрою позитивно впливає на режим напруги у споживачах.

Для підвищення якості регулювання температурою в об'єктах зі запізненням доцільно вимикати час-

тину секцій за допомогою терморегулятора, який реагує на зовнішню температуру.

При низьких θ_0 він буде підтримувати частину секцій постійно увімкнутими, а при високих – вимкнутими.

Висновки:

1. У системі постачання теплової енергії для БГУ джерело первинної енергії – біогаз доцільно замінити електричною енергією з підсистемою теплоакumuлюючих установок.

2. Застосування теплоакumuлюючих установок дозволить на 20-25% знизити вартість енергії, яка витрачалась на власні потреби БГУ.

3. Трипозиційні терморегулятори дозволяють зменшити потужність комутації теплоакumuлюючої установки та регулювати цикли її роботи.

4. Для підвищення якості регулювання доцільно вимикати частину секцій за допомогою терморегулятора, який реагує на зовнішню температуру.

Список використаних джерел

1. Ключев А. С. Автоматическое регулирование / А. С. Ключев. – М. : Энергия, 1973. – 392 с.

2. Ковалев А. А. Технологические линии утилизации отходов животноводства в биогаз и удобрения / А. А. Ковалев, А. Н. Кошевичева – М.: Агропромиздат, 1990 – 241 с.

3. Корчемний М. О. Энергобережения в агропромышленном комплексе / М. О. Корчемний, В. С. Федорейко, В. П. Щербань – Тернопіль: "Підручники і посібники", 2001. -984 с.

4. Матко П. М. Электротеплоснабжение / П. М. Матко, К. Е. Биеки – М.: Энергия, 1971 – 274 с.

Аннотация

ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Подобайло В. И., Потапенко Н. В.,
Семенова Н. П.

Обосновано применение электрических теплоакumuлирующих нагревателей вместо тепловых систем, работающих на биогазе. Описана энергоэффективная система регулирования температурного режима электроакumuлирующей тепловой установки.

Abstract

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY BIOGAS INSTALLATIONS

V. Podobaylo, M. Potapenko,
N. Semenova

The application of electric heat storage heaters instead of heating systems running on biogas. Describes an energy-efficient system for regulating temperature of electric heat storage thermal installation.