

# NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM MÁY LẠNH THU HỒI NHIỆT ĐỂ CUNG CẤP ĐỒNG THỜI NHIỆT - LẠNH

## STUDY ON THE FABRICATION AND TESTING OF AIR CONDITIONING HEAT RECOVERY TO OFFER HEAT – COLD AT THE SAME TIME

Nguyễn Công Vinh, Hồ Trần Anh Ngọc

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng; [nvinc@ute.udn.vn](mailto:nvnh@ute.udn.vn)

**Tóm tắt** - Hiện nay, đa phần nguồn nhiệt từ thiết bị ngưng tụ của các loại máy lạnh đều thải ra môi trường. Trong khi đó, nhu cầu sử dụng nước nóng phục vụ sinh hoạt của con người là rất lớn. Để tiết kiệm năng lượng, bài báo đã trình bày một máy lạnh được sử dụng để sản xuất nước lạnh cung cấp cho hệ thống điều hòa không khí, đồng thời có thu hồi một phần nhiệt thải ra từ môi chất lạnh trong bình ngưng làm tăng nhiệt độ của nước ( $40 \div 45$ ) $^{\circ}\text{C}$  qua quá trình trao đổi nhiệt. Sau khi xây dựng và chế tạo mô hình, chúng tôi tiến hành thí nghiệm đo đạc các thông số vào, ra trong khoảng thời gian và điều kiện nhất định. Đánh giá và so sánh số liệu thu được bằng phương pháp mô phỏng, đưa ra thông số ảnh hưởng đến quá trình thực nghiệm. Kết quả cho thấy, khả năng thu hồi nhiệt của hệ thống máy lạnh thực tế đạt được gần 38%, nguồn năng lượng này dùng để cung cấp nước nóng thay vì phải sử dụng điện trở hoặc nguồn năng lượng khác.

**Từ khóa** - Tiết kiệm năng lượng; nhiệt độ; nước nóng; tháp giải nhiệt; phụ tải nhiệt.

### 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, vấn đề tối ưu hóa và sử dụng năng lượng vào mục đích phục vụ con người là mối quan tâm hàng đầu cho các chủ đầu tư, các nhà thiết kế trong lĩnh vực điều hòa không khí cũng như cung cấp nước nóng. Vì thế, việc phát triển các hệ thống sử dụng năng lượng một cách tiết kiệm trở thành khâu then chốt, có tính chiến lược để phát triển kinh tế của đất nước nói riêng và thế giới nói chung. Với mục tiêu làm sao chỉ ra được những biện pháp hữu hiệu nhằm tiết kiệm năng lượng có thể ứng dụng trong nước là vấn đề đang được quan tâm nhiều hiện nay của các nhà khoa học tại Việt Nam. Điển hình trong quá trình sinh hoạt của con người thì nhu cầu sử dụng điều hòa không khí và nước nóng là những nguồn tiêu thụ điện năng khá lớn ở những nơi như khu công nghiệp chế biến thủy sản, nhà hàng, khách sạn [3] ... Hiện nay, việc sử dụng các thiết bị gia nhiệt bằng điện trực tiếp, tuy có nhiều ưu điểm nhưng chưa mang lại hiệu quả nhiều về việc tiết kiệm năng lượng. Trong nghiên cứu này việc sử dụng máy lạnh để sản xuất nước lạnh phục vụ cho quá trình điều hòa không khí kiểu làm lạnh bằng nước, đồng thời thu hồi một phần nhiệt lượng thải ra từ môi chất để cung cấp nước nóng có nhiệt độ dao động từ ( $40^{\circ}\text{C} \div 45^{\circ}\text{C}$ ), rất phù hợp cho quá trình sinh hoạt của con người và sản xuất. Điều này sẽ mang lại hiệu quả năng lượng rất lớn và cũng góp phần giảm thiểu đáng kể việc sử dụng nguồn điện sẵn có nhằm đáp ứng nhu cầu phát triển công nghiệp hóa hiện đại hóa đất nước cũng như bảo vệ môi trường.

### 2. Nội dung nghiên cứu

Trong hoạt động của máy lạnh, làm lạnh nước để cung cấp cho các dàn lạnh trong hệ thống điều hòa kiểu làm

**Abstract** - Currently, most of the heat from the condensing devices of the type of air conditioning is discharged to the environment. Meanwhile, demand on hot water for human activities is huge. To save energy, the article has presented an air conditioning used to supply cold water for the air conditioning system, and has recovered a portion of waste heat from the refrigerant in the condenser which increases the temperature of the water ( $40 \div 45^{\circ}\text{C}$ ) through the process of heat exchange. After building the model, we have conducted experiments to measure the parameters in and out in about the time and conditions. Evaluation and comparison of data are obtained by simulation methods, putting out the parameters that influence the experimental process. The results show that the possibility of heat recovery of air-conditioning system in fact achieves near 38%. This source of energy is used to provide hot water instead of resistors or other energy sources.

**Key words** - Save energy; temperature; hot water; cooling tower; heatload.

lạnh bằng nước (phụ tải lạnh), nhiệt thải từ thiết bị ngưng tụ được xem là nguồn nhiệt thải có nhiệt độ thấp. Tuy nhiên, nhiệt độ này vẫn cao hơn khá nhiều so với nhiệt độ môi trường xung quanh. Trên thực tế lượng nhiệt thừa này sẽ thải vào môi trường, nó làm nóng khu vực được trang bị điều hòa và điều hòa này là không có lợi. Để tiết kiệm điện năng sử dụng trong việc cung cấp nước nóng (phụ tải nhiệt) sinh hoạt và điều hòa không khí của con người. Xuất phát từ ý tưởng này, chúng tôi trình bày nghiên cứu lý thuyết cũng như chế tạo và thử nghiệm mô hình máy lạnh làm lạnh nước có thu hồi một phần nhiệt lượng của môi chất lạnh gia nhiệt cho nước để cung cấp nước nóng sinh hoạt. Phần còn lại được đưa đến tháp giải nhiệt và thải ra môi trường, giúp cho hiệu quả làm việc của hệ thống tăng lên mà không làm ảnh hưởng đến chế độ làm việc bình thường của hệ thống máy lạnh.

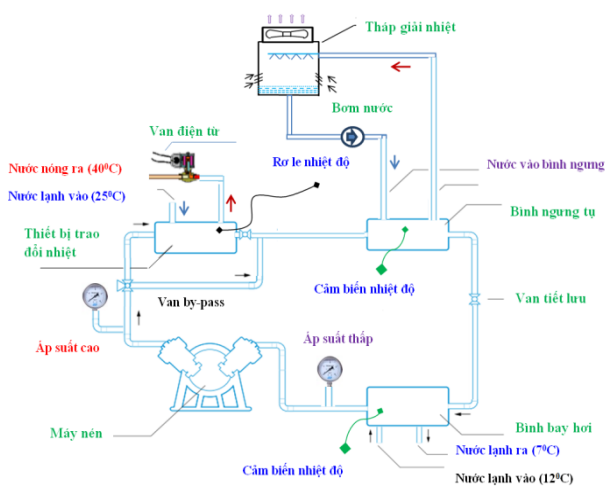
#### 2.1. Mô hình hóa quá trình trao đổi năng lượng của máy lạnh

##### 2.1.1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống

Máy lạnh thu hồi nhiệt là loại máy cung cấp nước lạnh (nhiệt độ  $5^{\circ}\text{C} \div 7^{\circ}\text{C}$ ) cho các phụ tải lạnh, cụ thể ở đây là hệ thống điều hòa không khí làm lạnh bằng nước (Water Chiller) và có thu hồi một phần nhiệt thừa của hơi quá nhiệt trong bình ngưng tụ để cung cấp nước nóng (nhiệt độ  $40^{\circ}\text{C} \div 45^{\circ}\text{C}$ ) cho các phụ tải nhiệt như nấu ăn, tắm rửa, quá trình sản xuất... của con người. Phần nhiệt thừa còn lại sẽ thải vào môi trường qua thiết bị tháp giải nhiệt.

Theo đánh giá thực tế, sơ đồ nguyên lý máy lạnh thu hồi nhiệt trong Hình 1 gồm các bộ phận sau: Máy nén; thiết bị trao đổi nhiệt; bình ngưng tụ; bình bay hơi; thiết bị tiết lưu; tháp giải nhiệt; đồng hồ đo; bơm nước; thiết bị điều

khí; hệ thống đường ống dẫn; cảm biến... Trong mô hình máy lạnh thu hồi nhiệt được thiết kế và chế tạo, nhiệt độ ngưng tụ của môi chất được khảo sát trong khoảng ( $45^{\circ}\text{C} \div 50^{\circ}\text{C}$ ) tương ứng với áp suất ( $12\text{bar} \div 15\text{bar}$ ) và nhiệt độ sôi của môi chất đạt được từ ( $-5^{\circ}\text{C} \div 0^{\circ}\text{C}$ ) tương ứng với áp suất ( $2\text{bar} \div 3\text{bar}$ ). Khả năng bay hơi và hấp thụ năng lượng cũng được xét đến trong mục này.



**Hình 1.** Sơ đồ nguyên lý hệ thống cung cấp nhiệt - lạnh đồng thời bằng máy lạnh thu hồi nhiệt

### 2.1.2. Quá trình làm việc

Khi không thu hồi nhiệt thải (trong thiết bị trao đổi nhiệt không có nước vào bình), van by-pass sẽ mở ra, môi chất lạnh đi trực tiếp vào bình ngưng tụ. Lúc này, toàn bộ lượng nhiệt của môi chất đều thải ra cho nước trong bình ngưng tụ và sau đó được đưa đến tháp giải nhiệt.

Khi có thu hồi nhiệt thải, lúc này van mở ra cho nước vào thiết bị trao đổi nhiệt. Tại đây, môi chất đi qua thiết bị trao đổi nhiệt (van by pass đóng lại) rồi đến bình ngưng tụ, nước nhận nhiệt chủ yếu là phần hơi quá nhiệt, đến khi đạt nhiệt độ yêu cầu cài đặt từ  $40^{\circ}\text{C} \div 45^{\circ}\text{C}$  (nhưng vẫn thấp hơn nhiệt độ ngưng tụ của môi chất lạnh), thì rơle nhiệt độ tác động mở van cho nước nóng ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt và cung cấp cho các phụ tải nhiệt. Trong mô hình, chúng tôi tính toán tỷ lệ phần trăm diện tích trao đổi nhiệt giữa hai thiết bị và bố trí hợp lý sao cho phần lớn hơi quá nhiệt của môi chất lạnh để gia nhiệt cho nước, phần còn lại là hơi bão hòa được ngưng tụ lại tại thiết bị ngưng tụ.

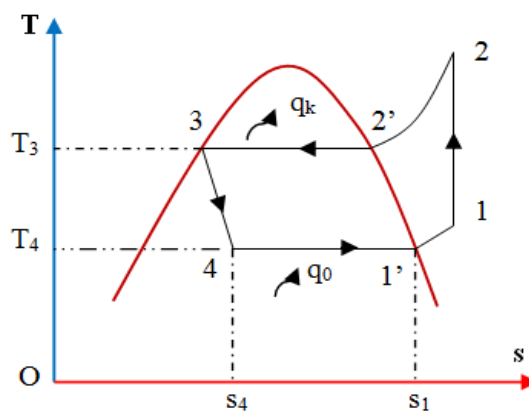
Phương trình cân bằng nhiệt cho máy lạnh:

$$Q_{th} + Q_t = L_{mn} + Q_2 \quad (1)$$

Với  $Q_{th}$  – nhiệt lượng thu hồi ở bình ngưng;  $Q_t$  – nhiệt lượng thải vào môi trường diễn ra ở tháp giải nhiệt;  $L_{mn}$  – công máy nén;  $Q_2$  – nhiệt lượng nhận được từ nguồn lạnh.

Thiết lập sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy lạnh, từ đó thu hồi một phần nhiệt lượng thải ra của môi chất lạnh trong bình ngưng tụ để làm nóng nước lạnh qua việc trao đổi nhiệt. Đồng thời tác giả xây dựng đồ thị hoạt động của máy lạnh như sau: 1'-2: quá trình nén đoạn nhiệt hơi môi chất từ áp suất thấp, nhiệt độ thấp lên áp suất cao, nhiệt độ cao trong máy nén hơi; 2-3: quá trình ngưng tụ đẳng áp, thu nhiệt của nước cần làm lạnh.

cho nước; 3-4: quá trình tiết lưu đẳng entanpi của môi chất lỏng qua van tiết lưu từ áp suất cao xuống áp suất thấp; 4-1': quá trình bay hơi đẳng áp, đẳng nhiệt ở áp suất thấp, thu nhiệt của nước cần làm lạnh.



**Hình 2.** Đồ thị T-s của máy lạnh một cấp

## 2.2. Những yếu tố chính ảnh hưởng đến quá trình thu hồi nhiệt

### 2.2.1. Ảnh hưởng nhiệt độ ngưng tụ của môi chất lạnh

Theo biểu thức (1) nhận thấy lượng nhiệt tỏa ra từ thiết bị ngưng tụ là rất lớn, nó bằng nhiệt lượng thu vào từ dàn lạnh cộng với công tiêu thụ cho máy nén [1]. Vì vậy, nhằm tiết kiệm năng lượng, tác giả sử dụng một phần lượng nhiệt thừa mà nước nhận được từ môi chất lạnh tỏa ra để cung cấp nước nóng cho phụ tải nhiệt nhưng đảm bảo hệ thống máy lạnh vẫn hoạt động bình thường.

Chỉ số hiệu quả năng lượng của máy lạnh thu hồi nhiệt ( $\eta$ ) được tính như sau:

$$\eta = \frac{Q_{th} + Q_2}{L_{mn}} \quad (2)$$

Quan sát trên đồ thị T-s và biểu thức (2), nhận thấy có thể thu hồi toàn bộ lượng nhiệt tỏa ra từ bình ngưng tụ  $q_k$  nếu nhiệt độ nước nóng cung cấp cho phụ tải nhiệt có giá trị thấp hơn nhiệt độ ngưng tụ của hệ thống máy lạnh giải nhiệt bằng nước. Mặt khác, qua nghiên cứu khảo sát các loại môi chất lạnh như R134a; R32; R410a... nhận thấy giá trị  $\eta$  của môi chất lạnh càng cao khi nhiệt độ ngưng tụ càng thấp [2]. Tuy nhiên, trên thực tế hiệu quả thu hồi chưa đạt tối đa vì chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố khác như áp suất ngưng tụ, loại môi chất lạnh, loại máy nén...

### 2.2.2. Ảnh hưởng của loại môi chất lạnh và nhiệt độ cuối tầm nén

Hiện nay, các máy lạnh đang được sử dụng với nhiều loại môi chất lạnh khác nhau, trong đó chủ yếu vẫn là R134a; R410a; R32. Dựa vào thông số trạng thái của các điểm nút trên chu trình hệ thống, ta nhận thấy nhiệt độ của hơi cao áp sau khi nén nằm dao động phổ biến trong khoảng ( $65 \div 75$ ) $^{\circ}\text{C}$ . Với môi chất lạnh R134a khi nhiệt độ ngưng tụ thay đổi trong khoảng ( $40 \div 50$ ) $^{\circ}\text{C}$  thì nhiệt độ sau máy nén thay đổi trong khoảng ( $60 \div 73$ ) $^{\circ}\text{C}$ . Tuy nhiên trên thực tế khi máy nén hoạt động đều có các tổn thất áp suất, quá trình nén không thuận nghịch... Vì thế chỉ số thu hồi nhiệt thải thực tế có thể được tính trên cơ sở lượng nhiệt mà nước nóng trong bình ngưng tụ nhận được

so với lượng điện năng tiêu thụ của máy lạnh [2]. Kết quả này được kiểm chứng ở phần thực nghiệm trên mô hình.

### 2.3. Mô hình thực nghiệm

Mô hình máy lạnh được thiết kế và chế tạo để thu hồi một phần nhiệt lượng  $Q_{th}$  khoảng 30 ÷ 45% tổng nhiệt thải ra của máy lạnh [1]. Vì vậy chỉ số hiệu quả năng lượng của máy lạnh thu hồi nhiệt sẽ lớn hơn máy lạnh thông thường chỉ có cung cấp lạnh. Máy lạnh thu hồi nhiệt rất phù hợp với hệ thống làm lạnh nước để cung cấp cho hệ thống điều hòa không khí kiểu Water Chiller ở các công trình lớn.



Hình 3. Mô hình thực nghiệm của máy lạnh

#### 2.3.1. Tính chọn các thiết bị chính

Với các thông số đầu vào như năng suất nước nóng chọn  $M = 10$  lít; nhiệt độ nước lạnh vào bình chọn  $t_1 = 25^\circ\text{C}$ ; nhiệt độ nước nóng ra chọn  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ ; thời gian vận hành máy  $\tau = 2$  giờ; môi chất lạnh sử dụng trong hệ thống R134a; nhiệt dung riêng của nước  $C_n = 4186 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$ ;

Nhiệt lượng cần thiết để nâng khối lượng của nước từ nhiệt độ  $t_1$  đến  $t_2$  trong khoảng thời gian  $\tau$  là:

$$Q = \frac{M \cdot C_n (t_2 - t_1)}{\tau}; \text{ (W)} \quad (3)$$

Thay số liệu, ta được kết quả nhiệt lượng yêu cầu của hệ thống là 87 (W). Do có thêm các tổn thất nhiệt như tổn thất trên đường ống, do bảo ôn bình chứa... nên nhiệt lượng trên thực tế chọn tăng lên khoảng 10% (hệ số dự trữ  $k_{dt} = 1,1$ ). Vậy công suất của thiết bị là:  $Q_k = Q \cdot k_{dt} = 96 \text{ (W)}$ .

Dựa vào đồ thị, tra bảng và tính nội suy kết quả, xác định được thông số trạng thái các điểm nút của chu trình với môi chất lạnh R134a: Năng suất lạnh riêng của chu trình:  $q_0 = i_1 - i_4 = 146 \text{ (kJ/kg)}$ ; năng suất nhiệt ngưng tụ riêng:  $q_k = i_2 - i_3 = 180 \text{ (kJ/kg)}$ ; năng suất lạnh của máy nén:

$$Q_0 = Q_k \frac{q_0}{q_k} = 96 \frac{146}{180} = 78 \text{ (W)}.$$

Diện tích trao đổi nhiệt của bình ngưng tụ:

$$F_k = \frac{Q_k}{q_k} = \frac{Q_k}{k_k \cdot \Delta t}; \text{ (m}^2\text{)} \quad (4)$$

Trong đó:  $\Delta t$  - độ chênh nhiệt độ trung bình logarit;  $Q_k$  - năng suất nhiệt ngưng tụ;  $k_k$  - hệ số truyền nhiệt. Theo tài liệu [4] chọn độ chênh nhiệt độ trung bình logarit  $\Delta t = 5^\circ\text{K}$  và  $k_k = 750 \text{ W/m}^2\text{.K}$ . Kết quả tính toán được  $F_k = 0,026 \text{ m}^2$ .

Diện tích trao đổi nhiệt của bình bay hơi:

$$F_0 = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{Q_0}{k_0 \cdot \Delta t}; \text{ (m}^2\text{)} \quad (5)$$

Theo tài liệu [4] chọn độ chênh nhiệt độ trung bình logarit  $\Delta t = 6^\circ\text{K}$  và hệ số truyền nhiệt  $k_0 = 350 \text{ W/m}^2\text{.K}$ . Kết quả tính toán được  $F_0 = 0,037 \text{ m}^2$ ; với  $Q_0$  là năng suất lạnh của máy nén.

#### 2.3.2. Chế tạo mô hình

Để thu hồi nhiệt thải, hệ thống thực nghiệm bao gồm các thiết bị như sau: Máy nén kín công suất tiêu thụ điện khoảng 110W/h; bình ngưng tụ có dung tích 10 lít đảm bảo giải nhiệt tốt; bình bay hơi có dung tích 8 lít đảm bảo cung cấp đủ cho phụ tải lạnh; thiết bị tiết lưu; hai bơm nước tuần hoàn công suất 30W; tháp giải nhiệt; hệ thống đường ống nước; thiết bị đo nhiệt độ nước, cường độ dòng điện và áp suất ngưng tụ của môi chất; thùng nước nóng 15lít được bọc cách nhiệt và các thiết bị phụ khác. Tất cả các thông số của thiết bị đã được tính chọn phù hợp với dữ kiện ban đầu, làm việc an toàn và ổn định.

Hệ thống được trang bị một van by-pass được lắp đặt để mô hình có thể hoạt động hai chế độ có thu hồi và không thu hồi nhiệt thải. Khi nước trong bình ngưng tụ nhận nhiệt của môi chất lạnh sau khi nóng lên đến nhiệt độ yêu cầu sẽ được đưa sang bình chứa nhờ van điện từ mở ra để sử dụng.

### 2.4. Kết quả thực nghiệm và bàn luận

Khi xây dựng thiết bị thực nghiệm, chúng tôi dựa trên các nguyên tắc là thực nghiệm phải lặp đi lặp lại nhiều lần đo đạc và ở nhiều thời điểm khác nhau trong ngày. Trên cơ sở số liệu đo được, tiến hành phân tích và xử lý kết quả.



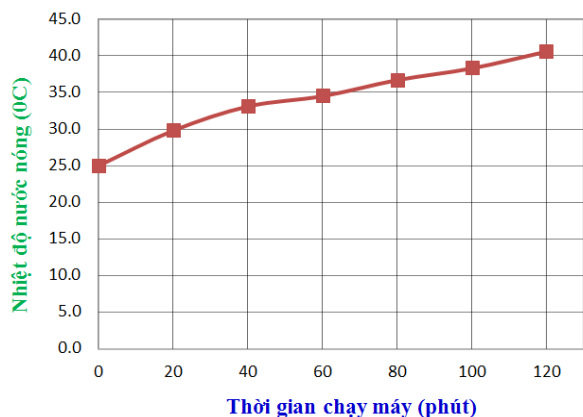
Hình 4. Các thiết bị đo chuyên dụng

#### 2.4.1. Sự thay đổi nhiệt độ trung bình của nước nóng trong bình trao đổi nhiệt theo thời gian

Lúc đầu nhiệt độ của nước tăng nhanh do nước trong bình có nhiệt độ thấp ( $25^\circ\text{C}$ ) nên phần lớn lượng nhiệt thải từ môi chất lạnh (hơi quá nhiệt từ điểm 2 đến 2' thể hiện trên đồ thị T-s) được nước hấp thụ và có thể xem đây là máy lạnh giải nhiệt bằng nước [3]. Khi nhiệt độ nước tăng, nhiệt độ và áp suất ngưng tụ của môi chất tăng theo, đến khi nhiệt độ nước tăng gần bằng nhiệt độ ngưng tụ của môi chất lạnh thì lượng nhiệt mà nước trong bình nhận được bắt đầu giảm.

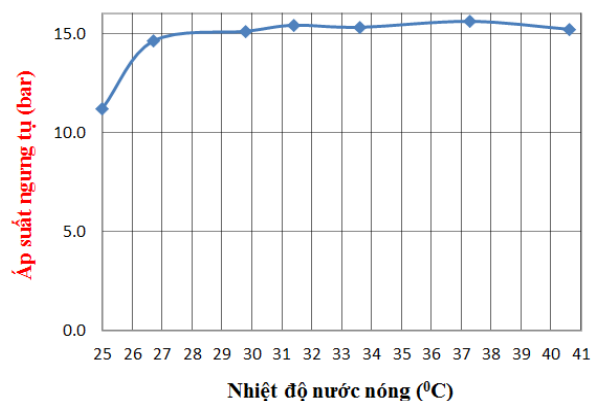
Khi nhiệt độ nước trong bình ngưng tụ càng tăng thì áp suất ngưng tụ môi chất càng tăng. Tuy nhiên, khi nhiệt độ nước nóng lớn hơn  $40^\circ\text{C}$  (gần bằng nhiệt độ ngưng tụ của môi chất) thì rơi nhiệt độ tác động mở van điện từ

để đưa nước sang bình chứa cung cấp cho các phụ tải nhiệt nhằm đảm bảo cho hệ thống máy lạnh hoạt động an toàn, phần còn lại được đưa sang bình ngưng để giải nhiệt. Các giá trị này được đo liên tục trong suốt quá trình thực nghiệm và thể hiện ở Hình 5.



**Hình 5.** Sự thay đổi nhiệt độ trung bình của nước theo thời gian gia nhiệt

#### 2.4.2. Sự thay đổi áp suất ngưng tụ của môi chất theo nhiệt độ nước nóng



**Hình 6.** Sự thay đổi áp suất ngưng tụ theo nhiệt độ của nước nóng

Khi nhiệt độ nước trong bình trao đổi nhiệt càng tăng thì áp suất ngưng tụ môi chất càng tăng. Tuy nhiên khi nhiệt độ nước lớn hơn 40°C thì áp suất không tăng nữa và giữ ổn định ở giá trị gần bằng với giá trị áp suất của hệ thống khi chạy bình thường (không thu hồi nhiệt thải). Điều này được lý giải là do bộ trao đổi nhiệt thu hồi nhiệt thải mắc nối tiếp với bình ngưng tụ giải nhiệt bằng nước. Do đó, khi nhiệt độ nước nóng trong bình tăng cao hơn nhiệt độ ngưng tụ tương ứng với áp suất ngưng tụ thì môi chất lạnh bắt đầu ngưng tụ trong bình ngưng của máy lạnh và lúc này hệ thống hệ hoạt động ở áp suất ngưng tụ ổn định tương ứng với giá trị của máy lạnh giải nhiệt bằng nước.

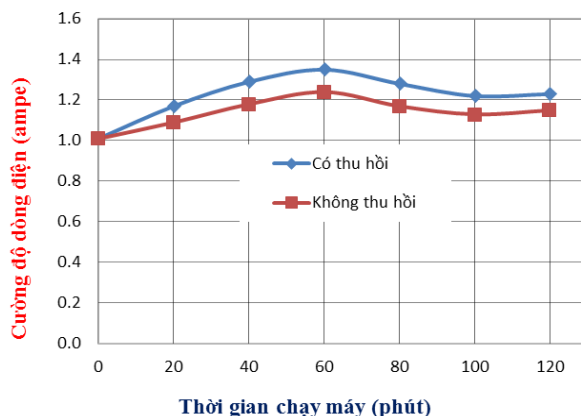
Trên thực tế phụ tải nhiệt trong phòng và nhiệt độ môi trường bên ngoài luôn thay đổi nên áp suất ngưng tụ của môi chất lạnh cũng thay đổi theo. Nên khi các thông số này thay đổi kéo theo áp suất ngưng tụ cũng tăng giảm theo và được thể hiện trên Hình 6.

#### 2.4.3. Sự thay đổi cường độ dòng điện theo thời gian vận hành

Đối với trường hợp không thu hồi nhiệt thải thì cường độ dòng điện tương đối ổn định trong suốt thời gian máy

lạnh hoạt động.

Đối với trường hợp có thu hồi nhiệt thải, khi hệ thống mới bắt đầu hoạt động, cường độ dòng điện có giá trị theo định mức (vì nhiệt độ của nước trong bình lúc này còn thấp). Khi nhiệt độ nước tăng dần thì cường độ dòng điện tăng, nhưng không vượt quá giá trị hoạt động của máy lạnh khi không thu hồi nhiệt thải. Vì vậy, điều này có thể khẳng định rằng khi máy lạnh có thu hồi nhiệt thải, có thể tiết kiệm được một phần năng lượng khi nhiệt độ nước trong bình dự trữ có giá trị nhỏ hơn 40°C.



**Hình 7.** Sự thay đổi cường độ dòng điện theo thời gian trong hai trường hợp

Qua kết quả đo đạc các thông số từ thực nghiệm, nhận thấy trong trường hợp có thu hồi nhiệt thải thì cường độ dòng điện không ổn định so với chế độ hoạt động bình thường. Điều này được giải thích là trong trường hợp có thu hồi nhiệt thải do mắc nối tiếp thêm bộ trao đổi nhiệt nên trở lực đường ống tăng (môi chất lạnh trước tiên trao đổi nhiệt với nước trong thiết bị trao đổi nhiệt, sau đó tiếp tục đi qua bình ngưng tụ của hệ thống). Vì thế nhiệt độ sau máy nén cũng tăng cao hơn so với trường hợp không có thu hồi nhiệt. Tuy nhiên, do dòng hơi cao áp sau khi ra khỏi máy nén thải nhiệt cho nước trong bộ trao đổi nhiệt, vì vậy nhiệt độ của máy nén vẫn không vượt quá mức cho phép. Kết quả thay đổi cường độ dòng điện trong hai trường hợp được thể hiện trên Hình 7.

#### 2.4.4. Đánh giá hiệu quả của mô hình máy lạnh

Trong quá trình thực nghiệm cho thấy lượng điện năng tiêu thụ cho hệ thống máy lạnh để làm lạnh nước và có thu hồi một phần nhiệt thải để cung cấp nước nóng vẫn không thay đổi đáng kể so với trường hợp không thu hồi. Trên cơ sở Hình 7, nhận thấy trong hai trường hợp có thu hồi và không thu hồi thì cường độ dòng điện khi hệ thống hoạt động chênh lệch không đáng kể. Vì thế, với các số liệu trên nếu để có lượng nước nóng sử dụng (với 10 lít nước từ nhiệt độ 25°C đến 40°C) thay vì chúng ta cần sử dụng điện trở để gia nhiệt sẽ tiêu tốn lượng điện năng đo được từ thực tế là khoảng 250W. Điều này đã cho thấy, khi sử dụng máy lạnh có thu hồi một phần nhiệt thải để cung cấp nước nóng đã mang lại hiệu quả kinh tế rất cao, trong một giờ trung bình có thể tiết kiệm được khoảng 125W điện năng. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chúng tôi chỉ tập trung đề cập đến khả năng thu hồi bao nhiêu phần trăm nhiệt từ thực nghiệm trên mô hình so với tính toán lý thuyết ở góc độ điện năng tiêu thụ. Đánh giá các

yếu tố tác động đến quá trình thu hồi nhiệt mà chưa xét đến kinh phí đầu tư ban đầu như công lắp đặt, giá thành thiết bị, cấu tạo và việc vận hành phức tạp của hệ thống máy lạnh khi có lắp thêm thiết bị trao đổi nhiệt. Vấn đề này, chúng tôi sẽ tính toán chi tiết khi hệ thống có điều kiện triển khai rộng rãi trong thực tế.

### 3. Kết luận

Qua quá trình thực nghiệm trên mô hình máy lạnh, nhận thấy, khi nhiệt độ nước nóng trong bình nhỏ hơn  $40^{\circ}\text{C}$  thì lượng nhiệt thải thực tế thu hồi nhiệt ( $\eta$ ) được khoảng  $(30 \div 50)\%$  so với nghiên cứu lý thuyết [2]. Khi nhiệt độ nước nóng trong bình tăng lên đến  $45^{\circ}\text{C}$  thì quá trình thu hồi nhiệt thải càng giảm và lượng nhiệt thu hồi sẽ giảm dần khi nhiệt độ nước trong bình càng tăng. Điều này có nghĩa là hệ thống máy lạnh chỉ hoạt động hiệu quả khi nhiệt độ nước nóng cần sử dụng có giá trị nhỏ hơn  $40^{\circ}\text{C}$ .

Ngoài ra, khi nhiệt độ nước nóng tăng đến giới hạn cho phép (vẫn nhỏ hơn nhiệt độ ngưng tụ của môi chất) thì lượng nhiệt thu hồi giảm, quá trình hoạt động của máy lạnh vẫn không ảnh hưởng gì đáng kể do trong mô hình thực nghiệm đã được thiết kế role nhiệt độ khống chế đảm bảo cho môi chất lạnh ngưng tụ hoàn toàn trong bình ngưng tụ.

Việc ứng dụng máy lạnh để sản xuất nước lạnh phục vụ cho nhu cầu điều hòa không khí kết hợp với cung cấp nước nóng ngày càng được sử dụng rộng rãi và mang lại hiệu quả rất lớn cho xã hội, đặc biệt trong việc giảm thiểu tiêu thụ năng lượng điện và góp phần bảo vệ môi trường. Nhận thấy điều này, chúng tôi bước đầu trình bày nghiên cứu chế tạo và thử nghiệm mô hình máy lạnh sản xuất nước lạnh - nước nóng công suất nhỏ dùng trong các cơ sở dân dụng để làm thực nghiệm. Mặc dù, mô hình chế tạo chưa được hoàn thiện so với tính toán ban đầu nhưng

với kết quả này vẫn cho thấy đây là một hướng nghiên cứu có tiềm năng trong tương lai, khi mà yêu cầu về tiết kiệm năng lượng trong các thiết bị gia nhiệt nói chung, thiết bị sản xuất nước nóng nói riêng ngày càng cần thiết.

Kết hợp giữa quá trình thiết lập cơ sở lý thuyết và xây dựng mô hình thực tế của máy lạnh. Vì vậy có thể ứng dụng máy lạnh cung cấp nhiệt - lạnh đồng thời cho các phụ tải nhằm tiết kiệm năng lượng. Trong quá trình nghiên cứu, nhóm tác giả đã trực tiếp đưa ra hiệu quả năng lượng sau quá trình tính toán mô phỏng dựa vào các điều kiện đầu vào của môi chất làm lạnh, công suất của máy nén, diện tích bình ngưng tụ và bay hơi cũng như các thông số tính toán khác. Sau khi so sánh, đối chiếu giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Kết quả cho thấy khả năng thu hồi nhiệt của hệ thống máy lạnh thực tế đạt được gần 38%. Từ đây, nguồn năng lượng này trao đổi cho việc cung cấp nước nóng thay vì phải dùng điện trở hoặc nguồn năng lượng khác.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển tiềm năng Khoa học và Công nghệ của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số T2018-06-99.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J.P. Holman, *Heat Transfer*, Tenth Edition, McGraw-Hill International Edition năm 2009.
- [2] Lê Nguyên Minh, *Giáo trình nhiệt động kỹ thuật*, Nhà xuất bản giáo dục năm 2009.
- [3] Bùi Ngọc Hùng, Thu hồi nhiệt thải từ máy điều hòa không khí trung tâm đun nước nóng để tiết kiệm năng lượng, *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số 1 + 2, trang 165 - 172, năm 2015.
- [4] Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy, *Bài tập Kỹ thuật lạnh*, Nhà xuất bản Giáo dục năm 1998.

(BBT nhận bài: 19/9/2018, hoàn tất thủ tục phân biên: 31/10/2018)