

ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМПРЕСОРА ТЕПЛОВОГО НАСОСА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Показані чинники, які спричиняють необоротність процесів в тепловому насосі. Проаналізовані фактори, які впливають на ізоентропійну ефективність компресора теплового насоса та методи для її визначення.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, ізоентропійна ефективність, тепловий насос, компресор.

Abstract

The factors that cause the irreversibility of processes in the heat pump are shown. Factors affecting the isentropic efficiency of the heat pump compressor and methods for its determination are analyzed

Key words: renewable energy sources, isentropic efficiency, heat pump, compressor

Вступ

Необхідність скорочення обсягів викидів парникових газів та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище стимулює розвиток екологічно безпечних технологій отримання холоду й теплової енергії, що ґрунтуються на використанні відновлюваних джерел енергії. Теплові насоси, які використовують тепло довкілля або відпрацьовану теплоту, мають значний потенціал щодо зменшення споживання первинних енергоресурсів і, відповідно, зниження кількості викидів парникових газів. Для коректної оцінки економічної та екологічної доцільності застосування теплового насоса в режимах опалення та/або охолодження необхідно мати дані про його енергоефективність.

Цей показник характеризується коефіцієнтом перетворення теплоти — COP (Coefficient of Performance), який для компресійних теплових насосів визначається як відношення корисної теплової потужності до споживаної електричної потужності компресора. У теоретично ідеальному випадку максимальне значення COP визначається ефективністю циклу Карно, що залежить від температур конденсації і випаровування. У реальних теплових насосах на ефективність циклу впливають різні фактори, які знижують COP, серед яких одним із ключових є ефективність роботи компресора.

Метою роботи є аналіз факторів, що визначають ефективність компресора теплового насоса, а також розгляд методів її оцінювання.

Основна частина

Відхилення дійсного циклу теплового насосу від ідеального обумовлене падінням тиску у випарнику і конденсаторі, коли робоче тіло проходить через теплообмінник, що проявляється у відхиленні від ізотермічних умов під час теплообміну, втратами в трубопроводах між конденсатором і дросельним вентилем, які викликають деяке випаровування, що погіршує роботу дроселя і втратами в компресорі [1].

Вплив на дійсний цикл спричиняє той фактор, що компресор ТН повинен стискати суху пару холодоагента, а робоче тіло на вході в компресор дещо перегріте.

Друге суттєве відхилення від ідеалізованого циклу визначається ККД компресора. Через теплообмін між холодоагентом і компресором та наявність тертя робочого тіла всередині компресора, підвищення ентальпії в ньому більше, ніж в ідеальному циклі, що також підвищує температуру на виході з компресора. Надлишкове підвищення ентальпії оцінюється ізоентропійним ККД. Ізоентропійний та механічний ККД компресора є важливими показниками, які впливають на COP

дійсного циклу теплового насоса [2, 3]. Цей показник є функцією міри стиснення, об'ємної витрати на вході компресора, температури випаровування та конденсації

Ізоентропійний ККД залежить від конструкції компресора, тисків кипіння і конденсації, характеристик фреону. Наприклад, в [4] показано, що ізоентропійна ефективність компресора знаходиться в діапазоні 65...97%, а коефіцієнт перетворення теплоти при цьому 3,8...5,4. Ізоентропійний ККД компресора також змінюється для різних циклів ТН.

В [5] показано, що ізоентропійна ефективність компресора теплового насосу, що працює на фреоні R600a знаходиться в межах 0,8...0,9

Авторами [6] на основі експериментальних результатів показано, що для ротаційного компресора з повітряним охолодженням з R134a ізоентропійна ефективність компресора змінюється від 0,53 до 0,42 в разі зміни коефіцієнта стиснення від 2,5 до 4,5.

На основі аналізу літературних даних встановлено, що роторно-лопатеві компресори переважно досягають ефективності 0,65...0,75, спіральні – 0,7...0,85, а поршневі компресори мають більше 0,7.

Висновки

Продуктивність парокомпресійних теплових насосів значною мірою залежить від ефективності компресора. Є різні підходи до оцінки ізоентропійної ефективності компресора теплового насоса, зокрема за допомогою поліноміальних кореляцій для різних типів і конструкцій компресора, де ізоентропійна ефективність компресора є функцією міри стиснення, об'ємної витрати на вході компресора, температури випаровування та конденсації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Низькопотенційні джерела енергії: практикум: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: Ю.П. Вишневська/ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 43 с.
2. Арсеньєв В. М., Мелейчук С.С. Теплові насоси: основи теорії і розрахунку : навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет, 2018. 364 с.
3. Olympios, AV, Song, J, Ziolkowski, A, Shanmugam, VS & Markides, CN 2024. Data-driven compressor performance maps and cost correlations for small-scale heat-pumping applications, Energy, vol. 291, 130171. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.130171>
4. Handbook of Energy Efficiency in Buildings. 2019. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/compressor-efficiency>.
5. Марущак О.П. Енергетичний розрахунок складових теплового насоса «повітря-вода». Proceedings of the 14th International Scientific and Practical Conference «Scientific Horizon in the Context of Social Crises» (September 6-8, 2023). Tokyo, Japan. URL: <http://surl.li/kxqqjb>
6. Ransy F., Gendebien S, Lemort V. Performances of a simple exhaust mechanical ventilation coupled to a mini heat pump: modeling and experimental investigations. In The proceedings of the 36th AIVC conference: Effective ventilation in high performance buildings. 2015 URL: https://www.aivc.org/sites/default/files/82_0.pdf

Степанов Дмитро Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, e-mail: Stepanovdv@ukr.net

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

Резидент Наталія Володимирівна, канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, e-mail: rezidentnv1@ukr.net

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

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

Nataliia Rezydent, Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat and Power Engineering, e-mail: rezidentnv1@ukr.net