

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

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

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

Обґрунтовано доцільність застосування в системі теплопостачання біогазових установок електротермічного обладнання в поєднанні з теплоакumuлюючими установками.

Постановка проблеми. В біогазових установках органічні речовини розкладаються метановими бактеріями при сприятливих для їх життєдіяльності умовах: відсутності вільного кисню, відповідної температури, високій вологості, достатній кількості азоту та нейтральному середовищі. В сучасних біогазових установках, для підтримання температурного режиму в метантенках, особливо в зимовий період, затрачається майже 70 % виробленого біогазу [1]. Тому, в системі постачання теплової енергії біогазових установок – біогаз, доцільно замінити електричною енергією, із застосуванням термоелектричного обладнання і теплоакumuлюючих установок [2]. Теплоакumuлюючі електронагрівні установки вмикають в електромережу в години провалів добових графіків електронавантажень підстанцій, при цьому, вартість електроенергії в 4 рази дешевша ніж вартість денної електроенергії і в 7 разів дешевша за вартість пікової енергії із 7 по 10 год ранку та 18 до 21 год вечора. Допомогою акumuлювання енергії знімається проблема невідповідності у часі споживання енергії в системі трансформаторної підстанції, перетворювача енергії і біогазової установки. Відбувається вирівнювання графіків навантаження енергосистеми, тобто знімається проблема пікового навантаження. Рідинні акumuлятори тепла належать до найбільш простих і надійних установок, що пов'язано із суміщенням функцій теплоакumuлюючого матеріалу і теплоносія. Такі акumuлятори являють собою теплоізолюваний бак з водою, нагрівання якої здійснюється від теплообмінника, по якому протікає гарячий теплоносій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення ефективності використання теплового акumuлятора вирішальне значення має зменшення втрат теплоти при її зберіганні в навколишнє середовище. Тип і товщину ізоляції теплового акumuлятора визначають за допомогою коефіцієнта теплопередачі k [1], залежно від часу зберігання теплоти $t = t_2 - t_0$ і заданої кінцевої температури теплового акumuлятора в баці θ_2 . Якщо в момент часу t температура акumuлятора θ , то за час dt його температура зменшиться на $d\theta$, що приведе до зміни теплоти на:

$$dQ = mC_\theta d\theta, \quad (1)$$

де m - маса теплоакumuлюючого матеріалу;
 C_θ - теплоємність теплоакumuлюючого матеріалу.

Дана кількість теплоти у виді втрат виходить через огороджуючу поверхню:

$$dQ = kF(\theta - \theta_c) d\theta, \quad (2)$$

де k - коефіцієнт теплопередачі акumuлятора;
 F - поверхня акumuлятора;
 θ_c - температура навколишнього середовища.

Розв'язання рівнянь (1) і (2) дає залежності зміни температури в акumuляторі від його параметрів:

$$\Delta\theta = \Delta\theta_0 \exp\left(-\frac{kF}{mC_\theta} t\right), \quad (3)$$

де $\Delta\theta = \theta - \theta_c$;
 $\Delta\theta_0 = \theta_0 - \theta_c$;
 θ_0 - початкова температура акumuлятора.

Формула (3) застосовується при $\theta_c = const$. Якщо θ_c змінна, то необхідно використовувати середнє значення θ_c , за період часу $t = t_2 - t_0$ і заданої кінцевої температури теплового акumuлятора θ_2 .

Співвідношення $\Delta\theta$ з виразу (3) для моментів часу t_0 і t_2 має вигляд:

$$\frac{\Delta\theta_0}{\Delta\theta_2} = \exp\left[\frac{kF}{mC_\theta} (t_2 - t_0)\right]. \quad (4)$$

З виразу (4) визначимо k :

$$k = \frac{mC_\theta}{F(t_2 - t_0)} \ln \frac{\Delta\theta_0}{\Delta\theta_2}. \quad (5)$$

Як перетворювачі електричної енергії в теплову в біогазових установках доцільно застосовувати прості по будові і надійні в експлуатації електродні водонагрівачі типу ЕПЗ і КЭВЗ.

Мета статті. Запропоновано методику визначення питомого опору води електродних водонагрівачів на основі показів електровимірювальних приладів, які входять в комплект їх поставок, що дозволить підтримувати номінальні параметри роботи електродних водонагрівачів протягом всього періоду експлуатації.

Основні матеріали досліджень. В електродних водонагрівачах теплова енергія утворюється в результаті проходження струму через воду, тому їх потужність P і температуру нагрівання води θ визначають

в залежності від питомого електроопору води ρ . Тому номінальному значенню потужності водонагрівача P_n , буде відповідати певне значення питомого опору ρ , яке при проектуванні водонагрівачів для визначеного району вибирають на основі даних про природні води. Але навіть у близько розташованих джерелах водопостачання значення ρ можуть значно відрізнятися, а у поверхневих вод значення змінюються по сезонах.

Крім того, в початковий період роботи електродних водонагрівачів дуже змінюються фізико-хімічні показники води. Величина ρ збільшується, тому що зменшується вміст солі у воді внаслідок термічного розкладу та випадання в осад солей жорсткості. В замкнутому робочому контурі водонагрівача, в якому втрати теплоносія і додавання сирової води незначні, жорсткість і питомий опір води стабілізуються і в подальшому залишаються постійними [3]. Так, для сирової води з жорсткістю $\gamma = 2,6$ мг. екв./кг через 250 год роботи нагрівача жорсткість встановлювалась на рівні 0,22 мг. екв./кг. Приблизно в середині початкового періоду через 125 год питомий опір води збільшився з 2000 до 4300 Ом·см., тоді як водонагрівачі розраховуються на $\rho_n = 3000$ Ом·см.

Тому, для забезпечення номінальних параметрів роботи електродних водонагрівачів під час експлуатації необхідно приводити питомий опір води до номінального значення. Точне значення питомого опору води можна визначити в спеціальних лабораторіях. У виробничих умовах, виникає потреба спрощеного методу визначення ρ на основі показів контрольно-вимірних приладів, які входять в комплект поставки електродних водонагрівачів.

Під час роботи водонагрівачів контролюються такі параметри: фазна напруга U_ϕ і струм I_ϕ , та температура на вході $\theta_{вх}$ і на виході $\theta_{вих}$.

Фазний струм є функцією двох незалежних змінних: питомого опору води ρ_{20} , при температурі 20°C та середньої температури $\theta_{cp} = \frac{\theta_{вх} + \theta_{вих}}{2}$. При цьому зміну фазного струму можна записати у вигляді:

$$I_\phi = I_n \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (6)$$

де I_n - номінальний струм водонагрівача, А;

k_1, k_2 - поправочні коефіцієнти, які враховують вплив на I_ϕ величин θ_{cp} і ρ .

Для водонагрівачів ЕПЗ і КЭВЗ $\rho_{н.ср}$ і $\rho_{н20}$ є постійними, тому можна визначити значення коефіцієнту k_1 як функцію θ_{cp} [4].

$$k_1 = 0,00975 \cdot (20 + \theta_{cp}), \quad (7)$$

де 0,00975 – постійний коефіцієнт для водонагрівачів ЕПЗ та КЭВЗ.

Таким чином коефіцієнт k_1 є лінійною функцією середньої температури води у водонагрівачі (рис. 1.).

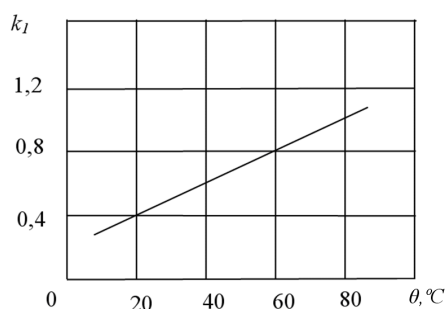


Рисунок 1 – Залежність поправочного коефіцієнта k_1 від середньої температури води у водонагрівачі

Аналогічно можемо записати рівняння для коефіцієнта k_2 .

$$k_2 = \frac{I_\phi}{I_n} = \frac{\rho_{н20}}{\rho_{20}} = \frac{3000}{\rho_{20}}. \quad (8)$$

Розрахункова залежність $k_2 = f(\rho_{20})$ показана на рис. 2.

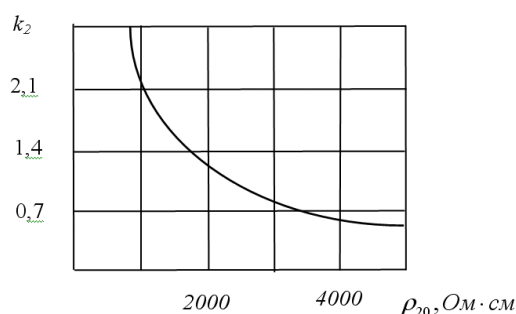


Рисунок 2 – Залежність поправочного коефіцієнта k_2 від питомого опору води ρ_{20} при 20°C

Практичний метод визначення питомого опору води ρ для електродних водонагрівачів є наступним. По фактичному θ_{cp} та графіку (рис. 1) визначаємо значення коефіцієнта k_1 . Потім по показах амперметра I_ϕ та відомому I_n водонагрівача по формулі (6) визначаємо значення k_2 . Тоді за допомогою графіка (рис. 2) можна визначити величину питомого опору води ρ . Експериментальна перевірка наведеного методу (кондуктометр ММЗЧ – 04) показала, що похибка вимірювань не перевищувала $\pm 15\%$. Слід відмітити, що із збільшенням забруднення електродів водонагрівачів, похибка вимірювання ρ збільшується.

В процесі експлуатації водонагрівачів необхідно знати $\rho_{уч.20}$ - усталене, в кінці початкового періоду роботи, після часткового осадження накипоутворювачів, значення питомого опору води при $\theta = 20^\circ\text{C}$. По

ньому можна встановити відповідність води джерела водопостачання водонагрівачу. Якщо його величина вище номінального значення, то необхідно у воду додати хімічні реагенти, а коли менше – дистильовану воду, або конденсат.

Величину питомого опору води ρ можна зменшити якщо у воду додати солі (г).

$$\chi = (S_H - S_{уст}) \cdot Q, \quad (9)$$

де χ - кількість гр. солі, що добавляється у воду;

$S_H, S_{уст}$ - вміст солі у воді, що відповідає номінальному та усталеному в кінці початкового періоду роботи значенням $\rho, \frac{g}{m^3}$;

Q – об'єм води замкнутої системи, в якій працює водонагрівач, m^3 . Оскільки величини:

$$S_H = \frac{K}{\rho_{н20}}, S_{уст} = \frac{K}{\rho_{уст.20}}, \quad (10)$$

де k – постійний коефіцієнт, $\frac{Om \cdot cm \cdot z}{m^3}$, то:

$$\chi = \frac{K}{\rho_{н20}} \left(1 - \frac{\rho_{н20}}{\rho_{уст.20}} \right) \quad (11)$$

Щоб на електродах зменшити корозію і накипостворення для підсолювання води у водонагрівачах доцільно застосовувати кальциновану соду Na_2CO_3 , в якій $K = 5,39 \cdot 10^5 \frac{Om \cdot cm \cdot z}{m^3}$ [5].

Тоді для електродних водонагрівачів ЕПЗ і КЭВЗ.

$$\chi = 180 \cdot \left(1 - \frac{3000}{\rho_{уст.20}} \right) \cdot Q. \quad (12)$$

Коли необхідно збільшити ρ , потрібно додати в систему воду з високим питомим опором, об'єм, якої в літрах визначимо:

$$Y = \frac{1000\chi_1}{S_{уст}}, \quad (13)$$

де χ_1 - надлишок солей у воді, г.

Після заміни χ_1 його виразом по формулі (9) із від'ємним знаком та з врахуванням співвідношення (10) отримаємо:

$$Y = 1000 \left(1 - \frac{\rho_{уст.20}}{3000} \right) \cdot Q. \quad (14)$$

При підсолюванні води Na_2CO_3 доцільно вводити у виді концентрованого водного розчину. При опріснюванні частину води рівну кількості води, яка буде додаватись, потрібно забрати з системи.

Висновки.

1. Обґрунтовано доцільність застосування в системі тепlopостачання біогазових установок електротермічного обладнання в поєднанні з теплоакмулюючими установками.

2. Запропоновано простий метод визначення питомого опору води, на основі показів вимірювальних приладів електродних водонагрівачів, які працюють по замкнутій системі тепlopостачання.

3. Регулювання питомого опору води замкнутих систем дозволить забезпечити роботу водонагрівачів в режимах близьких до номінального.

Список використаних джерел

1. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 974 с.

2. Павліський В. М. Удосконалення системи експлуатації електротермічного обладнання біогазових установок / В. М. Павліський, В. Г. Подобайло, М. В. Потапенко. // Вісник Тернопільського державного технічного університету – 2008. – Т.13. – №3. – С. 144 – 148.

3. Казимир А. П. Эксплуатация электротермических установок в сельскохозяйственном производстве / А. П. Казимир, И. Е. Керпельова – М.: Россельхозиздат, 1984 – 208 с.

4. Подобайло В. Г. Застосування електротермічного обладнання для тепlopостачання біогазових установок / В. Г. Подобайло, М. В. Потапенко, Г. С. Захарків. // Науковий вісник НУБіП України – 2009. – №139. – С. 205 – 210.

5. Кульский Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды / Л. А. Кульский. – К.: Наукова думка, 1983. – 528 с.

Аннотация

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

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

Обосновано целесообразность использования в системе теплоснабжения биогазовых установок электротермического оборудования в совокупности с теплоаккумуляционными установками.

Abstract

ENERGY EFFICIENT SYSTEM FOR HEATING OF BIOGAS INSTALLATION

V. Podobaylo, M. Potapenko, N. Semenova

The article explores the expediency of application in the heating system of biogas installation of electrothermal equipment in combination with the heat storage equipment.