

КОНТРОЛЬ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА БІОДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ

Є. Є. ЧАЙКОВСЬКА*, Н. О. МАТВИЄНКО

Кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, Одеський національний політехнічний університет, Одеса, УКРАЇНА

*email: eechaikovskaya@gmail.com

АНОТАЦІЯ Запропонована інтегрована система підтримки температури місцевої води при вимірюванні температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника контура охолодження двигуна. Прийняття рішень на зміну кількості пластин теплообмінника надає можливість підтримувати співвідношення виробництва електричної енергії та теплоти при використанні підігріву масла теплою біодизелею. Такий підхід дозволяє, наприклад, в умовах функціонування когенераційної системи номінальною потужністю 451 кВт знизити собівартість виробництва енергії в межах 20–30 %.

Ключові слова: когенераційна установка; біодизельне паливо; контроль працездатності; прийняття рішень.

CONTROL WORKING ABILITY OF THE COGENERATION SYSTEM ON BIODIESEL FUEL

E. CHAIKOVSKAYA *, N. MATVIENKO

Department of Theoretical, general and alternative energy, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

ABSTRACT The proposed architecture of the cogeneration system, which is the basis integrated dynamic subsystem – cogeneration plant, heat exchanger cooling circuit of the engine, biodiesel plant, heat exchanger heating oil heat biodiesel and power, charge, discharge, assessment of functional performance that are agreed upon interaction with dynamic subsystem. Complex mathematical modeling speakers exchanger cooling circuit of the engine allows define tolerances to temperature change local water levels established for the operation. A complex mathematical and logical modeling efficiency cogeneration control system for obtaining functional evaluation of local water temperature changes. Block diagram of temperature maintenance of local water-level decision-making to determine the final information on the decision to change the number plates of the heat exchanger by comparing the coolant temperature, the heating, the outlet of the heat exchanger cooling circuit of the engine, measured from the reference value. The proposed integrated system of support for local water temperature when measured coolant temperature, the heating, the outlet of the heat exchanger cooling circuit of the engine. Deciding to change the number plate heat exchanger allows you to maintain the ratio of production of electricity and heat using heating oil heat biodiesel. Ensured continuous operation of the cogeneration system to be able to develop additional energy savings gained equivalent fuel and cash income. The presented research is a continuation of work towards harmonization of production and consumption of biofuels can be used for cogeneration systems with different power related performance biodiesel plants in their composition. This approach allows, for example, in terms of functioning cogeneration system nominal capacity of 451 kW reduce the cost of energy production within 20-30%.

Keywords: cogeneration plant; biodiesel; control of operation; making decisions.

Вступ

В умовах ресурсо та енергозбереження основною перевагою когенераційних технологій щодо виробництва електричної енергії та теплоти від одного первинного джерела енергії є можливість використання біопалива як відновлюваного джерела енергії [1,2]. Більш того, реалізація виробленої енергії за “зеленим тарифом” є достатньо стимулюючим фактором щодо удосконалення систем підтримки співвідношення виробництва електричної енергії та теплоти при не постійності їх споживання [2]. При виробництві біодизелю застосовують як традиційні, так і новітні технології. Так, наприклад, в ультразвукових реакторах інтенсифікація тепломасообміну процесу етерифікації дозволяє зменшити кількісний склад допоміжних речовин та скоротити термін виходу біодизелю, але значно здорожує виробництво [3]. Роторно-

пульсаційні апарати дозволяють локально вводити енергію та дискретно її розподіляти щодо імпульсного впливу на перемішування складових хімічної реакції. Але такий метод може викликати пульсацію потоків робочих тіл, що ускладнює процес етерифікації та працездатність обладнання [4]. Підвищенню ефективності виробництва біодизелю, наприклад, присвячена робота [5], в якій представлено обґрунтування переробки побічного продукту – гліцерину в метанол без передбачуваного зневоднення з використанням спеціального каталізатора. В роботах [6, 7] досліджено вплив якості сировини на склад продуктів згоряння біодизелю, а в роботах [8, 9] встановлено вплив оптимізації процесу спалювання біодизелю на зміну шкідливих викидів. Запропоновані системи підтримки функціонування біодизельних установок не враховують значну теплову акумулюючу ємність масла та базуються на вимірюванні температури масла щодо зміни

витрати масла для підтримки процесу етерифікації, що може порушити необхідний баланс потоків щодо постійного виходу біодизелю. При використанні біодизелю, виробництво якого потребує до 20% виробленої енергії на підтримку процесу етерифікації щодо підігріву масла, необхідно, включивши до складу біодизельної установки теплообмінник підігріву масла біодизелем, забезпечити підтримку температури місцевої води контуру охолодження двигуна когенераційної системи в умовах підтримки співвідношення споживання теплоти та електричної енергії. Цілодобове ж функціонування біодизельних установок дозволяє розширити термін функціонування когенераційних систем щодо додаткового вироблення енергії при гарантованому забезпеченні біодизелем. Так, в роботі [10] запропонована технологія функціонування біодизельної установки, яка дозволяє підтримувати підігрів масла в теплообміннику, що входить до її складу, при вимірюванні температури біодизелю на виході з теплообмінника. Використання інтегрованої системи оцінки зміни температури масла, здобутої на основі математичного та логічного моделювання у складі когенераційної системи, надає можливість приймати рішення на зміну кількості пластин теплообмінника для забезпечення постійного виходу біодизелю та своєчасну зміну підігрітого та свіжого масла.

Мета роботи

Мета роботи – розробка інтегрованої системи підтримки температури місцевої води контуру охолодження двигуна в умовах підігріву масла теплотою біодизелю щодо узгодження виробництва та споживання енергії. З цієї ціллю необхідно виконати комплексне математичне моделювання динаміки теплообмінника контуру охолодження двигуна щодо прогнозування зміни температури місцевої води при вимірюванні температури теплоносія, що гріє на виході з теплообмінника та температури зворотної води; розробити структурні схеми комплексного математичного та логічного моделювання щодо контролю працездатності когенераційної системи, прийняття рішень та ідентифікації нових умов функціонування при зміні споживання теплоти, що обумовлено підігрівом масла теплотою біодизелю.

Контроль працездатності когенераційної системи на біодизельному паливі

Для здобуття еталонної та функціональної інформації щодо прийняття рішень на підтримку температури місцевої води в контурі охолодження двигуна запропонована архітектура когенераційної системи, основою якої є інтегрована динамічна підсистема – (когенераційна установка, теплообмінник контуру охолодження двигуна, біодизельна установка, теплообмінник підігріву масла теплотою біодизелю) та блоки, заряду, розряду, оцінки функціональної ефек-

тивності, що знаходяться в узгодженій взаємодії з динамічною підсистемою (рис. 1).

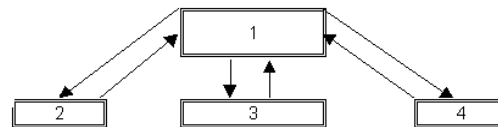


Рис. – 1. Архітектура когенераційної системи: 1 – динамічна підсистема (когенераційна установка, теплообмінник контуру охолодження двигуна, біодизельна установка, теплообмінник підігріву масла теплотою біодизелю); 2 – блок розряду; 3 – блок заряду; 4 – блок оцінки функціональної ефективності

Математичне обґрунтування архітектури когенераційної системи:

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

де CS – когенераційна система; D – динамічна підсистема (когенераційна установка, теплообмінник контуру охолодження двигуна, біодизельна установка, теплообмінник підігріву масла теплотою біодизелю); 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.

Основою для підтримки температури місцевої води щодо здобуття як гранично припустимої, так і функціональної інформації є математична модель динаміки теплообмінника контуру охолодження двигуна когенераційної системи, що оцінює зміну температури місцевої води як у часі, так і вздовж просторової координати осі теплообмінника, що співпадає з напрямком потоку руху середовища та представлена передатною функцією за каналом «температура місцевої води – температура теплоносія, що гріє», від контуру охолодження двигуна:

$$W_{i-9_i} = \frac{K_3 \varepsilon (1 - L_3^*)}{L_b \beta \gamma} (1 - e^{-\gamma_i \xi}),$$

де $K_3 = \frac{m(\theta_0 - \sigma_0)}{G_{30}}$; $\varepsilon = \frac{\alpha_{30} h_{30}}{\alpha_{b0} h_{b0}}$;

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

$$\beta = T_m S + \varepsilon^* + 1; \quad T_m = \frac{g_m C_m}{\alpha_{b0} h_{b0}}; \quad \varepsilon^* = \varepsilon(1 - L_3^*);$$

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

$$\gamma_1 = \frac{(T_b S + 1)\beta - 1}{\beta}; \quad \xi = \frac{z}{L_b},$$

де t , σ , θ – температура місцевої води, теплоносія, що гріє, поділяючої стінки, 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 робочого тіла, метала, с; m – показник залежності коефіцієнта тепловіддачі від витрати; S – параметр перетворення Лапласа. Індеси: в – внутрішній потік– місцева вода, м – металева стінка, з – зовнішній потік–теплоносій, що гріє; 0, 1 – початкові умови, вхід в теплообмінник, відповідно.

Після математичної обробки здобутої функції виділено дійсну частину, $O(\omega)$, що має такий вигляд:

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

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 $A = 1 / (\delta_m / \lambda_m + 1 / \alpha_z)$,

δ – товщина стінки теплообмінника, м;
 α – коефіцієнт тепловіддачі, кВт/(м²·К);
 λ – теплопровідність металу стінки теплообмінника, кВт/(м·К);

σ_1 , σ_2 – температура теплоносія, що гріє, на вході, та на виході із теплообмінника, К;

t_1 , t_2 – температура місцевої води на вході та на виході із теплообмінника, К;

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

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

$$B_1 = T_b \varepsilon \omega - T_b \omega + T_m \omega; \quad B_2 = T_m \omega;$$

$$C_1 = \frac{A_1 A_2 + B_1 B_2}{A_2^2 + B_2^2}; \quad D_1 = \frac{A_2 B_1 + A_1 B_2}{A_2^2 + B_2^2};$$

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

З використанням інтеграла переходу з частотної області до області часу зміна температури місцевої води як за часом, так і вздовж просторової координати осі теплообмінника має такий вид:

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

Для здобуття гранично припустимої оцінки зміни температури місцевої води розроблено структурну схему, що представлена для вихідних даних когенераційної системи з використанням біодизельної установки продуктивністю 24000 л/добу біодизелю.

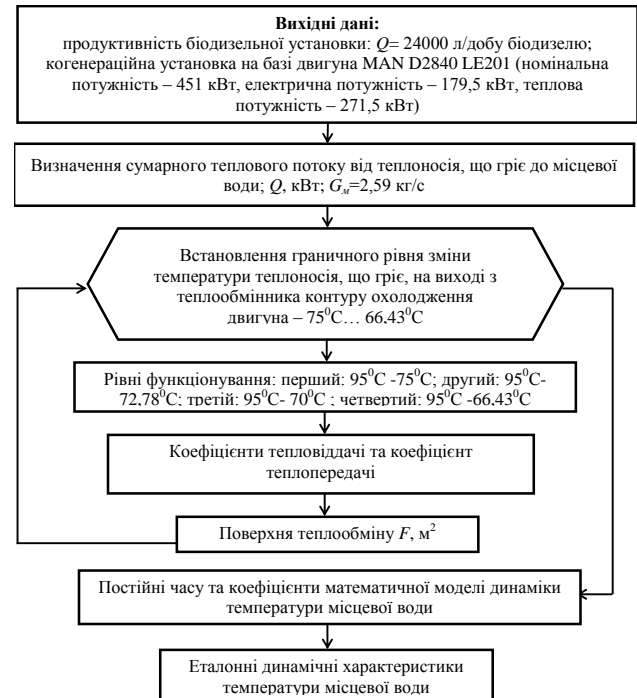


Рис. – 2. Структурна схема комплексного математичного моделювання теплообмінника контуру охолодження двигуна; G_m – витрата місцевої води, кг/с

В межах запропонованої циклічної структури для підтримки температури підігріву місцевої води з 30°C до 55°C встановлено наступні рівні функціонування когенераційної системи щодо зміни температури теплоносія, що гріє на виході з теплообмінника: перший рівень: 95°C– 75°C; другий рівень: 95°C– 72,78°C; третій рівень: 95°C– 70°C; четвертий рівень: 95°C– 66,43°C, які відповідають зміні поверхні теплообміну щодо зміни кількості пластин теплообмінника: 46, 40, 34, 26. В табл. 1, 2, 3 представлені результати комплексного математичного моделювання динаміки контуру охолодження двигуна щодо здобуття еталонної та функціональної інформації.

Таблиця 1 – Параметри теплообміну в теплообміннику контуру охолодження двигуна

Рівні функціонування	Параметр		
	α_z , Вт/(м ² ·К)	α_b , Вт/(м ² ·К)	k , Вт/(м ² ·К)
Перший рівень	11105,41	8302,588	4136,66
Другий рівень	11411,22	9117,61	4375,2
Третій рівень	11785,71	10166,47	4662,85
Четвертий рівень	12239,66	11578,85	5017,16

Примітка: α_3 – коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія, що гріє до стінки теплообмінника, $Вт/(м^2 \cdot К)$; $\alpha_в$ – коефіцієнт тепловіддачі від стінки теплообмінника до місцевої води, $Вт/(м^2 \cdot К)$; k – коефіцієнт теплопередачі, $Вт/(м^2 \cdot К)$.

Таблиця 2 – Постійні часу та коефіцієнти математичної моделі динаміки температури місцевої води

Рівні функціонування	$T_{в, с}$	$T_{м, с}$	ϵ	ϵ^*
Перший рівень	0,595	0,217	1,62	1,60
Другий рівень	0,542	0,198	1,52	1,50
Третій рівень	0,486	0,177	1,41	1,38
Четвертий рівень	0,427	0,156	1,28	1,25

Таблиця 3 – Постійні часу та коефіцієнти математичної моделі динаміки температури місцевої води

Рівні функціонування	$L_3, м$	$L_в,$	$L_3^*,$	ζ
Перший рівень	68,33	88,62	0,0144	0,649
Другий рівень	59,85	80,69	0,0164	0,680
Третій рівень	51,51	72,37	0,0190	0,720
Четвертий рівень	43,40	63,54	0,0225	0,772

Представлена структурна схема (рис. 2) дозволяє, здобувши постійні часу та коефіцієнти математичної моделі динаміки температури місцевої води, визначити гранично припустиму зміну температури місцевої води для встановлених рівнів функціонування (рис. 3).

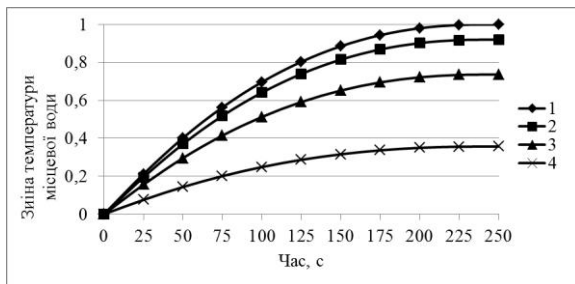


Рис. 3. – Допуски на граничну зміну температури місцевої води: 1, 2, 3, 4 – перший, другий, третій, четвертий рівні функціонування, відповідно

Для контролю працездатності когенераційної системи запропоновано структурну схему комплексного математичного та логічного моделювання з використанням метода графа причинно-наслідкових зв'язків [2, 10] щодо здобуття функціональної інформації (рис. 4).

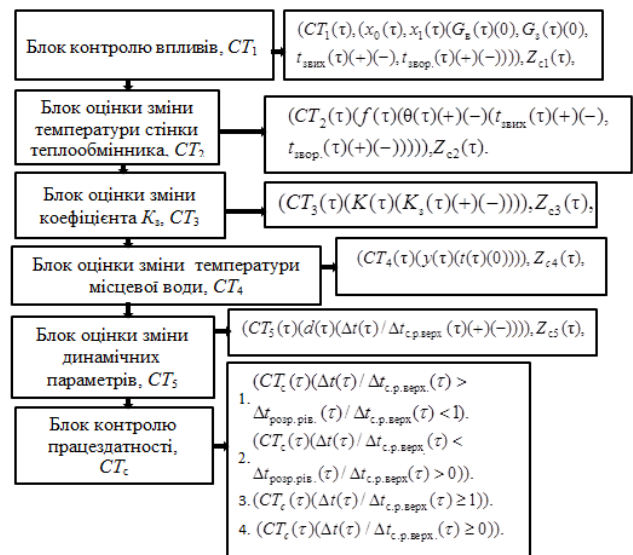


Рис. 4. – Структурна схема комплексного математичного та логічного моделювання:
 $t_{з.вих}$ – температура теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника, $К$; CT – контроль події; Z – логічні відносини; d – динамічні параметри; x – впливи; f – параметри, що діагностуються; y – вихідні параметри; K – коефіцієнти математичного опису;
 $K_3 = \frac{m(\theta_0 - \sigma_0)}{G_{30}}$ – коефіцієнт математичної моделі динаміки теплообмінника, де, θ – температура стінки теплообмінника, $^{\circ}C$; G_3 – витрата теплоносія, що гріє, $кг/с$. Индекси: c – контроль працездатності; $з. вих.$ – температура теплоносія, що гріє на виході з теплообмінника; $звор.$ – температура зворотної води; $с. р. верх.$ – стале розрахункове значення параметра першого рівня функціонування; $роз. рів.$ – розрахункове значення параметра рівня функціонування; $0, 1, 2$ – початковий стаціонарний режим, зовнішні, внутрішні параметри; 3 – коефіцієнти рівнянь динаміки; 4 – суттєві параметри, що діагностуються; 5 – динамічні параметри

При безперервному вимірюванні температури теплоносія, що гріє на виході з теплообмінника контуру охолодження двигуна, що порівнюються з еталонним значенням рівня функціонування, з використанням логічної структури в межах циклу запропоновано виконувати включення чи відключення пластин теплообмінника щодо підігріву місцевої води на основі здобутої інформаційної оцінки (1), (2), відповідно (рис. 5).

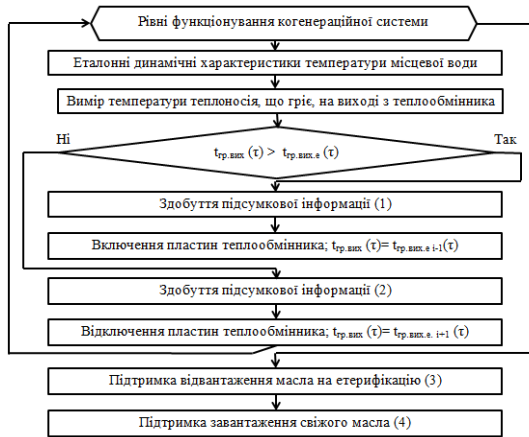


Рис. 5. – Структурна схема підтримки температури місцевої води на рівні прийняття рішень: $t_{гр.вих}$, $t_{гр.вих.е}$ – функціональна та еталонна температура теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника; τ – час, с. Індекси: i – число рівнів функціонування

Підтвердження правильності прийнятих рішень виконано на основі запропонованої структурної схеми ідентифікації стану когенераційної системи (рис. 6), що розроблена на основі графа причинно-наслідкових зв'язків [2, 10].

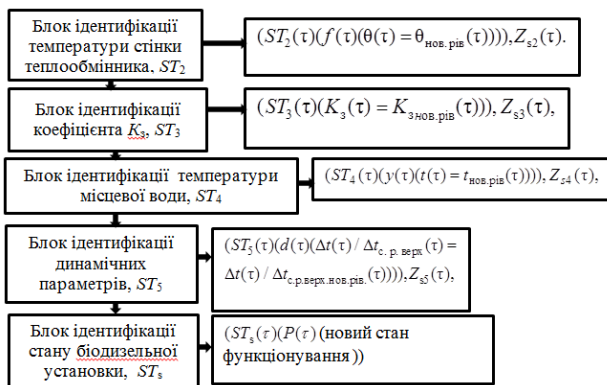


Рис. 6. – Структурна схема логічного моделювання ідентифікації стану когенераційної системи: ST – ідентифікація стану; P – властивості когенераційної системи; Z – логічні відносини; d – динамічні параметри; t – температура місцевої води, K ; f – параметри, що діагностуються; y – вихідні параметри; K – коефіцієнти математичного опису; $K_3 = \frac{m(\theta_0 - \sigma_0)}{G_{30}}$ – коефіцієнт

математичної моделі динаміки теплообмінника контуру охолодження двигуна, де, θ – температура стінки теплообмінника, K , відповідно; G – витрата теплоносія, що гріє, кг/с; Індекси: s – стан; верх. – перший рівень функціонування; нов. рів. – новий рівень функціонування; с. р. верх. – стале розрахункове

значення параметра першого рівня функціонування; 0, 2 – початковий стаціонарний режим, внутрішні параметри; 3 – коефіцієнти рівнянь динаміки; 4 – суттєві параметри, що діагностуються; 5 – динамічні параметри

Так, наприклад, підвищення температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника контуру охолодження двигуна з 66,43°C до 68,5°C та температури зворотної води з 30°C до 32°C потребує прийняття рішення на зміну кількості пластин теплообмінника з 26 на 34 щодо переходу з четвертого рівня функціонування на третій (рис. 7).

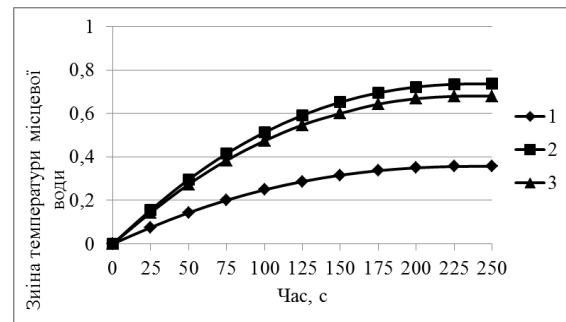


Рис. 7 – Контроль працездатності та підтвердження стану когенераційної системи при переході з четвертого рівня функціонування на третій: 1, 2 – допуски четвертого та третього рівнів функціонування, відповідно; 3 – прийняття рішення та ідентифікація нових умов функціонування щодо зміни кількості пластин з 26 на 34

Здобуття ж підсумкової інформації (3) при досягненні температури теплоносія, що гріє на виході з теплообмінника – 77 °С, а температури зворотної води до 34 °С свідчить про завершення підігріву масла теплотою біодизелю та надає можливість з використанням інформаційної оцінки (4) входження в допуск четвертого рівня функціонування включенням 26 пластин теплообмінника для підтримки завантаження свіжого масла на підігрів теплотою біодизелю (рис. 8).

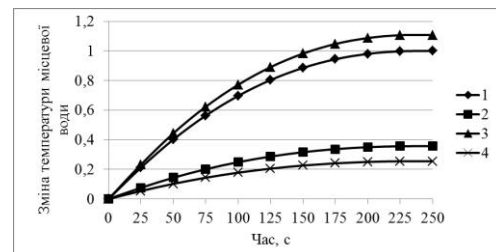


Рис. 8 – Контроль працездатності та підтвердження стану когенераційної системи щодо зміни режимних умов функціонування: 1, 2 – допуски першого та четвертого рівнів функціонування, відповідно; 3, 4 – підтвердження відвантаження підігрітого масла та завантаження свіжої сировини, відповідно

На основі запропонованої архітектури когенераційної системи (рис. 1) та розроблених структурних схем (рис. 2, 4, 5, 6), що апробовані для підтримки функціонування когенераційної системи для фіксованого інтервалу часу, розроблено інтегровану систему підтримки температури місцевої води (рис. 9), що надає можливість приймати рішення на зміну поверхні теплообміну теплообмінника контуру охолодження двигуна при впродовж терміну підігріву масла теплою біодизелею [10] при безперервному вимірюванні температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника контуру охолодження двигуна та температури зворотної води.

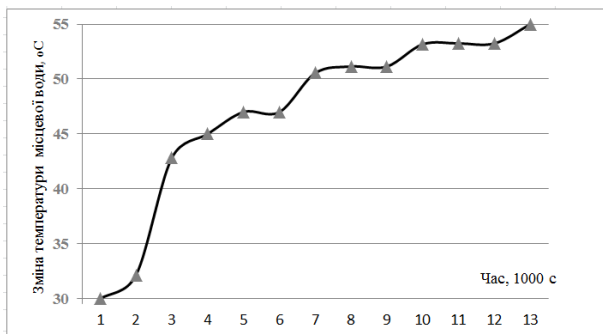


Рис. 9 – Інтегрована система підтримки температури місцевої води у складі когенераційної системи

Запропонована система дозволяє узгоджувати заряд – розряд біодизельної установки щодо підігріву масла біодизелем [10] із зарядом – розрядом когенераційної системи з урахуванням терміну подачі підігрітого масла до біодизельного реактора та завантаженням свіжого масла.

Обговорення результатів

В результаті проведених досліджень збута аналітична оцінка зміни температури місцевої води, встановлено допуски на граничну працездатність когенераційної системи при вимірюванні температури теплоносія, що гріє, контуру охолодження двигуна та температури зворотної води. Розроблено системи контролю підтримки зміни температури місцевої води для фіксованого інтервалу часу та впродовж терміну підігріву масла теплою біодизелею, що дозволяє підтримувати співвідношення виробництва електричної енергії та теплоти. Забезпечено безперервне функціонування когенераційної системи для можливості додаткового вироблення енергії, збучто економію умовного палива та грошовий прибуток. Представлені дослідження, що є продовженням роботи в напрямку узгодження виробництва та споживання біопалива [2, 10], можуть бути апробовані для когенераційних систем різної потужності з відповідною продуктивністю біодизельних установок у їх складі.

Висновки

1. Запропоновано структурну схему комплексного математичного моделювання динаміки теплообмінника контуру охолодження двигуна, що надає можливість визначати граничну зміну температури місцевої води для встановлених рівнів функціонування.

2. Запропоновані структурні схеми комплексного математичного та логічного моделювання щодо контролю працездатності та ідентифікації стану когенераційної системи для здобуття функціональної оцінки зміни температури місцевої води.

3. Запропоновано структурну схему підтримки температури місцевої води рівні прийняття рішень. Особливістю цієї схеми є порівняння температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника контуру охолодження двигуна, що вимірюється, з еталонним значенням та визначення підсумкової інформації щодо прийняття рішень на зміну кількості пластин теплообмінника.

4. Запропоновано інтегровану систему підтримки температури місцевої води при вимірюванні температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника контуру охолодження двигуна та температури зворотної води, що дозволяє, наприклад, в умовах функціонування когенераційної системи номінальною потужністю 451 кВт знизити собівартість виробництва енергії в межах 20–30 %.

Список літератури

1. Гелетуха, Г. Г. Биоэнергетика в Украине: современное состояние и перспективы развития. Часть 2 / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная, П. П. Кучерук, Е. Н. Олейник, А. В. Грибой // *Промышленная теплотехника*. – 2015. – Т. 37, № 3. – С. 65–73.
2. Чайковська, Є. Є. Development of energy-saving technology maintaining the functioning of a drying plant as a part of the cogeneration system / Є. Є. Чайковська // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2016. – Т. 3, № 8 (81). – С.42–46. – doi: 10.15587/1729-4061.2016.72540.
3. Maghami, M. Production of biodiesel from fishmeal plant waste oil using ultrasonic and conventional methods / M. Maghami., S. M. Sadrameli, B. Ghobadian // *Applied Thermal Engineering*. –2015. – Vol.75. – P.575–579. – doi: 10.1016/j.applthermaleng.2014.09.062.
4. Долинский, А. А. Инновационные теплообменные технологии производства биотоплива из растительного сырья / А. А. Долинский, Л. Н. Грабов, В. И. Мерший, Т. Л. Грабова // *Промышленная теплотехника*. –2006. – № 5. – С. 70–75.
5. Osman, S. More efficient production of plant biodiesel / S. Osman // *Nature Middle East*. – 2015. – doi: 10.1038/nmiddleeast.2015.171.
6. Patel, N. K. Biodiesel from Plant Oils / N. K. Patel, S. N. Shah // *Food, Energy, and Water*. – 2015. – P. 277–307. – doi: 10.1016/b978-0-12-800211-7.00011-9.
7. Kovacs, A. The effect of biodiesel by – products on germination and plant growth / A. Kovacs // *Applied Ecology and Environmental Research*. – 2015. – Vol. 13, Issue 4. – P. 1171–1181. – doi: 10.15666/aeer/1304_11711181.

- 8 **Hawrot-Paw, M.** Influence of diesel and biodiesel fuel-contaminated soil on microorganisms, growth and development of plants / **M. Hawrot-Paw, A. Wijatkowski, M. Mikiciuk** // *Plant, Soil and Environment*. – 2015. – Vol.61, Issue 5. – P.189–194. – doi: 10.17221/974/2014-pse.
- 9 **Lambosi, L.** Emission and Performance Characteristic of Biodiesel Burner System / **L. Lambosi, A. Khalid, B. Manshoor** // *Applied Mechanics and Materials*. – 2015. – Vol. 773-774. – P.540–544. – doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.773-774.540.
- 10 **Чайковська, Є. Є.** Розробка енергозберігаючої технології підтримки функціонування біодизельної установки у складі когенераційної системи / **Є. Є. Чайковська** // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий* – 2016. – № 1/8 (79). – С.4 – 11. – doi: 10.15587/1729-4061.2016.59479.
- Engineering*, 2015, **75**, 575–579, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2014.09.062.
- 4 **Dolinski, A. A., Grabov, L. N., Merchi, V. I., Grabova, T. L.** Innovative heat and mass transfer technology of biofuel production from plant material. *Industrial Heat*, 2006, **5**, 70–75.
- 5 **Osman, S.** More efficient production of plant biodiesel. *Nature Middle East*. 2015, doi: 10.1038/nmiddleeast.2015.171.
- 6 **Patel, N. K., Shah, S. N.** Biodiesel from Plant Oils. *Food, Energy, and Water*, 2015, 277–307, doi: 10.1016/b978-0-12-800211-7.00011-9.
- 7 **Kovacs, A.** The effect of biodiesel by – products on germination and plant growth. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2015, **13**(4), 1171–1181, doi: 10.15666/aeer/1304_11711181.
- 8 **Hawrot-Paw, M., Wijatkowski, A., Mikiciuk, M.** Influence of diesel and biodiesel fuel-contaminated soil on microorganisms, growth and development of plants. *Plant, Soil and Environment*, 2015, **61** (5), 189–194, doi: 10.17221/974/2014-pse.
- 9 **Lambosi, L., Khalid, A., Manshoor, B.** Emission and Performance Characteristic of Biodiesel Burner System: A Review. *Applied Mechanics and Materials*, 2015, **773-774**, 540–544, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.773-774.540.
- 10 **Chaikovskaya, E. E.** The development of energy-saving technology support operation of biodiesel plant of the composition of cogeneration system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, **1/8**(79), 4–11, doi: 10.15587/1729-4061.2016.59479.

Bibliography (transliterated)

- 1 **Heletuha, H. H., Gelieznaia, T. A., Kuchtruk, P. P., Olienic, E. N., Triboi, A. B.** Bioenergy in Ukraine: Current State and Prospects for Development. Part 2. *Industrial Heat Engineering*, 2015, **3**(37), 65 - 73.
- 2 **Chaikovskaya, E. E.** Development of energy-saving technology maintaining the functioning of a drying plant as a part of the cogeneration system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016, **3/8**(81), 42–46, doi: 10.15587/1729-4061.2016.72540.
- 3 **Maghami, M., Sadrameli, S. M., Ghobadian, B.** Production of biodiesel from fishmeal plant waste oil using ultrasonic and conventional methods. *Applied Thermal*

Відомості про авторів (About authors)

Чайковська Євгенія Євстафіївна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Одеський національний політехнічний університет, доцент кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, м. Одеса, Україна, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-5663-2707>.

Chaikovskaya Eugene – PhD, Senior Researcher, Odessa National Polytechnic University, Associate Professor, Department of Theoretical, general and alternative energy, Odessa, Ukraine, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com

Матвієнко Наталія Олексіївна – магістр, Одеський національний політехнічний університет, кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, м. Одеса, Україна, e-mail: nata08031994@yandex.ua

Matvienko Natalia – magister, Odessa National Polytechnic University, Department of Theoretical, general and alternative energy, Odessa, Ukraine, e-mail: nata08031994@yandex.ua

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Чайковська, Є. Є. Контроль працездатності когенераційної системи на біодизельному паливі / **Є. Є. Чайковська, Н. О. Матвієнко** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 117-123. – doi:10.20998/2413-4295.2016.42.19.

Please cite this article as:

Chaikovskaya Eugene, Matvienko Natalia Control working ability of the cogeneration system on biodiesel fuel. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **42** (1214), 117–123, doi:10.20998/2413-4295.2016.42.19.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Чайковская, Е. Е. Контроль работоспособности когенерационной системы на биодизельном топливе / **Е. Е. Чайковская, Н. А. Матвиенко** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 117-123. – doi:10.20998/2413-4295.2016.42.19.

АННОТАЦІЯ Предложена интегрированная система поддержания температуры местной воды при измерении температуры греющего теплоносителя на выходе из теплообменника контура охлаждения двигателя. Принятие решений на изменение количества пластин теплообменника позволяет поддерживать соотношение производства электрической энергии и теплоты при использовании подогрева масла теплотой биодизеля. Такой подход, например, в условиях функционирования когенерационной системы номинальной мощностью 451 кВт обеспечивает снижение себестоимости производства энергии в пределах 20-30%.

Ключевые слова: когенерационная установка; биодизельное топливо; контроль работоспособности; принятие решений

Надійшла (received) 13.12.2016