

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «ПОВІТРЯ - ПОВІТРЯ»

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Зазначено актуальність впровадження відновлюваних джерел енергії, в тому числі з використанням теплонасосного обладнання. Показано методику визначення теплової та електричної потужності теплового насоса, а також оцінки експериментального показника енергоефективності теплового насоса типу «повітря-повітря».

Ключові слова: тепловий насос «повітря-повітря», методика оцінки енергетичної ефективності, коефіцієнт перетворення

Abstract

The relevance of the introduction of renewable energy sources, including the use of heat pump equipment, is indicated. The methodology for determining the thermal and electrical power of a heat pump and evaluating the experimental energy efficiency index of an air-to-air heat pump is shown.

Keywords: air-to-air heat pump, energy efficiency assessment technique, conversion factor

Вступ. Постановка задачі

В енергетичному секторі спостерігається значний прогрес щодо використання відновлюваних джерел енергії та впровадження заходів з енергоефективності [1-3]. Проблема енергоефективного теплопостачання приміщень в зимовий період та їх кондиціонування влітку є пріоритетною в світі, оскільки це найбільш енергоємна галузь, яка витрачає близько 55 % первинних енергетичних ресурсів. В Україні додаються ще проблеми, пов'язані з незадовільним технічним станом систем централізованого теплопостачання, а також те, що самі об'єкти енергетики та критичної інфраструктури щодня опиняються під загрозою обстрілів. За таких умов теплові насоси можуть відігравати важливу роль у постачанні теплової енергії житловим та комерційним будівлям.

Повітряні теплові насоси вимагають менших капітальних вкладень на придбання, порівняно з ґрунтовими, ефективно використовують електроенергію, не завдають шкоди навколишньому середовищу за місцем їх встановлення [4-6]. Реверсивний тепловий насос типу «повітря-повітря» – це система, яка має суттєву перевагу – універсальність, оскільки призначена для організації як обігріву, так і для охолодження приміщень. Його можна вважати одним з найбільш енергетично ефективних пристроїв для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщеннях, оскільки він використовує тепло та холод атмосферного повітря.

Реверсивний тепловий насос «повітря-повітря» схожий зі звичайною спліт-системою кондиціонування: він має зовнішній та внутрішній блоки. Система оснащена конденсатором, випарником та компресором. В режимі обігріву конденсатор – це елемент внутрішнього блоку системи, у якому відбувається передача теплової енергії внутрішньому повітрю приміщення. Випарник в такому випадку розташований у зовнішньому блоці, у ньому відбувається відбирання тепла від зовнішнього повітря. В режимі охолодження відбувається реверс роботи системи – конденсатор і випарник змінюються. Для оцінки енергетичної ефективності роботи реверсивного теплового насоса «повітря-повітря» створено експериментальний стенд [7]. Щодо обробки експериментальних даних, дослідження та виявлення раціональних температурних режимів роботи реверсивного теплового насоса в різних режимах експлуатації, то постає питання побудови методики оцінки показників.

Мета роботи – розробити методику оцінки показників енергоефективності реверсивного теплового насоса «повітря-повітря» за експериментальними даними для різних температурних режимів внутрішнього та зовнішнього повітря.

Результати досліджень

Для експериментального стенду використаний реверсивний тепловий насос «повітря-повітря» Naier, що працює на фреоні R410a. Стенд укомплектований автоматизованою системою збору інформації з 15 термопар, що вимірюють температури повітряних потоків, які омивають теплообмінники внутрішнього і зовнішнього блоків та датчиками температури, які вимірюють температуру холодоагента. Для оцінки швидкості і відповідно витрати повітря використаний термоанемометр, а для визначення споживаної тепловим насосом електричної енергії – енергометр. Для визначення температур кипіння та конденсації холодоагента дослідна установка обладнана чотирма гліцериновими манометрами. Експериментально визначені величини витрати циркуляційного повітря зіставлені із паспортними даними теплового насоса.

Теплова потужність внутрішнього блоку (конденсатора) і зовнішнього блоку (випарника) теплового насоса

$$Q_k = W_1 \cdot f_k \cdot \rho_1 \cdot C_{p1} (t_k'' - t_k'),$$

$$Q_v = W_2 \cdot f_v \cdot \rho_2 \cdot C_{p2} (t_v' - t_v''),$$

де t_k' , t_k'' – осереднене за показами чотирьох термопар значення температури повітря на вході і виході внутрішнього блоку, °С;

t_v' , t_v'' – осереднене за показами трьох термопар значення температури повітря на вході і виході зовнішнього блоку, °С;

ρ_1 , ρ_2 – густина повітря для середньої температури повітря, кг/м³;

C_{p1} , C_{p2} – теплоємність повітря для середньої температури повітря, кДж/(кг·К);

W – осереднена швидкість повітря у перерізах внутрішнього та зовнішнього блоків, м/с.

Площі поперечних перерізів вихідних каналів внутрішнього f_k та зовнішнього блоків f_v визначались з врахуванням особливостей їх конструктивного виконання.

Коефіцієнт перетворення (COP)

$$\varphi = \frac{Q_k}{Ne},$$

де Ne – спожита електрична потужність, яка виміряна енергометром, Вт.

Для визначення показників термодинамічного процесу холодильного циклу теплового насоса та його коефіцієнта перетворення COP виконано розрахунок його показників на основі показників манометрів на вході і виході з теплообмінників внутрішнього та зовнішнього блоків та прикладного програмного забезпечення SOLKANE, що дозволило оцінити термодинамічні параметри оборотного процесу в циклі реверсивного теплового насоса та оцінити розрахункові показники питомої потужності випарника, компресора та конденсатора.

Розрахункові результати зіставлені з експериментальними значеннями споживаної потужності, що дозволило виявити сумарну споживану потужність вентиляторів внутрішнього і зовнішнього блоків та також енергоспоживання систем індикації та автоматичного керування.

Висновки

Зазначено, що в зв'язку із енергетичною кризою слід більше уваги приділяти відновлюваним джерелам енергії. Одним із ефективних варіантів використання такої енергії є встановлення теплових насосів «повітря - повітря», що дозволяють використовувати енергію атмосферного повітря.

Показано методику оцінки енергоефективності теплового насоса «повітря – повітря» Naier, який працює на фреоні R410A, що дозволяє визначити дійсний коефіцієнт перетворення, порівняти його із значенням для теоретичного процесу, виявити енергоспоживання вентиляторів внутрішнього і зовнішнього повітря, а також оцінити енергоспоживання систем індикації та автоматичного керування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Денисюк С.П. Енергетичний перехід – вимоги якісних змін у розвитку енергетики. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2019. № 1. С. 7 – 28. URL: <https://typeset.io/pdf/energetichnii-perekhid-vimogi-iakisnikh-zmin-u-rozvitku-4sno1u1upx.pdf>
2. Renewable Energy Is Charging Ahead. URL: <https://www.scientificamerican.com/article/renewable-energy-is-charging-ahead/>
3. Rapid progress of key clean energy technologies shows the new energy economy is emerging faster than many think. URL: <https://www.iea.org/news/rapid-progress-of-key-clean-energy-technologies-shows-the-new-energy-economy-is-emerging-faster-than-many-think>
4. Chunling Wu et al. Low-temperature air source heat pump system for heating in severely cold area: Long-term applicability evaluation. Building and Environment. 2022, Vol. 208. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321009860>
5. D. Gibb. et al. Coming in from the cold: Heat pump efficiency at low temperatures. Joule. 2023, Vol. 7. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435123003513>
6. Impact of Compressor Drive System Efficiency on Air Source Heat Pump Performance for Heating Hot Water. Sustainability. 2020, 12(24). URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10521>
7. Степанов Д. В. Резидент Д. М. Експериментальний стенд для дослідження енергетичної ефективності теплового насоса типу «повітря-повітря». Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України», 21-23 листопада 2023 року. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19406/16085>

Степанов Дмитро Вікторович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Stepanovdv@ukr.net

Резидент Дмитро Миколайович, аспірант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, e-mail: rezidentdmitrij@gmail.com

Stepanov Дмитро, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: Stepanovdv@ukr.net

Dmytro Rezydent, postgraduate student of the Chair of Heat and Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, e-mail: rezidentdmitrij@gmail.com