

بررسی عملکرد پمپ حرارتی چرخه ویلومایر^۱ برای گرمایش منازل

چکیده

پمپ حرارتی چرخه ویلومایر^۲ (VHP) یک پمپ حرارتی است و پتانسیل زیادی برای بهبود بهره‌وری انرژی در گرمایش منازل دارد. در این پژوهش عملکرد VHP با استفاده از نرم افزار SAGE بررسی گردیده است. خطای گزارش شده، بین داده‌های تجربی و نتایج شبیه‌سازی برای COP_h و ظرفیت گرمایشی به ترتیب در محدوده 4/6٪ تا 4/5٪ و 18/2٪ تا 7/4٪ خواهد بود. بر اساس مدل توسعه داده شده در این پژوهش که با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی اعتبارسنجی شده است، تلفات انرژی در دسترس^۳ (AEloss) محاسبه شده و تجزیه و تحلیل گردیده است. با توجه به نتایج، مبدل بازیابی حرارتی گرم^۴ جزء اصلی AEloss است و انتقال حرارت ناقص سهم اصلی را در میزان AEloss دارد. در گام بعدی، تأثیر پارامترهای مختلف بر عملکرد سیستم مورد مطالعه قرار گرفته و مقادیر پارامترها بهینه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بهبود COP_h می‌تواند تا 3/6٪ باشد. علاوه بر این، عملکرد و نسبت بازده انرژی فصلی VHP در منطقه سرد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که COP فصلی می‌تواند تا 1/53 در 0/26- درجه سانتیگراد دمای متوسط محیط باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش مدلسازی یک سیستم VHP با استفاده از نرم افزار SAGE ارائه شده است. اعتبارسنجی مدل توسط داده‌های آزمایشگاهی انجام شده و بر اساس تجزیه و تحلیل میزان تلفات، اثرات پارامترهای اجزاء مختلف سیستم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در گام بعدی بهینه‌سازی پارامترهای اجزاء مختلف در دستور کار قرار گرفته و عملکرد سیستم در دماهای مختلف عملیاتی و در فصول مختلف سال مطالعه شده است. جمع‌بندی‌های زیر را می‌توان از نتایج شبیه‌سازی عددی به‌دست آورد:

¹ Vuilleumier

² Vuilleumier cycle heat pump (VHP)

³ Available energy losses (AEloss)

⁴ Hot regenerator

(1) از آنجایی که خطاها برای COP_h و ظرفیت گرمایش به ترتیب در محدوده $4/6\%$ تا $4/5\%$ و $18/2\%$ تا $7/4\%$ هستند، نتایج شبیه‌سازی به خوبی با نتایج آزمایشگاهی مطابقت دارد. بنابراین، SAGE می‌تواند برای پیش‌بینی عملکرد VHP استفاده شود.

(2) در میان میزان کلی AEQ_w ، AE_{loss} نزدیک به 50% را به خود اختصاص داده است. علاوه بر این، 67% از AEQ_w از مبدل بازیابی حرارت گرم، مبدل‌های حرارتی گرم و مبدل حرارتی سرد حاصل می‌شود. بنابراین، ساختارها یا مواد جدید و ترکیبی از پارامترهای ساختاری این سه جزء برای دستیابی به COP_h بالاتر بسیار مهم خواهد بود.

(3) بهینه‌سازی پارامترهای مبدل بازیابی حرارت گرم و مبدل‌های حرارتی، باعث بهبود COP_h تا $3/6\%$ می‌شود. بنابراین، بهبود بسیار ناچیز خواهد بود. این امر نشان می‌دهد که COP_h می‌تواند بر اساس ساختار یا مواد موجود برای مبدل بازیابی حرارت گرم و مبدل‌های حرارتی به حد عملی نزدیک شود. علاوه بر این، ظرفیت گرمایش حدود 11% کاهش می‌یابد. بنابراین، بین ظرفیت گرمایش و COP_h در طول بهینه‌سازی یک تعادل وجود دارد.

(4) COP_h و ظرفیت گرمایش VHP به ندرت تحت تأثیر دمای عملیاتی قرار می‌گیرند. بنابراین، این سیستم برای گرمایش فضاها مناسب است. COP_h فصلی VHP برابر با $1/53$ در $0/26$ درجه سانتیگراد دمای متوسط سرد است. بنابراین، در مقایسه با بویلرها، صرفه جویی در انرژی و کاهش انتشار VHP قابل توجه خواهد بود.

کلمات کلیدی: چرخه ویلومایر؛ پمپ حرارتی با هدایت گرمایی؛ ذخیره انرژی؛ گرمایش گازی؛ بویلر؛ منطقه

Ref: Luo, B.; Li, Y.; Chen, C.; Li, R. Study on performance of Vuilleumier cycle heat pump for residential heating. Energy Conversion and Management. 2022, 274, 116474.

DOI: 10.1016/j.enconman.2022.116474

