

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ HỆ SỐ COP CỦA BƠM NHIỆT CẤP NƯỚC NÓNG TẬN DỤNG NHIỆT THẢI CỦA MÁY ĐIỀU HÒA KHÔNG KHÍ HAI KHỐI SỬ DỤNG MÔI CHẤT R22

Tác giả: Lê Quang Huy¹, Trương Hồng Anh¹, Trần Quang Danh¹, Võ Bình Phước¹, Mai Xuân Điều¹

¹Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng

Tóm tắt

Hiện nay nhu cầu sử dụng nước nóng cho quá trình sinh hoạt cũng như công nghiệp ngày càng cao, các phương pháp gia nhiệt nước nóng hiện nay đa phần là sử dụng nhiên liệu đốt hoặc điện trở nên vấn đề bảo vệ môi trường và tiết kiệm năng lượng không được chú trọng. Bơm nhiệt sử dụng để sản xuất nước nóng ngày càng phổ biến bởi nó có nhiều ưu điểm như tiết kiệm năng lượng hơn so với các phương pháp gia nhiệt khác và nguồn nhiệt thải từ máy điều hòa không khí cũng là một trong những nguồn nhiệt tốt để gia nhiệt nước nóng. Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá hệ số COP của bơm nhiệt cấp nước nóng tận dụng nhiệt thải của máy điều hòa không khí hai khối sử dụng môi chất lạnh R22. Mô hình được thiết kế, chế tạo và lắp đặt tại trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng để đánh giá hiệu quả tận dụng nhiệt thải từ máy điều hòa không khí hai khối để gia nhiệt nước nóng với quy mô hộ gia đình. Hệ thống thí nghiệm sử dụng máy nén công suất 1 Hp, dung tích bình trữ nước nóng là 7 lít, nhiệt độ nước nóng là 50°C. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng ở nhiệt độ phòng 23,8°C, nhiệt độ nước nóng là 50°C, thì hệ số COP ở chế độ làm lạnh đạt 4,1 còn hệ số COP ở chế độ tận dụng nhiệt thải đạt 4,14.

Từ khóa Môi chất lạnh, nước nóng, máy điều hòa không khí hai khối, bơm nhiệt, COP

1. Đặt vấn đề

Việt Nam là một quốc gia với hơn 96 triệu dân - đứng thứ 15 trên thế giới theo tổng điều tra dân số vào 2019, nên nhu cầu về năng lượng là rất lớn. Số liệu do CIA World Factbook cung cấp cho thấy năm 2008, lượng điện năng tiêu thụ tại Việt Nam đứng thứ 25 trên thế giới (76,269 tỷ kWh), lượng năng lượng sơ cấp được sử dụng tại Việt Nam là 1,699.1015 Btu (tương đương 447,3 tỷ kWh). Theo tổng kết năm 2018 của EVN - tập đoàn điện lực Việt Nam, điện thương phẩm đạt 192,93 tỷ kWh.

Nhìn tổng quan, giải pháp ưu tiên hàng đầu hiện nay là tiết kiệm năng lượng. Theo dự báo của Viện Khoa học năng lượng Việt Nam, từ năm 2010 đến 2030, trong giai đoạn 5 năm, nhu cầu năng lượng từ 27 - 40 %, trong đó, nhu cầu năng lượng sơ cấp để sản xuất điện tăng từ 37 - 55 %. Dự báo cũng cho thấy, để đáp ứng được các nhu cầu trên, đến năm 2020 Việt Nam sẽ trở thành quốc gia nhập khẩu năng lượng.

Với vấn đề môi trường ngày càng được quan tâm, việc sử dụng năng lượng hiệu quả rất được chú trọng và nghiên cứu. Theo thống kê mới nhất năm 2015, hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam năm 2015 là 0.8154 tấn CO₂/MWh. Nhằm đối phó với biến đổi khí hậu, kiềm chế tăng nhiệt toàn cầu, bảo đảm phát triển bền vững, các quốc gia trên thế giới đã đi theo hướng sử dụng nhiên liệu tái tạo thay thế cho nhiên liệu hóa thạch.

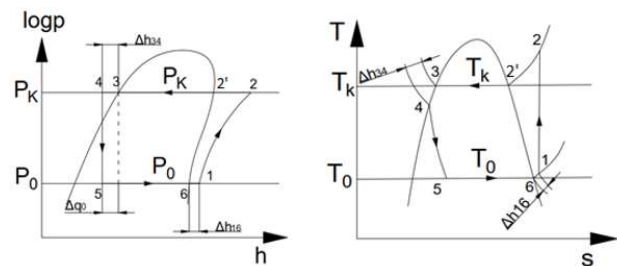
Bên cạnh nhu cầu điều hòa không khí, thì nhu cầu sử dụng nước nóng của con người cũng rất cao trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng. Với sự phát triển của nền kinh tế Việt Nam hiện nay, các khu du lịch nghỉ dưỡng, nhà ở, khách sạn đang ngày một tăng thì nhu cầu sử dụng nước nóng rất lớn. Trong hộ gia đình, nhu cầu nước nóng vẫn ổn định trong suốt cả năm. Nhu cầu tính được từ số lượng các cá nhân sống trong tòa nhà (hoặc căn hộ). Thông thường,

hàng ngày số lượng tiêu dùng nước nóng ở 45 °C/đầu người được tính toán cân nhắc như sau: số lượng tiêu thụ thấp: 35 lít/đầu người/ngày, tiêu thụ trung bình: 60 lít/đầu người/ngày, số lượng tiêu thụ cao: 80 lít/đầu người/ngày. Trong các tòa nhà như khách sạn, ký túc xá,... Nhu cầu nước nóng có liên quan đến số tiền của khách hàng. Trong trường hợp này tiêu thụ hàng ngày được tính bằng suất phòng bình quân của các phòng. Sử dụng cơ sở này, kích cỡ của máy nước nóng được lắp đặt đề xuất được xác định ở đây với nhu cầu nước nóng 45 °C hàng ngày/đầu người [2].

Như vậy, nhu cầu sử dụng nước nóng ở nước ta là rất lớn không chỉ trong ngành dịch vụ du lịch, các ngành công nghiệp mà còn có ở hộ gia đình. Với các thiết bị sản xuất nước nóng đa dạng, nhưng chủ yếu gồm: Máy sản xuất nước nóng sử dụng năng lượng mặt trời, máy sản xuất nước nóng điện trở, bơm nhiệt.

Do đó bài báo này trình bày nghiên cứu đánh giá hệ số COP của bơm nhiệt tận dụng nhiệt thải máy điều hòa không khí hai khối sử dụng môi chất lạnh R22 với quy mô hộ gia đình.

2. Cơ sở lý thuyết



Hình 1: Đồ thị log p - h và T - s

Quá trình bay hơi đẳng nhiệt và đẳng áp 5 - 6 có năng suất lạnh riêng q_0 ở nhiệt độ và áp suất tác nhân lạnh không

đổi. Theo [3, 138], năng suất lạnh riêng:

$$q_0 = h_6 - h_5, \text{ (kJ/kg)} \quad (1)$$

Trong đó: q_0 - năng suất lạnh riêng (kJ/kg), h_6 - enthalpy của điểm trạng thái 6 (kJ/kg), h_5 - enthalpy của điểm trạng thái 5 (kJ/kg).

Quá trình nén hơi đoạn nhiệt 1 - 2 có công suất nén riêng l_0 ở entropy không đổi. Theo [6, 139] công suất nén riêng:

$$l_0 = h_2 - h_1, \text{ (kJ/kg)} \quad (2)$$

Trong đó: l_0 - công suất nén riêng (kJ/kg), h_2 - enthalpy của điểm trạng thái 2 (kJ/kg), h_1 - enthalpy của điểm trạng thái 1 (kJ/kg).

Quá trình ngưng tụ đẳng áp 2 - 3 có năng suất nhiệt dàn ngưng riêng q_k ở áp suất tác nhân lạnh không đổi. Theo [3, 139], năng suất nhiệt dàn ngưng riêng 2 - 3:

$$q_k = h_2 - h_3, \text{ (kJ/kg)} \quad (3)$$

Trong đó: q_k - năng suất nhiệt dàn ngưng riêng 2 - 3 (kJ/kg), h_2 - enthalpy của điểm trạng thái 2 (kJ/kg), h_3 - enthalpy của điểm trạng thái 3 (kJ/kg)

Từ công thức (3), ta suy ra năng suất nhiệt dàn ngưng riêng 2 - 2' thải ra mà ta tận dụng để làm nóng nước thông qua thiết bị trao đổi nhiệt:

$$q_{k'} = h_2 - h_{2'}, \text{ (kJ/kg)} \quad (4)$$

Trong đó: $q_{k'}$ - năng suất nhiệt dàn ngưng riêng 2 - 2' (kJ/kg), $h_{2'}$ - enthalpy của điểm trạng thái 2' (kJ/kg).

Hiệu suất lạnh của chu trình quá lạnh - quá nhiệt. Theo [6, 140], hiệu suất lạnh của chu trình:

$$\text{COP} = \frac{q_0}{l_0} \quad (5)$$

Trong đó: COP - hiệu suất lạnh của chu trình

Lưu lượng môi chất. Theo [6, 139], lưu lượng môi chất:

$$\dot{m} = \frac{Q_0}{q_0}, \text{ (kg/s)} \quad (6)$$

Trong đó: \dot{m} - lưu lượng môi chất (kg/s), Q_0 - năng suất lạnh (kW).

Theo [3, 139], công suất nén:

$$L_0 = \dot{m} \cdot l_0, \text{ (kW)} \quad (7)$$

Theo [3, 139], năng suất nhiệt dàn ngưng 2 - 3:

$$Q_k = \dot{m} \cdot q_k, \text{ (kW)} \quad (8)$$

Trong đó: Q_k - năng suất nhiệt dàn ngưng 2 - 3 (kW).

Từ công thức (8), ta suy ra năng suất nhiệt dàn ngưng 2 - 2' thải ra mà ta tận dụng để làm nóng nước thông qua thiết bị trao đổi nhiệt:

$$Q_{k'} = \dot{m} \cdot q_{k'}, \text{ kW} \quad (9)$$

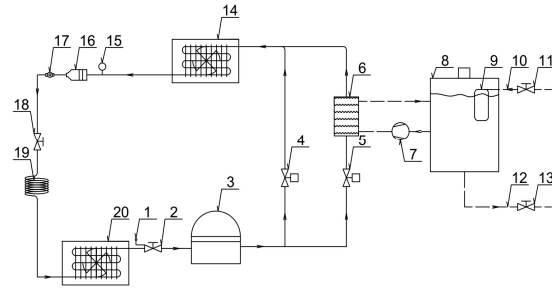
Trong đó: $Q_{k'}$ - năng suất nhiệt dàn ngưng 2 - 2' (kW).

Hiệu suất nhiệt tận dụng để làm nóng nước, từ công thức (3) và (4) ta có:

$$\eta = \frac{q_{k'}}{q_k} \quad (10)$$

3. Cơ sở lý thuyết

Mô tả hệ thống



Hình 2: Sơ đồ hệ thống bơm nhiệt cấp nước nóng tận dụng nhiệt thải máy điều hòa không khí

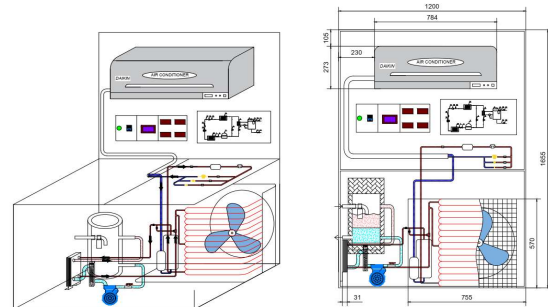
1, 2: Ti sặc và van tiết lưu tay 1. 3: Máy nén. 4: Van tiết lưu điện từ 1. 5: Van tiết lưu điện từ 2. 6: Bộ trao đổi nhiệt giữa hơi môi chất và nước. 7: Bơm cấp nước. 8: Bình trữ nước nóng. 9: Van phao cơ. 10: Đường nước cấp. 11: Van tay cấp nước. 12: Đường nước nóng ra sinh hoạt. 13: Van tay sử dụng nước nóng. 14: Dàn nóng và quạt dàn nóng. 15: Ti sặc. 16: Phin lọc. 17: Mất soi gas. 18: Van tiết lưu tay 2. 19: Cấp tiết lưu (ống mao). 20: Dàn lạnh và quạt dàn lạnh.

Trong đó, bộ trao đổi nhiệt giữa hơi môi chất và nước (6) được chọn là dạng tấm

Phương pháp thí nghiệm

Khi tận dụng nhiệt thải của máy ĐHKK để làm nóng nước, sẽ ảnh hưởng đến COP lạnh, tức là ảnh hưởng đến công suất lạnh Q_0 và công suất nén L_0 . Để khảo sát sự ảnh hưởng đó, tiến hành khảo sát các thông số làm việc của hệ thống khi cho hệ thống chạy chế độ làm lạnh bình thường và chạy chế độ tận dụng nhiệt thải ở các mức nhiệt độ nước nóng khác nhau. Đề xuất khảo nghiệm các mức nhiệt độ nước nóng $t_{\text{nước}}$ lần lượt là: 45, 50, 55 và 60 °C. Từ đó so sánh đối chiếu các thông số làm việc rồi suy ra sự ảnh hưởng đến COP lạnh khi tận dụng nhiệt thải để làm nóng nước ở các mức nhiệt độ.

Để số liệu được thực tế và chính xác, thực hiện lắp đặt dàn lạnh vào trong một phòng kín có kích thước dài x rộng x cao (mm) lần lượt là: 4000 x 2300 x 2600 (mm). Sau đó tiến hành cho hệ thống chạy để khảo nghiệm lần lượt các chế độ.

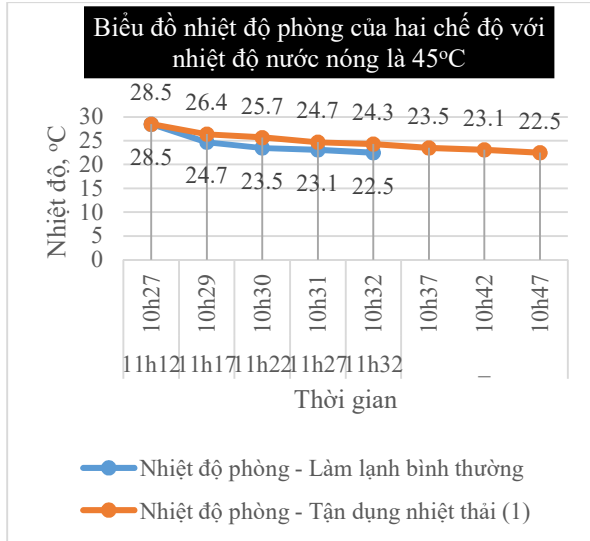


Hình 3: Bản vẽ tổng quát mô hình

Các thông số làm việc của hệ thống cần ghi nhận trong quá trình đo đạc bao gồm: Nhiệt độ nước cấp vào t_{w1} (°C), nhiệt độ nước nóng sau khi được gia nhiệt $t_{w2} = t_{\text{nước}}$ (°C) được đo bằng cảm biến nhiệt độ của bộ điều khiển đặt ở trong

bình trữ nước nóng; Hai đồng hồ đo áp suất bay hơi và ngưng tụ, trong đó đồng hồ đo áp suất bay hơi được gắn vào đường ống sau dàn bay hơi và đồng hồ đo áp suất ngưng tụ được gắn vào đường ống sau máy nén. Để xác định áp suất, nhiệt độ bay hơi p_0 (PSI), t_0 (°C) và áp suất, nhiệt độ ngưng tụ p_k (PSI), t_k (°C) của hệ thống; Điện năng tiêu thụ của hệ thống (máy nén) P (kW) được đo bằng công tơ điện từ để xác định công suất tiêu thụ điện của hệ thống. Bên cạnh đó, điện năng tiêu thụ của máy nén còn được xác định qua Ampe kim.

4. Kết quả nghiên cứu và khảo sát



Hình 4: Biểu đồ so sánh nhiệt độ phòng ở hai chế độ với nhiệt độ nước là 45°C

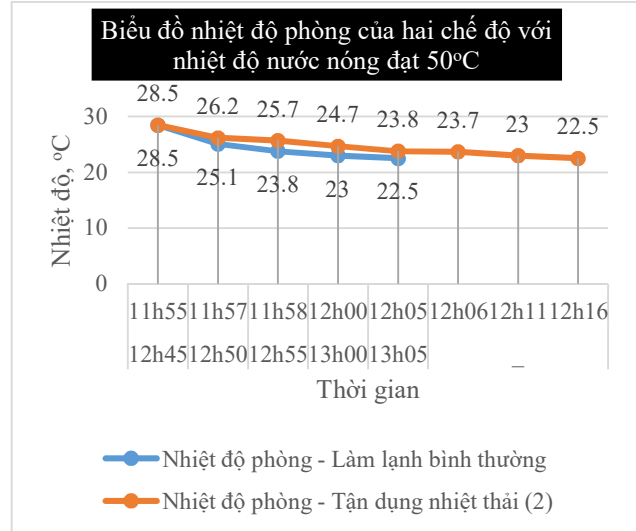
Từ biểu đồ ta nhận thấy ở chế độ làm lạnh bình thường khoảng thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ 28,5 °C xuống 24,7 °C là từ 11h12 đến 11h17 hay là 5 phút. Ở chế độ tận dụng nhiệt thải, khoảng thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ 28,5 °C xuống 24,7 °C tương ứng với lúc hệ thống tận dụng nhiệt thải là từ 10h27 đến 10h31 hay là 4 phút. Vậy thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ cùng một nhiệt độ xuống cùng một nhiệt độ như nhau, của hệ thống khi tận dụng nhiệt thải là nhanh hơn khi làm lạnh bình thường.

Từ các biểu đồ trên có thể tạm kết luận, khi tận dụng nhiệt thải ở nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 45$ °C thì $COP_{lạnh}$ của hệ thống lớn hơn hay tăng khi so với $COP_{lạnh}$ của hệ thống khi làm lạnh bình thường.

So sánh $COP_{lạnh}$ của hệ thống giữa hai chế độ ở nhiệt độ phòng 24,7 °C, tương ứng với nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 45$ °C.

Bảng 1: So sánh $COP_{lạnh}$ của hệ thống giữa hai chế độ với nhiệt độ nước nóng đạt 45°C

$COP_{lạnh}$ - Làm lạnh bình thường	3,93
$COP_{lạnh}$ - Tận dụng nhiệt thải	4,20



Hình 5: Biểu đồ so sánh nhiệt độ phòng ở hai chế độ với nhiệt độ nước là 50°C

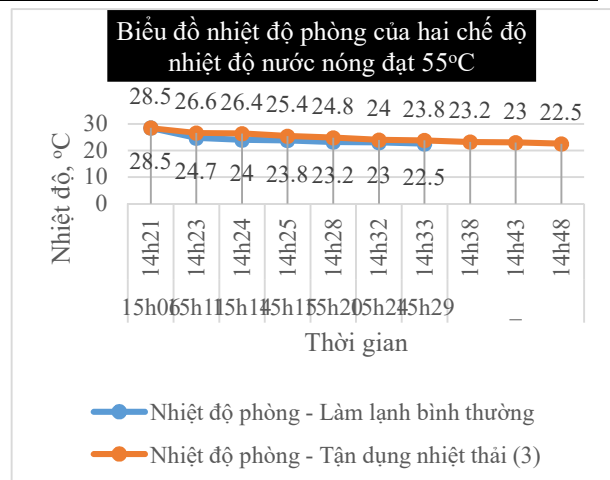
Ở chế độ làm lạnh bình thường khoảng thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ 28,5 °C xuống 23,8 °C là từ 12h45 đến 12h55 hay là 10 phút. Ở chế độ tận dụng nhiệt thải (2) khoảng thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ 28,5 °C xuống 23,8 °C tương ứng với lúc hệ thống tận dụng nhiệt thải là từ 11h55 đến 12h05 hay là 10 phút. Vậy thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ cùng một nhiệt độ xuống cùng một nhiệt độ như nhau, của hệ thống khi tận dụng nhiệt thải là như nhau khi so với làm lạnh bình thường.

Từ các biểu đồ trên có thể tạm kết luận, khi tận dụng nhiệt thải ở nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 50$ °C thì $COP_{lạnh}$ của hệ thống gần như không thay đổi nhiều khi so với $COP_{lạnh}$ của hệ thống khi làm lạnh bình thường.

So sánh $COP_{lạnh}$ của hệ thống giữa hai chế độ ở nhiệt độ phòng 23,8 °C, tương ứng với nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 50$ °C.

Bảng 2: So sánh $COP_{lạnh}$ của hệ thống giữa hai chế độ với nhiệt độ nước là 50°C

$COP_{lạnh}$ - Làm lạnh bình thường	4,10
$COP_{lạnh}$ - Tận dụng nhiệt thải (2)	4,14



Hình 6: Biểu đồ so sánh nhiệt độ phòng ở hai chế độ với nhiệt độ nước là 55°C

Nhận xét: Từ biểu đồ ta nhận thấy ở chế độ làm lạnh bình thường khoảng thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ 28,5 °C xuống 24 °C là từ 15h06 đến 15h14 hay là 8 phút. Ở chế độ tận dụng nhiệt thải (3) khoảng thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ 28,5 °C xuống 24 °C tương ứng với lúc hệ thống tận dụng nhiệt thải là từ 14h21 đến 14h32 hay là 11 phút. Vậy thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ cùng một nhiệt độ xuống cùng một nhiệt độ như nhau, của hệ thống khi tận dụng nhiệt thải là lâu hơn khi so với làm lạnh bình thường.

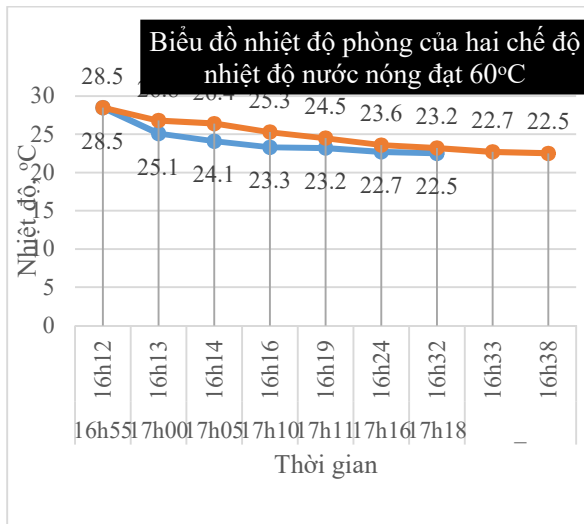
Từ các biểu đồ trên có thể tạm kết luận, khi tận dụng nhiệt thải ở nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 55\text{ °C}$ thì $COP_{lạnh}$ của hệ thống thấp hơn hay là giảm khi so với $COP_{lạnh}$ của hệ thống khi làm lạnh bình thường.

So sánh $COP_{lạnh}$ của hệ thống giữa hai chế độ ở nhiệt độ phòng 24 °C, tương ứng với nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 55\text{ °C}$.

Bảng 3: So sánh $COP_{lạnh}$ của hệ thống giữa hai chế độ với nhiệt độ nước nóng đạt 55°C

$COP_{lạnh}$ - Làm lạnh bình thường	4,12
$COP_{lạnh}$ - Tận dụng nhiệt thải	3,90

Từ bảng so sánh, ta thấy khi tận dụng nhiệt thải ở nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 55\text{ °C}$, dung tích nước làm nóng là 7 lít thì $COP_{lạnh}$ của hệ thống thấp hơn hay giảm khi so với $COP_{lạnh}$ của hệ thống khi làm lạnh bình thường.



Hình 7: Biểu đồ so sánh nhiệt độ phòng ở hai chế độ nhiệt độ nước nóng đạt 60°C

Ta nhận thấy ở chế độ làm lạnh bình thường khoảng thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ 28,5 °C xuống 23,2 °C là từ 16h55 đến 17h11 hay là 16 phút. Ở chế độ tận dụng nhiệt thải (4) khoảng thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ 28,5 °C xuống 23,2 °C tương ứng với lúc hệ thống tận dụng nhiệt thải là từ 16h12 đến 16h32 hay là 20 phút. Vậy thời gian để nhiệt độ phòng giảm từ cùng một nhiệt độ xuống cùng một nhiệt độ như nhau, của hệ thống khi tận dụng nhiệt thải là lâu hơn khi so với làm lạnh bình thường.

Từ các biểu đồ trên có thể tạm kết luận, khi tận dụng nhiệt thải ở nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 60\text{ °C}$ thì $COP_{lạnh}$ của hệ thống thấp hơn hay là giảm khi so với $COP_{lạnh}$ của hệ thống khi làm lạnh bình thường.

So sánh $COP_{lạnh}$ của hệ thống giữa hai chế độ ở nhiệt độ phòng 23,2 °C, tương ứng với nhiệt độ nước nóng $t_{nước} = 60\text{ °C}$.

Bảng 4: So sánh $COP_{lạnh}$ của hệ thống giữa hai chế độ với nhiệt độ nước nóng đạt 60°C

$COP_{lạnh}$ - Làm lạnh bình thường	4,02
$COP_{lạnh}$ - Tận dụng nhiệt thải	3,92

5. Kết luận

Bài báo trình bày nghiên cứu thực nghiệm đánh giá hệ số COP của bơm nhiệt cấp nước nóng tận dụng nhiệt thải từ máy điều hòa không khí hai khối sử dụng môi chất lạnh R22. Kết quả cho thấy:

- Nhiệt độ nước gia nhiệt đạt 50°C được tận dụng từ nguồn nhiệt thải của máy điều hòa không khí đạt hệ số COP 4,14 và đảm bảo vẫn làm lạnh được cho người sử dụng ở nhiệt độ 23,8°C.

- Thí nghiệm so sánh nhiệt độ nước nóng từ 45°C đến 60°C thì nhiệt độ nước nóng đạt 50°C có chỉ số COP hiệu quả nhất.

Từ những kết quả thí nghiệm trên cho thấy việc tận dụng nhiệt thải từ máy điều hòa không khí hai khối để gia nhiệt nước nóng cung cấp cho hộ gia đình nhằm tiết kiệm nguồn năng lượng là điều cần thiết.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng, Khoa Công nghệ Nhiệt – Lạnh đã tạo điều kiện để nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

[1] Tô Uyên. “An ninh năng lượng gắn với phát triển bền vững”. Ngày 9 tháng 08 năm 2018. Thời báo Tài chính Việt Nam Online, Cơ quan của Bộ Tài chính. Truy cập năm 2020. <<http://thoibaotaichinhvietnam.vn/pages/kinh-doanh/2018-08-09/an-ninh-nang-luong-gan-voi-phat-trien-ben-vung-60791.aspx>>

[2] “Tính công suất máy nước nóng dùng cho gia đình”. Megasun solar. Truy cập năm 2020.

<<https://megasunsolar.vn/tinh-cong-suat-may-nuoc-nong-dung-cho-gia-dinh.html>>

[3] TS. Nguyễn Thanh Hào. *Cơ sở kỹ thuật lạnh*. NXB Đại học Quốc gia, TP. Hồ Chí Minh, 2016.

[4] Evan, M. W., Sam M. S., & Xiaohua, X. (2016). Optimal operation of integrated heat pump-instant water heaters with renewable energy. *Energy Procedia*, 105, 2151-2156.

[5] Feng, L., Jun, S., Taixiu, L., & Hongguang, J. (2016). Performance investigation of a combined heat pump transformer operating with water/lithium bromide. *Energy Conversion and Management*, 140, 295-306.

[6] Fujun, J., & Xiaowei, F. (2018). Experimental investigation on a heat pump water heater using R744/R290 mixture for domestic hot water. *International Journal of Thermal Sciences*, 132, 1-13.

[7] Ho-sang, L., Hyeon-Ju, K., Dong-gyu, K., & Dongsoo, J. (2012). Thermodynamic performance of R32/R152a mixture for water source heat pumps. *Energy*, 40, 100-106.

[8] Jingyong, C., Jie, J., Yunyun, W., Fan, Z., & Bendong Y. (2017). A novel PV/T-air dual source heat pump water heater system: Dynamic simulation and performance characterization. *Energy Conversion and Management*, 148, 635-645.

[9] Nguyen, D. L. (2010). *Bơm nhiệt – cứu cánh của nhân loại*. [Heat pump - salvage of mankind] Khoa Hoc & Công Nghệ Nhiệt, 91.

[10] Nguyen, D. V. (2006). *Thiết kế chế tạo và thử nghiệm bơm nhiệt đun nước nóng sử dụng dàn lạnh không khí*. [Design, manufacture and test heat pump water heater using air conditioner] Khoa Hoc & Công Nghệ Nhiệt, 68.

[11] Nguyen, M. H. (2009). *Bơm nhiệt với chương trình tiết kiệm năng lượng và hướng nghiên cứu mới*. [Heat

pump with energy saving program and new research direction]. *Khoa Hoc & Công Nghệ Nhiệt*, 86.

[12] Nguyen, N. A. (2013). *Nghiên cứu chế tạo bơm nhiệt đun nước nóng gia nhiệt*. [Study on manufacturing heat pump for heating water]. Nang Luong Nhiệt, 109.

[13] Shigeharu, T., & Tomoyuki, H. (2014). Evaluation of Performance of Heat Pump System using R32 and HFO-mixed Refrigerant. *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, 1451.

[14] Tianji, L., Zhiyuan, L., & Guoqing, H. (2016). Experiments of a Heat Pump Water Heating System Using Stored Solar Energy to Defrost. *Energy Procedia*, 105, 1130-1135.

[15] Nhựt LM, Thái NV. *Nghiên cứu thu hồi nhiệt thải của hệ thống điều hòa không khí water chiller giải nhiệt nước nhằm nâng cao hiệu quả của bơm nhiệt cấp nước nóng*. Tạp chí khoa học và công nghệ ĐH Đà Nẵng. 2019.

[16] Nhựt LM, Danh TQ. *Nghiên cứu thực nghiệm bơm nhiệt cấp nước nóng sử dụng môi chất lạnh mới R32 ở điều kiện khí hậu Thành Phố Hồ Chí Minh*. Tạp chí khoa học và công nghệ ĐH Đà Nẵng. 2019.

