

- ЕНЕРГОСИСТЕМА: управління, конкуренція, освіта. — Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. — Т. 1. — Режим доступу: \www/URL: http://looking-at.me/load/biblioteka/dokumenty/ehnergositema_upravlenie_konkurencija_obrazovanie/9-1-0-85
15. Шевелева, Л. В. Современная концепция модульного обучения в системе дополнительного профессионального образования [Текст] / Л. В. Шевелева, Т. Ю. Белова // Ползуновский вестник. — 2010. — № 4/2. — С. 24–25.
 16. Обучение как инвестиция [Электронный ресурс]. — Режим доступу: \www/URL: <http://www.companion.ua/articles/content?id=280643>. — 11.03.2014
 17. Проектирование комплексов учебно-методических материалов [Электронный ресурс] / Самарский ЦНИТ СГАУ. — Режим доступу: \www/URL: http://cnit.ssau.ru/ito/modul_3/m3_2.htm

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ

В работе проведен анализ основных проблем, существующих в профессиональном образовании Украины, следствием которых является низкий уровень подготовки специалистов, не удовлетворяющий потребности работодателей в области электроэнергетики. Результатами работы являются исследования основных задач улучшения качества профессионального образования и путей их решения. Рассмотрены существующие

положительные примеры, которые внедряются в Украине и за рубежом странах.

Ключевые слова: электроэнергетика, высшее образование, работодатель, качество образования, профессиональный стандарт, научно-техническая деятельность.

Полковніченко Дмитро Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електричних систем, ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Україна, e-mail: 73pdt@mail.ru.
Москвіна Ірина Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра методики викладання фізико-математичних дисциплін та інформаційних технологій у навчанні, Бердянський державний педагогічний університет, Україна, e-mail: iriwka-gt@inbox.ru.

Полковниченко Дмитрий Викторович, кандидат технических наук, доцент, кафедра электрических систем, ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Украина.

Москвина Ирина Игоревна, кандидат технических наук, доцент, кафедра преподавания физико-математических дисциплин и информационных технологий в обучении, Бердянский государственный педагогический университет, Украина.

Polkovnichenko Dmitry, Donetsk National Technical University, Ukraine, e-mail: 73pdt@mail.ru.

Moskva Irina, Berdyansk State Pedagogical University, Ukraine, e-mail: iriwka-gt@inbox.ru

УДК 621.182.2.001.57

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.37190

Чайковська Є. Є.,
Молодковець Б. І.

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДТРИМКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ У СКЛАДІ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

В роботі на основі запропонованої когенераційної системи розроблено метод підтримки функціонування біогазової установки на рівні прийняття рішень. Прогнозування зміни температури зброджування дозволяє використовувати зброджене сушло в якості низькопотенційного джерела енергії для теплового насоса щодо встановлення температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник, вбудований в метантенк, при вимірюванні температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника.

Ключові слова: когенераційна система, біогазова установка, тепловий насос.

1. Вступ

Згідно Законам України № 75/94-ВР «Про енергозбереження» та № 1220/VI «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» важливим елементом в економії паливно-енергетичних ресурсів та зниженні антропогенного впливу енергетики на довкілля є впровадження нових енергозберігаючих технологій з використанням альтернативної енергетики як «екологічно чистої і без паливної підгалузі енергетики». Однією з переваг когенераційних технологій є можливість використання біогазу як альтернативного джерела енергії щодо виробництва як електроенергії, так і теплоти. Цілодобове функціонування біогазових установок при неперервному виходу біогазу із-за складності підтримки процесу зброджування та ви-

значення точного терміну зміни потоків збродженого та свіжого матеріалу, відключення когенераційних установок в години найменшого споживання потребує додаткового обладнання для збродженої сировини та зберігання біогазу. Більш того, на підтримку процесу зброджування витрачають до 20–30 % виробленої енергії, а зброджене сушло, що має достатній енергетичний потенціал не використовують у якості низькопотенційного джерела енергії. Цим обґрунтовується актуальність даної роботи.

2. Постановка проблеми на основі літературних джерел

Існують різні засоби удосконалення когенераційних технологій, що мають у своєму складі основні складові:

первинний двигун, електрогенератор, систему утилізації теплоти, систему контролю й управління [1, 2]. Так, наприклад, в роботі [1] на основі ексергетичного аналізу встановлена термодинамічна досконалість теплової схеми когенераційної установки для децентралізованого теплопостачання при використанні продуктів згоряння в котельній камері теплогенератора за рахунок зменшення кількості спалюваного твердого палива. Теплові насоси у складі когенераційних систем, що виконують підтримку співвідношення виробництва електричної енергії та теплоти, не мають зв'язку з виробництвом біогазу, не використовують зброджений матеріал у якості низькопотенційного джерела енергії [3]. Так, наприклад, в роботі [4] запропоновано перспективні напрямки підвищення ефективності когенераційних технологій за рахунок впровадження інтегрованих систем енергопостачання. Викладено методику комплексної оптимізації і критерії оцінки ефективності інтегрованої системи з тепловим насосом, визначені допустимі межі співвідношення теплового та електричного навантаження споживачів в залежності від головних експлуатаційних показників.

Але умови когенерації при використанні біогазу ускладнені непостійним виходом біогазу, що вимагає додаткових ємностей газгольдерів, додаткових баків для збродженої сировини, витрат на підтримку процесу збродження, що складають до 20–30% виробленої енергії, інтенсифікації теплообміну, т. ін. [5, 6]. Це відбувається тому, що підтримку процесу збродження виконують з вимірюванням температури збродження щодо зміни витрати свіжого суслу [7]. Використання ж цієї оцінки ускладнено через значну теплову акумулюючу ємність суслу. Зміна витрати суслу не підтримує необхідний баланс потоків свіжого та збродженого матеріалу для отримання постійного виходу біогазу, а використання зміни витрати теплоносія, що гріє, може порушити активність процесу збродження. При безперервному функціонуванні біогазової установки в зв'язку із залежністю температури свіжого суслу, що завантажують, від температури навколишнього середовища складно визначити точний термін відвантаження збродженого суслу та завантаження еквівалентної витрати свіжого матеріалу, що виконують через 4–6 годин на добу. Більш того, складно запобігти зменшенню температурного впливу свіжого суслу на температуру збродження при завантаженні. Так, наприклад, з цією ціллю запропоновано збільшення інтенсивності перемішування, збільшення планового терміну збродження, т. ін. [8, 9], що не дозволяє в повній мірі визначити точний термін зміни потоків збродженої сировини та свіжого матеріалу.

3. Об'єкт, мета та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — когенераційні системи з використанням біогазу.

Мета роботи — розробка методу підтримки функціонування біогазової установки у складі когенераційної системи.

Поставлена мета може бути досягнена при виконанні таких задач:

- обґрунтувати необхідність підтримки процесу збродження у складі когенераційної системи на основі теплового насоса, що використовує у якості низькопотенційного джерела енергії зброжене сусло;

- запропонувати архітектуру когенераційної системи, що має у своєму складі основу — динамічну підсистему, яка включає когенераційну установку, біогазову установку, тепловий насос та блоки заряду, розряду та оцінки функціональної ефективності, що знаходяться в узгодженій взаємодії з динамічною підсистемою;

- виконати комплексне моделювання динаміки біогазової установки та теплообмінника, вбудованого в метантенк, щодо встановлення рівнів зміни температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник та на виході з теплообмінника для використання теплового насоса з ціллю підтримки функціонування біогазової установки на рівні прийняття рішень;

- розробити системи контролю працездатності та ідентифікації стану біогазової установки на основі логічного моделювання у складі когенераційної системи;

- оцінити практичну значущість здобутих результатів.

4. Метод підтримки функціонування біогазової установки у складі когенераційної системи

На основі методологічного та математичного обґрунтування архітектури технологічних систем [10, 11] запропонована архітектура когенераційної системи, основою якої є інтегрована динамічна підсистема — когенераційна установка, біогазова установка, тепловий насос, що використовує зброжене сусло у якості низькопотенційного джерела енергії та блоки розряду, заряду, оцінки функціональної ефективності (рис. 1) [12].

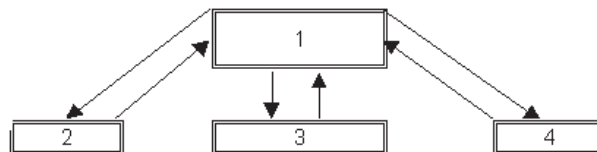


Рис. 1. Архітектура когенераційної системи: 1 — динамічна підсистема (когенераційна установка, біогазова установка, тепловий насос); 2 — блок розряду; 3 — блок заряду; 4 — блок оцінки функціональної ефективності

Математичне обґрунтування архітектури когенераційної системи:

$$CS = ((D(P(\tau)(x_0(\tau), x_1(\tau), x_2(\tau), f(\tau), K(\tau), y(\tau), d(\tau)), R(\tau), P(\tau))), R(\tau), (P_i(\tau)(x_i(\tau), f_i(\tau), K_i(\tau), y_i(\tau))))).$$

де CS — когенераційна система; D — динамічна підсистема (когенераційна установка, біогазова установка, тепловий насос); P — властивості елементів когенераційної системи; x — впливи; f — параметри, що діагностуються; K — коефіцієнти математичного опису; y — вихідні параметри; d — динамічні параметри; R — логічні відносини в CS ; τ — час, с. Індекси: i — число елементів когенераційної системи; 0, 1, 2 — початковий стаціонарний режим, зовнішній, внутрішній характер впливів.

Система диференціальних рівнянь, що описує зміну температури збродження як у часі, так і вздовж просторової координати осі теплообмінника, вбудованого в метантенк, що співпадає з напрямком потоку руху середовища, включає рівняння стану щодо фізичної моделі

біогазової установки, рівняння енергії передавального середовища – теплоносія, що гріє, рівняння енергії сприймаючого середовища – суслу та рівняння теплового балансу для стінки теплообмінника, вбудованого в метантенк [10, 11]. В результаті реалізації системи нелінійних диференціальних рівнянь отримана передатна функція за каналом: «температура зброджування – температура теплоносія, що гріє» для підтримки функціонування біогазової установки:

$$W_{t-\vartheta_1} = \frac{K_3 \varepsilon (1 - L_3^*)}{L_b \beta \gamma} (1 - e^{-\gamma_1 \xi}),$$

де

$$K_3 = \frac{m(\theta_0 - \sigma_0)}{G_{30}}; \quad \varepsilon = \frac{\alpha_{30} h_{30}}{\alpha_{b0} h_{b0}}; \quad L_3^* = \frac{1}{L_3 + 1};$$

$$L_3 = \frac{G_3 C_3}{\alpha_{30} h_{30}}; \quad L_b = \frac{G_b C_b}{\alpha_{b0} h_{b0}}; \quad \beta = T_M S + \varepsilon^* + 1;$$

$$T_M = \frac{g_M C_M}{\alpha_{b0} h_{b0}}; \quad \varepsilon^* = \varepsilon(1 - L_3^*); \quad \gamma = \frac{(T_b S + 1)\beta - 1}{L_b \beta};$$

$$T_b = \frac{g_b C_b}{\alpha_{b0} h_{b0}}; \quad L_b = \frac{G_b C_b}{\alpha_{b0} h_{b0}}; \quad \gamma_1 = \frac{(T_b S + 1)\beta - 1}{\beta}; \quad \xi = \frac{z}{L_b},$$

де t, σ, θ – температура зброджування, теплоносія, що гріє, стінки теплообмінника, К, відповідно; G – витрата речовини, кг/с; C – питома теплоємність, кДж/(кг · К); α – коефіцієнт тепловіддачі, кВт/(м² · К); h – питома поверхня, м²/м; g – питома маса речовини, кг/м; z – координата довжини теплообмінника, м; T_b, T_M – постійні часу, що характеризують теплову акумулюючу здатність суслу, метала, с, відповідно; m – показник залежності коефіцієнта тепловіддачі від витрати; S – параметр перетворення Лапласа; $S = \omega j$; ω – частота, 1/с. Індокси: в – внутрішній потік – сусло; м – металева стінка; з – зовнішній потік – теплоносій, що гріє; 0, 1 – початкові умови, вхід в теплообмінник, відповідно.

Для використання передатної функції у складі комплексного моделювання динаміки біогазової установки та теплообмінника, вбудованого в метантенк, виділено дійсну частину, $O(\omega)$, що має такий вид:

$$O(\omega) = \frac{(L_1 A_1) + (M_1 B_1) K_3 \varepsilon (1 - L_3^*)}{(A_1^2 + B_1^2)}.$$

Температура поділяючої стінки θ , що входить до складу коефіцієнта K_3 :

$$\theta = (\alpha_b (\sigma_1 + \sigma_2) / 2) + (A(t_1 + t_2) / 2) / (\alpha_b + A),$$

де σ_1, σ_2 – температура теплоносія, що гріє, на вході, та на виході із теплообмінника, К, відповідно, де $A = 1 / (\delta_m / \lambda_m + 1 / \alpha_a)$, де δ – товщина стінки теплообмінника, м; α – коефіцієнт тепловіддачі, кВт/(м² · К); λ – теплопровідність металу стінки теплообмінника, кВт/(м · К); t_1, t_2 – температура суслу, що зброджується на вході та на виході з біогазової установки, К, відповідно. Індокси: в – внутрішній потік – сусло, з – зовнішній потік – теплоносій, що гріє.

Для одержання коефіцієнтів у складі дійсної частини $O(\omega)$ здобуто такі вирази:

$$A_1 = \varepsilon^* - T_b T_M \omega^2; \quad A_2 = \varepsilon^* + 1; \quad B_1 = T_b \varepsilon \omega + T_b \omega + T_M \omega;$$

$$B_2 = T_M \omega; \quad C_1 = \frac{(A_1 A_2) + (B_1 B_2)}{(A_2^2 + B_2^2)}; \quad D_1 = \frac{(A_2 B_1) - (A_1 B_2)}{(A_2^2 + B_2^2)};$$

$$L_1 = 1 - e^{-\zeta C_1} \cos(-\xi D_1); \quad M_1 = -e^{-\zeta C_1} \sin(-\xi D_1).$$

З використанням інтеграла переходу з частотної області до області часу зміна температури зброджування як за часом, так і вздовж просторової координати осі теплообмінника, вбудованого в метантенк, визначена так:

$$t(\tau, z) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\infty O(\omega) \sin(\tau \omega / \omega) d\omega,$$

де τ – час, с.

Так, наприклад, для біогазової установки, що виробляє 352,5 м³/добу біогазу в межах зміни температури теплоносія, що гріє на вході в теплообмінник, вбудований в метантенк, 55–45 °С встановлені наступні рівні функціонування щодо зміни температури теплоносія, що гріє на вході в теплообмінник та на виході з теплообмінника, відповідно: перший рівень – 55–44,15 °С; другий рівень – 52,1–43,06 °С; третій рівень – 49,9–42,3 °С; четвертий рівень – 47,5–41,35 °С; п'ятий рівень – 45–40,3 °С. Температура суслу на вході в біогазову установку в залежності від температури оточуючого середовища: 5 °С, 10 °С, 14 °С, 18 °С, 22 °С, відповідно. Результати комплексного моделювання динаміки біогазової установки та теплообмінника, вбудованого в метантенк, щодо підтримки температури зброджування в межах 34–36 °С представлені в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Параметри теплообміну в метантенку

Рівні функціонування	Параметр		
	$\alpha_b, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_a, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Перший рівень	1148,24	631,14	397,56
Другий рівень	1134,63	614,69	389,38
Третій рівень	1124,73	595,41	380,43
Четвертий рівень	1113,65	575,2	370,85
П'ятий рівень	1102,1	548,86	358,51

Примітка: α_a – коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінки теплообмінника, Вт/(м² · К); α_b – коефіцієнт тепловіддачі від стінки теплообмінника до суслу, Вт/(м² · К); k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м² · К)

Таблиця 2

Значення постійних часу та коефіцієнтів математичної моделі динаміки біогазової установки

Рівні функціонування	$T_b, \text{с}$	$T_M, \text{с}$	ε	ε^*	ζ	$L_b, \text{м}$	$L_3, \text{м}$	L_3^*
Перший рівень	99,57	14,75	1,63	1,47	1,76	5,36	9,11	0,099
Другий рівень	102,23	15,15	1,65	1,49	1,72	5,51	9,22	0,098
Третій рівень	105,54	15,64	1,69	1,53	1,66	5,69	9,3	0,097
Четвертий рівень	109,25	16,19	1,73	1,57	1,6	5,89	9,39	0,096
П'ятий рівень	114,49	16,96	1,8	1,63	1,53	6,17	9,49	0,095

З використанням результатів комплексного моделювання динаміки біогазової установки, теплообмінника, вбудованого в метантенк, та з використанням метода графа причинно-наслідкових зв'язків [10, 11] можливо отримати таку підсумкову інформацію щодо оцінки зміни температури зброджування, наприклад, при розряді при зменшенні температури теплоносія, що гріє на виході з теплообмінника, що вимірюється:

$$(CT_c(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{ст. розр. верх.}(\tau) < \Delta t_{розр. рив.}(\tau) / \Delta t_{ст. розр. верх.}(\tau)) > 0).$$

Так, наприклад, при функціонуванні біогазової установки в четвертому рівні зменшення температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника до 40 °С потребує прийняття рішення на зміну температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник з використанням теплового насоса до 45 °С для переходу на п'ятий рівень функціонування біогазової установки (рис. 2).

Здобута ж підсумкова інформація щодо оцінки зміни температури зброджування:

$$(CT_c(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{ст. розр. верх.}(\tau) \leq 0)),$$

при функціонуванні біогазової установки в межах п'ятого рівня свідчить про неможливість підтримки температури зброджування від 34 °С до 36 °С, бо температура теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника зменшилась до 37,04 °С.

Такі умови потребують прийняття рішення на відвантаження зброженого сула (рис. 3).

Завершення процесу завантаження свіжого матеріалу відбувається при входженні температури зброджування в допуск першого рівня функціонування біогазової установки щодо здобуття наступної інформації:

$$(CT_c(\tau)(\Delta t(\tau) / \Delta t_{ст. розр. верх.}(\tau) \leq 1)),$$

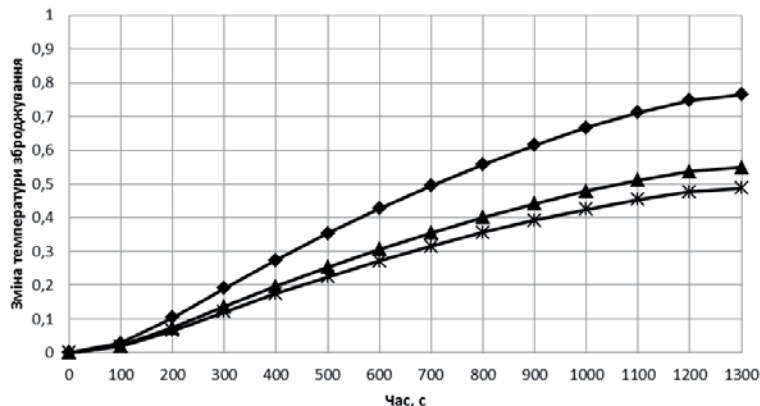


Рис. 2. Зміна температури зброджування щодо переходу з четвертого рівня функціонування на п'ятий рівень: —◆— еталон четвертого рівня функціонування; —*— прийняття рішення та підтвердження нових умов функціонування; —▲— еталон п'ятого рівня функціонування

тобто при підвищенні температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник до 55 °С з використанням теплового насоса (рис. 4), де *СТ* — контроль події; *P* — властивості інтегрованої динамічної підсистеми; *t* — температура зброджування, °С; *τ* — час, с. Індокси: *c* — контроль працездатності; розр. рив. — розрахункове значення температури зброджування рівня функціонування; ст., розр., верх. — стале, розрахункове значення температури зброджування першого рівня функціонування.

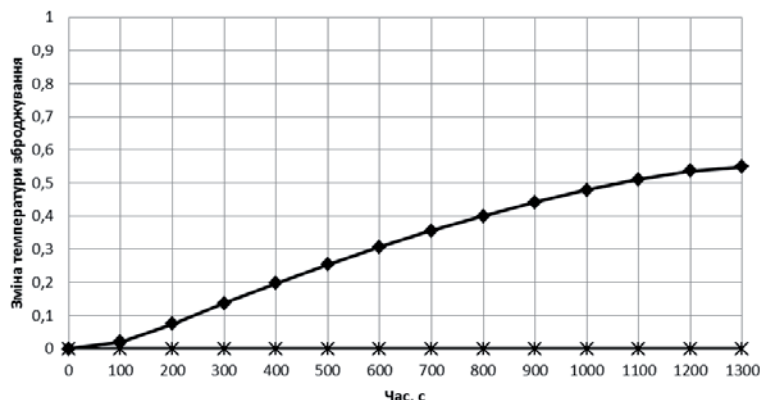


Рис. 3. Зміна температури зброджування щодо відвантаження зброженого сула: —◆— еталон п'ятого рівня функціонування; —*— прийняття рішення на відвантаження та підтвердження нових умов функціонування

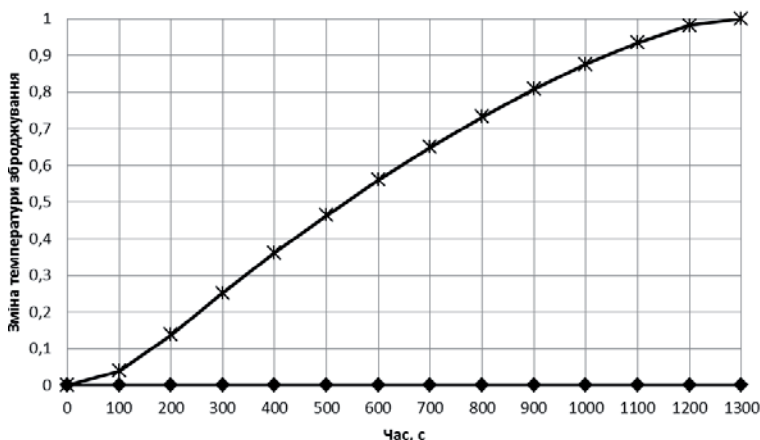


Рис. 4. Зміна температури зброджування щодо завантаження свіжого матеріалу: —◆— прийняття рішення на завантаження свіжого матеріалу та ідентифікація нових умов функціонування; —*— еталон першого рівня функціонування

Для підтримки функціонування біогазової установки у складі когенераційної системи можливо рекомендувати тепловий насос із спіральним компресором щодо гнучкого частотного регулювання для встановлення температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник, вбудований в метантенк.

4. Обговорення результатів дослідження щодо методу підтримки функціонування біогазової установки у складі когенераційної системи

В результаті проведених досліджень у складі запропонованої когенераційної

системи розроблена система підтримки функціонування біогазової установки на рівні прийняття рішень з використанням зброженого суслу у якості низькопотенційного джерела енергії для теплового насоса. На основі комплексного моделювання динаміки біогазової установки та теплообмінника, вбудованого в метантенк, встановлено зміну температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник та на виході з теплообмінника. Здобута аналітична оцінка зміни температури зброження в зв'язку із недостовірним використанням виміру із-за значної теплової акумулюючої ємності суслу. Запропоновано вимірювання температури теплоносія, що гріє на виході з теплообмінника, вбудованого в метантенк, зміна якої відбувається раніше, ніж зміна температура зброження. Це надає можливість приймати упереджені рішення на зміну температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник з використанням теплового насоса до зміни температури зброження. Здобуття постійного виходу біогазу на основі встановлення точного терміну відвантаження зброженого суслу та завантаження свіжого матеріалу забезпечує безперервне функціонування когенераційної системи без додаткових газгольдерів та баків для зброженої сировини. Розроблений метод за рахунок ресурсо- та енергосбереження надає можливість збільшити товарність біогазової установки, зменшити собівартість виробництва електричної енергії та теплоти, здобути економію умовного палива та грошовий прибуток за рахунок додатково виробленої енергії. Представлені дослідження, що є продовженням роботи в напрямку узгодження виробництва та споживання біогазу [10, 11], можуть бути використані для підтримки функціонування біогазової установки, наприклад, об'ємом 365 м³, що виробляє 352,5 м³/добу біогазу для когенераційної установки потужністю 112 кВт. Запланована апробація здобутих результати в умовах когенераційних систем різної потужності з використанням теплових насосів різних типів.

5. Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Когенераційні технології з використанням біогазу потребують розробки методу підтримки функціонування біогазової установки щодо узгодження виробництва та споживання енергії в умовах енергосбереження.
2. Запропоновано архітектуру когенераційної системи, що має основу — динамічну підсистему з використанням когенераційної установки, біогазової установки та теплового насоса.
3. Виконано комплексне моделювання динаміки біогазової установки та теплообмінника, вбудованого в метантенк, для оцінки рівнів зміни температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник та на виході з теплообмінника.
4. Розроблені системи контролю працездатності та ідентифікації стану біогазової установки щодо підтримки процесу зброжування та виконання своєчасного відвантаження зброженого матеріалу та завантаження свіжого суслу.
5. При виробництві, наприклад, 352,5 м³/добу біогазу можливо здобути економію біогазу 25,4 тис. м³/рік, що при підвищенні товарності біогазової установки на 13,94 % надає можливість знизити собівартість виробництва електроенергії та теплоти в межах 20–30 %.

Річна економія енергії в одиницях умовного палива складає 19,5 т. у. п., а грошовий еквівалент додатково виробленої енергії — близько 100 тис. грн./рік.

Література

1. Дмитроченкова, Е. І. Аналіз ексергетичної ефективності когенераційних установок на базі двигуна внутрішнього згорання і котлоагрегату на твердому паливі [Текст] / Е. І. Дмитроченкова // Сучасне промислове та цивільне будівництво. — 2013. — Т. 9, № 2. — С. 97–104.
2. Doseva, N. Advanced exergetic analysis of cogeneration system with a biogas engine [Text] / N. Doseva // 14th SGEM GeoConference on Energy and Clean Technologies Conference Proceedings, 2014 June 19–25. — 2014. — Vol. 1. — P. 11–18. doi:10.5593/sgem2014/b41/s17.002
3. Билека, Б. Д. Когенерационно-теплонасосные технологии в схемах горячего водоснабжения большой мощности [Текст] / Б. Д. Билека, Л. К. Гаркуша // Промышленная теплотехника. — 2012. — Т. 34, № 4. — С. 52–57.
4. Баласанян, Г. А. Эффективность интегрированных систем энергоснабжения на базе установок когенерации и альтернативных источников теплоты [Текст] / Г. А. Баласанян // Промышленная теплотехника. — 2007. — Т. 29, № 3. — С. 80–88.
5. Moedinger, F. Innovative Biogas Multi-Stage Biogas Plant and Novel Analytical System [Text] / F. Moedinger, F. Ast, M. Ragazzi, P. Foladori, E. C. Rada, R. Binnig // Energy Procedia. — 2012. — Vol. 18. — P. 672–680. doi:10.1016/j.egypro.2012.05.082
6. Ратушняк, Г. С. Моделирование процессов теплообмена при вибрационном влиянии в многокомпонентных смесях биореакторов [Текст] / Г. С. Ратушняк, В. В. Деджула // Научные работы ВНТУ. — 2008. — № 1. — С. 1–5.
7. Ратушняк, Г. С. Моделирование нестационарных режимов теплообмена в биогазовых реакторах [Текст] / Г. С. Ратушняк, В. В. Деджула, К. В. Анохина // Вісник Хмельницького національного університету. — 2010. — № 2. — С. 142–145.
8. Колтакова, Н. И. Повышение процентного содержания метана и увеличение выхода биогаза [Текст] / Н. И. Колтакова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. — 2011. — № 51. — С. 139–144.
9. Чеботарева, О. В. Температурный режим сбрасываемой массы при загрузке в метантенк свежей порции отходов [Текст] / О. В. Чеботарева, В. А. Сербин, Н. В. Колосова // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. — 2013. — № 5(103). — С. 26–29.
10. Чайковская, Е. Е. Оптимизация энергетических систем на уровне принятия решений [Текст] / Е. Е. Чайковская // Промышленная теплотехника. — 2013. — Т. 35, № 7. — С. 169–173.
11. Чайковська, Є. Є. Технологічна система виробництва та споживання біогазу [Текст] / Є. Є. Чайковська // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2014. — № 4/8(70). — С. 50–57. doi:10.15587/1729-4061.2014.26267
12. Молодковець, Б. І. Енергосберігаюча технологія виробництва біогазу на основі теплового насоса [Текст]: зб. роб. / Б. І. Молодковець // Матеріали Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузі «Електротехніка та електромеханіка». — Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2014. — С. 16–18.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПОДДЕРЖКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ В СОСТАВЕ КОГЕНЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В работе на основе предложенной когенерационной системы разработан метод поддержки функционирования биогазовой установки на уровне принятия решений. Прогнозирование изменения температуры сбрасывания позволяет использовать сброженное сусло в качестве низькопотенциального источника энергии для теплового насоса для установления температуры греющего теплоносителя на входе в теплообменник, встроенный в метантенк, при измерении температуры греющего теплоносителя на выходе из теплообменника.

Ключевые слова: когенерационная система, биогазовая установка, тепловой насос.

Чайковська Євгенія Євстафіївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент, кафедра теоретичної,

загальної та нетрадиційної енергетики, Одеський національний політехнічний університет, Україна,
e-mail: eechaikovskaya@gmail.com.

Молодковець Богдан Іванович, кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: mrbohdan@gmail.com.

Чайковская Евгения Евстафьевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент, кафедра теоретической,

общей и нетрадиционной энергетики, Одесский национальный политехнический университет, Украина.

Молодковець Богдан Іванович, кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Chaikovskaya Eugene, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com.

Molodkovets Bogdan, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: mrbohdan@gmail.com

УДК 697.112.2

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.37202

Овчаров С. В.,
Стребков А. А.,
Буряк А. В.

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ И КОММУНАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

В статье рассмотрена проблема создания комбинированной системы отопления жилых домов и коммунальных объектов в сельской местности, альтернативной системе отопления при использовании природного газа. Проведен поиск возможных вариантов источников энергии, разработана методика оптимизации режима работы комбинированной системы отопления. Для этого определено необходимое количество энергии и составлен алгоритм работы системы автоматизации.

Ключевые слова: отопление, комбинированная система, источники энергии, автоматизация, алгоритм.

1. Введение

В Украине существует народно-хозяйственная проблема энергосбережения. Суть проблемы заключается в том, что собственными энергетическими ресурсами Украина обеспечена примерно лишь на 40 %. Одним из существенных потребителей энергии является жилищно-коммунальный сектор, который потребляет более 30 % покупаемого и добываемого природного газа на нужды теплоснабжения.

Закон Украины «Про енергозбереження» [1] и Программа Кабинета Министров [2] предполагают с целью экономии энергетических ресурсов оптимальное их использование и поиск альтернативных источников тепла для потребителей жилищно-коммунального сектора.

При теплоснабжении жилищно-коммунального сектора от централизованных источников большое количество тепловой энергии теряется в тепловых сетях, а также на транспортировку теплоносителя (например, горячей воды).

Поэтому одним из возможных направлений экономии энергии на цели отопления является разработка индивидуальных систем отопления, как для отдельных коммунальных объектов, так и для отдельных жилых домов или квартир. В этом случае остается нерешенным вопрос выбора источника энергии (природного газа, электрической энергии, твердого топлива), так как стоимость единиц указанной энергии зависит от величины ее потребления в течение месяца (для электрической) и с начала года (для газа), а также рыночной стоимости твердого топлива.

Поэтому в сельской местности необходима разработка комбинированной системы теплоснабжения жилых домов и коммунальных объектов.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Сегодня учеными в отрасли теплоснабжения разрабатываются и исследуются несколько направлений решения поставленной проблемы.

При централизованном теплоснабжении многоквартирных жилых домов:

- установка электрических котельных с аккумулярованием тепла в ночной период;
- установка модульных котельных на твердом топливе;
- использование энергоустановок на альтернативном топливе [3, 4];
- комбинированное использование гелиосистем с тепловыми насосами.

При децентрализованном теплоснабжении многоквартирных жилых домов:

- использование электрического отопления с аккумулярованием тепла в ночной период;
- использование энергоустановок с альтернативными источниками энергии;
- интегрированное использование существующих и разнородных возобновляемых источников с компенсирующими возможностями дефицита друг друга [5, 6].