

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПОШУК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ

к.т.н., доцент Хацкевич Ю.В.

*Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»,
м. Дніпропетровськ*

На сьогоднішній день керування теплопродуктивністю теплових насосів в системах теплопостачання відбувається шляхом зміни кількості теплоносія, що подається користувачу, або зміни тиску перед випарником у дросельному клапані. Результати експериментальних досліджень свідчать, що це є енергетично неефективним. Зменшення питомих витрат енергії при зміні поточних параметрів роботи теплового насосу можна досягти шляхом зміни тиску в компресорі теплового насосу [1].

Доведено, що на енергетичну ефективність роботи теплового насосу впливає велика кількість факторів: інтенсивність відбору тепла користувачем, зміна параметрів джерела теплоти та ін. [2 – 4]. Для урахування цих факторів було розроблено математичну модель теплофізичних параметрів теплового насосу, що дозволяє розрахувати енергетичні витрати за різних робочих умов та керуючих впливів [1]. Вибір керуючого впливу в реальному часі на основі такої моделі вимагає застосування складної та дорогої техніки, наприклад, промислових комп'ютерів. Для спрощення та здешевлення компонентів системи керування пропонується розробити алгоритм вибору найефективнішого керування за даних робочих умов. На основі обраних варіантів керування для різних комбінацій параметрів системи «навколишнє середовище – тепловий насос – користувач теплоти» необхідно сформулювати «вирішальні правила». Ці правила будуть записані в мікроконтролер, що стане основою системи керування тепловим насосом. Такий підхід значно підвищить економічну ефективність керування.

Мета роботи – постановка задачі вибору найкращих керуючих впливів для теплового насосу з урахуванням поточних робочих

умов. Для вирішення задачі пропонується застосувати еволюційний алгоритм пошуку.

Постановка задачі пошуку.

Шуканим є набір керуючих впливів, наприклад, швидкість обертання двигуна компресору теплового насосу, кут повороту дросельного клапану та ін.

$$x_0 = (x_0^1, x_0^2, \dots, x_0^n), \quad (1)$$

де n – кількість керуючих впливів; x_0^i – значення i -того керуючого впливу.

Для відомого набору поточних робочих параметрів, що включають значення температури джерела теплоти, температуру у системі опалення користувача, початкову температуру та тиск фреону у кожному елементі теплового насосу (конденсаторі, випарнику, дросельному клапані та компресорі) необхідно знайти набір керуючих впливів x_0 , що забезпечить найменші енергетичні витрати W . Розрахунок енерговитрат виконується з допомогою математичної моделі [1].

Бінарне відношення вибору, за яким ми обираємо найбільш доцільне з енергетичної точки зору керування тепловим насосом, має вигляд:

$$x_1 R_{s1} x_2 \equiv W(x_1) \leq W(x_2) \quad (2),$$

тобто керування x_1 є кращим за керування x_2 , якщо витрати енергії тепловим насосом при керуванні x_1 менші або дорівнюють витратам при x_2 .

Пошук рішення за допомогою еволюційного алгоритму можна представити у вигляді:

$$X_{jk} = S(G(X_{jk-1})), \quad (3)$$

де X_{jk} – множина найкращих рішень k -го кроку ітерації для j -ої гілки еволюції рішень; $S(\cdot)$ – функція вибору рішень на основі бінарного відношення (2) за значенням витрат енергії тепловим насосом; $G(\cdot)$ – функція генерації рішень; k – порядковий номер ітерації, $k=1,2,\dots$; j – порядковий номер гілки еволюційного про-

цесу пошуку, $j=1, \dots, N_b$; N_b – кількість гілок еволюційного процесу.

Сформульовано параметри керування еволюційним пошуком. Рішення, що генеруються для кожної шуканої змінної в гілці еволюційного алгоритму, мають вигляд:

$$x_a = \{x_a^1, x_a^2, \dots, x_a^n\}, \quad a = \overline{(N_k + 1), N_b}, \quad (4)$$

де a – номер рішення, відібраного з найкращих попереднього кроку ітерації $a = 1, \dots, N_k$; N_k – кількість найкращих рішень, що відбираються на кожному кроці пошуку.

Для керуючих впливів, що є неперервними змінними

$$x_r^i = x_r^i (1 + \zeta^i), \quad (5)$$

де r – випадковий номер, що обирається з рівною вірогідністю з множини найкращих рішень попереднього кроку ітерації $r \in \{1, 2, \dots, N_k\}$; ζ^i – випадкова величина, що має нормальний розподіл з нульовим математичним очікуванням та дисперсією

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{N_k N_b - 1} \sum_{a=1}^{N_k} \sum_{i=1}^{N_b} (x_{la}^i - x_0^i)^2, \quad (6)$$

де x_{la}^i – найкращі рішення, відібрані на попередньому кроці ітерації; x_0^i – середні значення змінних серед відібраних на попередньому кроці.

$$x_{0i}^i = \frac{1}{N_k N_b} \sum_{a=1}^{N_k} \sum_{i=1}^{N_b} (x_{la}^i)^2. \quad (7)$$

Для керуючих впливів, що є дискретними змінними, значення, отримані за виразом (5) округлюють до найближчого з ряду можливих значень.

Висновки. У роботі наведено постановку задачі вибору найкращих керуючих впливів для теплового насосу з урахуванням поточних робочих умов із застосуванням еволюційного алгоритму пошуку. Сформульовано параметри керування еволюційним пошуком. Використання еволюційного алгоритму дозволить визначити найбільш енергетично ефективне керування при всіх можливих комбінаціях параметрів навколишнього середовища, поточних параметрів теплового насосу та вимог до теплового режиму. Застосування отриманих правил для визначення керуючих впливів дозволить сформувати систему керування на простих, ві-

дносно дешевих елементах, що значно підвищить економічні переваги керування тепловими насосами.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Постановка задачі моделювання режиму роботи теплового насоса для керування [Текст] / Хацкевич Ю.В. // Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2012. – Вип. 88.– С. 144 – 148.

2. Анализ эффективности использования теплового насоса для снабжения теплом бытовых потребителей [Текст] / А.Ю. Усенко, Ю.И. Усенко, Д.С. Адаменко, С.Р. Бикмаев // Металлургическая теплотехника: сб. науч. тр. Национальной металлург. акад. Украины. – 2010. – Вип. 2(17). – С. 197 – 204.

3. Optimum Design of a Space Heating System Pump Combined with Downhole Heat Exchanger [Text] / Dai Chuanshan, Shan Hua, He Guang-xun, Chen Yan, Wang Qui-xiang, Sun Pringl // Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia , 25 – 29 April 2010 (Оптимальне проектування об'єму системи теплового насоса з підземним теплообмінником).

4. Transient Simulation of a Hybrid Ground Source Heat Pump Sysytem [Text] / N.G. Papatheodorou, G.I. Fragogiannis, S.A. Stamataki // Proceedings World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia , 25 – 29 April 2010. (Моделювання перехідних процесів у системі гібридного теплового насоса з ґрунтовим джерелом теплоти).