

ocean currents, single-conductor lighting systems based on light-emitting diodes and field emission lamps, plasma processing techniques of solid organic waste, plants for the production of a multi-engine and boiler fuel, CHP cogeneration and solar power.

Energy Saving Technologies, renewable energy, contactless electronic transport, vertical agriculture.

УДК 631.53.027.34

ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

***В.М. ПАВЛІСЬКИЙ, доктор технічних наук
В.Г. ПОДОБАЙЛО, В.Ю. РАМШ, кандидати технічних наук,
М.В. ПОТАПЕНКО, С.В. ГАЙДУКЕВИЧ, старші викладачі
ВП НУБіП України “Бережанський агротехнічний інститут”***

Обґрунтовано застосування електричних теплоакumuлюючих нагрівачів замість теплових систем, які працюють на біогазі. Розглянуто методику розрахунку системи регулювання температурного режиму електроакumuлюючої теплової установки.

Біогазові установки, ферментація, теплоакumuлюючі електронагрівачі, кількість теплоти.

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 у паливі та 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.

В основу роботи БГУ закладено біологічні процеси зброджування і розкладання органічних речовин під впливом метаноутворюючих бактерій в анаеробних умовах, характерних відсутністю вільного кисню, високої

© В.М. ПАВЛІСЬКИЙ, В.Г. ПОДОБАЙЛО,
В.Ю. РАМШ, М.В. ПОТАПЕНКО,
С.В. ГАЙДУКЕВИЧ, 2015

вологості і температурного середовища. Метанові бактерії витримують температурні коливання в межах 3–4 °С на добу [2]. Необхідна для життєдіяльності бактерій температура продуктів ферментації в метантенку, в кліматичних умовах України, може підтримуватися при використанні значних додаткових енергетичних затрат. У сучасних БГУ для підтримання температурного режиму в допустимих межах у зимовий період витрачається майже 70 % виробленого біогазу [3]. Заміна джерела первинної енергії – біогазу в системі постачання теплової енергії БГУ електричною енергією з підсистемою термоакумуючих установок дозволить значно підвищити економічні показники всієї системи.

Мета досліджень – обґрунтування застосування в БГУ термоелектричних установок замість теплових систем, які працюють на біогазі, та наведення методики розрахунку системи автоматичного регулювання термоелектричним обладнанням.

Матеріали та методика досліджень. Теплоакумуючі електронагрівальні установки вмикають в електромережу в години провалів добових графіків електронавантажень. Вирівнювання графіка електронавантажень сприяє підвищенню економічності використання встановленої потужності електрообладнання системи електропостачання. При тритарифній системі оплати за електричну енергію її вартість в нічний час з 21 до 7 год ранку в 4 рази дешевша за вартість денної енергії з 10 до 18 год, та в 7 разів дешевша за пікову енергію з 7 до 10 год ранку і з 18 до 21 год 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]:

$$B_{зв} = E_n K + C, \quad (1)$$

де $B_{зв}$ – зведені витрати, грн./рік; K – капітальні витрати, грн.; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, 1/рік.

Розрахунки показують, що застосування теплоакумуючих 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 залежно 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) залежно від температури продуктів шумування метантенка.

Кількість накопиченої в ЕТАН теплоти регулюється зміною тривалості зарядки. Кількість теплової енергії, акумульованої ЕТАН, визначаємо за формулою [4]:

$$Q = Vc\rho(\theta - \theta_0), \quad (2)$$

де V – об'єм монолітів, м³; c – питома теплоємність, Дж/кг·°С; ρ – густина блоків, кг/м³; θ – середня температура блоків у кінці зарядки, °С; θ_0 – середня температура блоків на початку зарядки, °С.

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

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

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.

Залежність температури ЕТАН, яка встановлюється до кінця періоду зарядки, від температури зовнішнього повітря має вигляд:

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

де f – постійна величина, $f = (\theta_{0P} - \theta_{1P})(\theta_P - \theta_{1P})$; η – ККД ЕТАН.

Залежність (4) має лінійний характер, що вказує на інерційний об'єкт автоматичного регулювання із запізненням. Тому, якщо на виході вимірювальних перетворювачів температури теплового акумулюючого моноліту (ТАМ) і температури зовнішнього повітря зростання сигналів будуть однаковими, але матимуть протилежні знаки, то сума цих сигналів буде постійною. Аналітично ці умови можна записати так:

$$\frac{d\mathcal{G}_c}{dt_1} = -\frac{dt_{1c}}{dt_1}; \quad (5)$$

$$\mathcal{G}_c(t_1) + t_{1c}(t_1) = const, \quad (6)$$

де \mathcal{G}_c – сигнал вимірювального перетворювача температури ТАМ; t_{1c} – сигнал вимірювального перетворювача температури зовнішнього повітря.

Для цього виду об'єктів доцільно застосовувати прості дискретні регулятори. Якщо за допомогою вимірювальних перетворювачів виконати умови (5) і (6), то на основі цих залежностей можна проектувати регулятори зарядки ТАМ.

Результати досліджень. Для аналізу і синтезу системи автоматичного регулювання тепловіддачі необхідно знати залежність створюваного ЕТАН теплового потоку від витрати води через канали ТАМ. Але передаточні функції, отримані операційним методом на основі фізико-математичного аналізу процесу тепловіддачі, виявилися трансцендентно-іраціональними із змінними параметрами. Тому, застосовувати їх у практичних розрахунках достатньо складно.

У цьому випадку доцільно використовувати перехідну характеристику, отриману при класичному методі розв'язання диференційного рівняння теплопровідності, а також застосовувати метод суперпозиції. Було прийнято, що при зарядці по всьому об'єму ТАМ діє рівномірно розміщене джерело

тепла, а температура в поперечному перерізі розподіляється за параболічним законом. Тоді рівняння для розрахунку створюваного ЕТАН нестационарного теплового потоку можна записати [4]:

$$P(\theta) = (FB_i \lambda / \delta \sum_{n=1}^{\infty} [(2 / \mu_n^2 - 2 / B_i)(\theta_{ц0} - \theta_{по}) - \theta_{по} - t_0] A_n \cos \mu_n \exp(-\mu_n^2 F_0) + Fq\delta - Fq\delta B_i \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{\mu_n^2}) \cos \mu_n \exp(-\mu_n^2 F_0), \quad (7)$$

де F – площа теплообмінної поверхні ТАМ, м²; B_i – критерій Біо; λ – теплопровідність матеріалу ТАМ, Вт/м²·°С; δ – половина ширини пластини, м; μ_n – корені характеристичного рівняння; $\theta_{ц0}$, $\theta_{по}$ – початкові температури в центрі та на поверхні блоків, °С; t_0 – початкова температура води, °С; F_0 – число Фур'є; q – інтенсивність внутрішнього джерела тепла, Вт/м³; A_n – початковий тепловий потік, Вт:

$$A_n = \frac{2 \sin \mu_n}{\mu_n + \sin \mu_n \cos \mu_n}. \quad (8)$$

Якщо із виразу (7) відрахувати початковий тепловий потік, то отримаємо аналітичний вираз перехідної характеристики ЕТАН по каналу регулювання тепловіддачі.

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 підтримувати частину секцій постійно увімкнутими, а при високих – вимкнутими.

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

Застосування теплоакумулюючих установок дозволить на 20–25 % знизити вартість енергії, яка витрачалася на власні потреби БГУ.

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

Список літератури

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. Энергобереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М.О., Федорейко В.С., Щербань В.П. – Тернопіль: "Підручники і посібники", 2001. – 984 с.
4. Матко П.М. Электротеплоснабжение / П.М. Матко, К.Е. Бибеки. – М.: Энергия, 1971. – 274 с.

Обосновано применение электрических теплоаккумулирующих нагревателей вместо тепловых систем, работающих на биогазе. Рассмотрена методика расчета системы регулирования температурного режима электроаккумулирующей тепловой установки.

Биогазовые установки, ферментация, теплоаккумулирующие электронагреватели, количество теплоты.

Application of electric heaters heat accumulators instead of heating systems that run on biogas. The method of calculating system for regulating temperature of electric heat storage thermal installation.

Biogas plants, fermentation, heat accumulating heaters, amount of heat.

UDC 631.53.027.34

APPLICATION OF THE HALLOYSITE-BASED SORBENT FOR AGRICULTURAL BIOGAS PURIFICATION AND ELONGATION OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE LIFE

J. BOHDZIEWICZ, Ph.D., D.Sc. (Eng.)

Silesian University of Technology in Gliwice, Gliwice, Poland

J. CEBULA, Ph.D., D.Sc. (Eng.)

B. MROWIEC, Ph.D., D.Sc.(Eng)

The University of Bielsko-Biała, Bielsko-Biała, Poland

K. PIOTROWSKI, Ph.D., D.Sc. (Eng.)

Silesian University of Technology in Gliwice, Gliwice, Poland

O. PROKOPENKO, doctor of economics

Sumy State University, Sumy, Ukraine

P. SAKIEWICZ, Ph.D. (Eng.)

Silesian University of Technology in Gliwice, Gliwice, Poland);

J. SOŁTYS, Ph.D. (Eng.)

PTH INTERMARK, Gliwice, Poland

Preliminary research results on sulphur, nitrogen and silicon compounds sorption from biogas produced in a representative small agricultural biogas plant are presented. Applicability of mineral sorbent prepared by the authors based on natural halloysite from Dunino deposit (Poland) was tested. Prototype plant designed for investigation on effectiveness of the S, N and Si compounds removal from biogas was demonstrated. Influence of crude biogas combustion on selected elements of internal combustion engine and exhaust silencer was studied. Chemical composition of deposit formed in internal combustion engine was identified, as well.

Agricultural biogas, halloysite sorbent, sulphur, nitrogen, silicon, impurities removal.

© J. Bohdziewicz, J. Cebula, B. Mrowiec, K. Piotrowski,
O. Prokopenko, P. Sakiewicz, J. Sołtys, 2015