

УДК – 631.22.621

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ НАГРІВАЧІВ ДЛЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

В.Г. Подобайло, кандидат технічних наук,

Г.С. Захарків,

В.Ю. Рамиш, кандидат технічних наук

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

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

Теплоакumuлююча установка, трипозиційний терморегулятор, біогаз, ферментація.

Взаємодіючими елементами біогазових установок (БГУ) є окремі види технологічного обладнання та різні види сировини і енергоносіїв, які використовуються в технологічному процесі ферментації і різноманітні системи автоматичного керування. Для підтримання оптимальної температури ферментації в біореакторі необхідна надійна теплоізоляція та додаткове підігрівання для компенсації втрат теплової енергії. Необхідна для підтримання життєдіяльності бактерій температура в кліматичних умовах України може підтримуватись лише при використанні додаткових енергетичних затрат. Метанові бактерії витримують температурні коливання в межах 3-4 °С на добу. [1].

З технологічної точки зору, проблема підтримання температури в метантенках з градієнтом 3-4° С. Легко вирішується сучасними засобами автоматизації, але цей процес занадто енергомісткий. Так, в сучасних БГУ, для підтримання температурного режиму в допустимих межах, особливо в зимовий період, витрачається майже 70% виробленого біогазу [2]. Тому джерело первинної енергії – біогаз, в системі постачання теплової енергії БГУ, доцільно замінити електричною енергією, з підсистемою термоелектричного обладнання і термоакumuлюючих установок. При цьому у системі будуть виникати невідповідності в часі між подачею і споживанням енергії. Подолання цієї невідповідності є основною метою акumuлювання енергії. Теплоакumuлюючі електронагрівні установки вмикають в електромережу в години провалів добових графіків навантажень енергосистеми. Вирівнювання графіка навантажень сприяє підвищенню економічності використання встановленої потужності електроробладнання системи електропостачання.

При тритарифній 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 годин ранку і з 18 до 21 години вечора.

Ефективність акумулювання теплоти можна оцінювати в Джоулях на гривню, в Джоулях на одиницю об'єму і в Джоулях на кілограм маси. Але перша оцінка є завжди вирішальною.

Застосування теплоакumuлюючих установок дозволить на 25% знизити вартість енергії яка витрачається на власні потреби БГУ, а питома ефективність водяних акумуляторів тепла становить від 2 до 10 МДЖ/грн [2].

Мета статті – обґрунтування застосування електричних теплоакumuлюючих установок замість теплових систем які працюють на біогазі, а також обґрунтування системи автоматичного керування електричними тепловими акумулюючими нагрівачами [ЕТАН].

Щоб такі нагрівачі 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 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].

$$Q = V \cdot C \cdot \rho \cdot (\theta - \theta_0), \quad (1)$$

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.

$$P = P_p - r \cdot (\theta_1 - \theta_{1p}), \quad (2)$$

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:

$$\theta = \frac{\theta_{1p} \cdot [P_p - r \cdot (\theta_1 - \theta_{1p})] + \theta_1}{V \cdot C \cdot \rho \cdot (1 - f) \cdot \eta}, \quad (3)$$

де f – постійна величина

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

де η – к.к.д ЕТАН.

Залежність (3) 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 відноситься до нелінійної.

Рівняння перехідного процесу інерційної ланки має вид: [3]

$$T \frac{d\theta}{dt} + \theta = \frac{P}{k \cdot F} + \theta_0; \quad (4)$$

де $T = \frac{C}{KF}$ – постійна часу нагрівання, С;

θ – температура в об'єкті регулювання, $^{\circ}\text{C}$;

P – потужність нагрівного пристрою, Вт;

k – дискретний коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$;

F – тепловіддаюча площа, м^2 ;

θ_0 – температура оточуючого середовища, $^{\circ}\text{C}$.

Терморегулятор, комутаційна апаратура і виконавчий пристрій являють собою нелінійний елемент з релейною характеристикою (рис1).

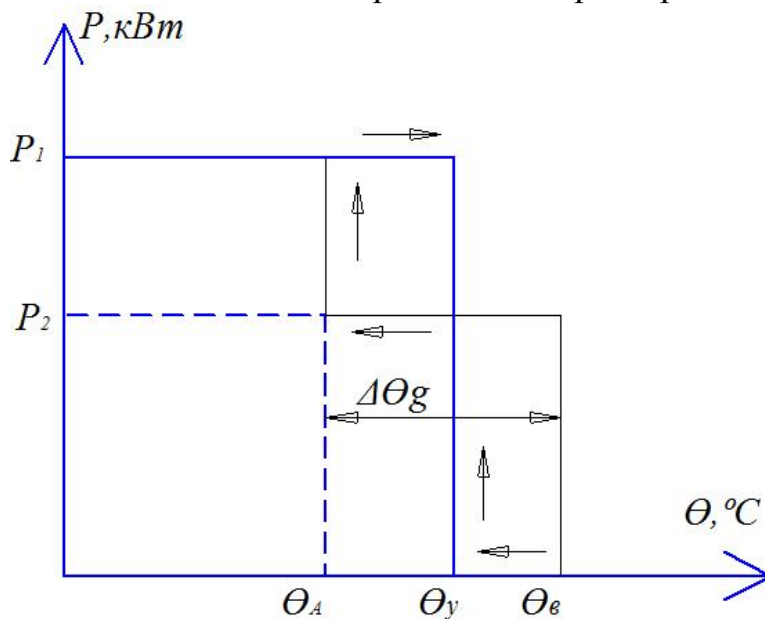


Рис. 1. Характеристика трипозиційного регулятора температури з нагрівачем

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

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

$$\text{I} \quad \theta < \theta_n \quad \theta < \theta_y \quad \text{при} \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} > 0$$

$$T \frac{\partial \theta}{\partial t} + \theta = \frac{P_1}{k \cdot F} + \theta_0 \quad (5)$$

$$\text{II} \quad \theta_v > \theta > \theta_y \quad \text{при} \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} > 0 \quad \theta_y > \theta > \theta_n \quad \text{при} \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} < 0$$

$$T \frac{\partial \theta}{\partial t} + \theta = \frac{P_2}{k \cdot F} + \theta_0 \quad (6)$$

$$\text{III} \quad \theta > \theta_y \quad \theta_y < \theta < \theta_v \quad \text{при} \quad \frac{\partial \theta}{\partial t} < 0$$

$$T \frac{\partial \theta}{\partial t} + \theta = \theta_0 \quad (7)$$

Розв'язуючи ці рівняння відповідно отримаємо

$$\theta = \theta_{уст1} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}}; \quad (8)$$

$$\theta = \theta_{уст2} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_k \cdot e^{-\frac{t}{T}}; \quad (9)$$

$$\theta = \theta_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) + \theta_m \cdot e^{-\frac{t}{T}}. \quad (10)$$

В даних формулах

$$\theta_{уст1} = \frac{P_1}{k \cdot F} + \theta_0 \quad \text{та} \quad \theta_{уст2} = \frac{P_2}{k \cdot F} + \theta_0,$$

усталені температури при P_1 та P_2 ;

θ_k – температура вкінці нагрівання при потужності P_1 ;

θ_m – температура на початку охолодження.

По рівняннях (8), (9), (10), 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 із запізненням доцільно вимикати частину секцій за допомогою терморегулятора який реагує на зовнішню температуру. При низьких θ_0 він буде тримати частину секцій постійно ввімкнутими, 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 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 літератури

1. Ключев А.С. Автоматическое регулирование М.: Энергия, 1973. – 392 с.
2. Ковалёв А.А., Кошевникова А.Н. Технологические линии утилизации отходов животноводства в биогаз и удобрения. М.: Агропромиздат, 1990. –241 с.
3. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Энергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 974с.
4. Матко П.М., Биекин К.Е. Електротеплоснабжение М.: Энергия., 1971. – 274 с.

Обосновано применение электрических теплоакumuлюющих нагревателей вместо теплових систем, работающих на биогазе. Описана система трёхпозиционного автоматического регулирования температурного режима электроакumuлюющей тепловой установки.

Теплоакumuлюючая установка, трёхпозиционный терморегулятор, биогаз, ферментация.