

**NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM  
VIỆC THAY THẾ MÔI CHẤT R404A BẰNG MÔI CHẤT R407F  
ĐỂ TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG VÀ BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG**  
**THE FEASIBILITY STUDY OF RETROFITTING R404A REFRIGERANT  
TO R407F TO IMPROVE ENERGY SAVING AND  
PROTECT ENVIRONMENT**

**Nguyễn Thế Bảo<sup>1</sup>, Nguyễn Duy Tuệ<sup>2</sup>, Đào Huy Tuấn<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Viện Phát triển Năng lượng Bền vững ISED, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại Học Văn Lang, <sup>3</sup>Trường Đại học Tôn Đức Thắng, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 28/7/2017, ngày phản biện đánh giá 16/8/2017, ngày chấp nhận đăng 18/8/2017.

### **TÓM TẮT**

Trong các loại môi chất lạnh dùng thay thế R22, môi chất R404A được sử dụng khá phổ biến trong các hệ thống lạnh nhiệt độ trung bình và thấp tại nước ta. Tuy nhiên, với hệ số GWP=3922 khá cao, môi chất này cũng làm gia tăng hiệu ứng nhà kính nên hiện nay các nước Châu Âu đang tiến hành cắt giảm việc sản xuất loại môi chất này. Do đó, với một hệ số GWP=1824, thấp hơn 50% so với R404A thì môi chất R407F là một trong những môi chất được sử dụng để thay thế R404A. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, khi thay thế một hệ thống lạnh đang sử dụng R404A bằng R407F thì năng suất lạnh tăng, công nén giảm khoảng 7%, giúp tiết kiệm năng lượng từ 10% trở lên, và làm giảm thời gian làm lạnh sản phẩm mà không cần thay thế các thiết bị chính trong hệ thống lạnh. Tuy nhiên, với lưu lượng khối lượng tuần hoàn thấp hơn 40% so với R404A nên cần cân chỉnh van tiết lưu để phù hợp khi vận hành.

**Từ khóa:** môi chất R404A; hiệu ứng nhà kính; tiết kiệm năng lượng; năng suất lạnh; bảo vệ môi trường.

### **ABSTRACT**

Among refrigerants to replace R22, R404A has been using broadly in mid and low temperature refrigeration systems in our country. However, with its high GWP=3922, this refrigerant also increases greenhouse effect and hence its production quantity is limited in Europe countries. For that reason, possessing the lower GWP of 1824, which is 50% compared with that of R404A, R407F is amid competitive refrigerants for this replacement. Experimental result shows that if we replace the existing R404A with R407F in a being used cooling system, cooling load will be higher along with approximately 7% compression work reduction leading to increasing energy saving from 10% up than the old ones, and cooling time would be cut-down without refrigeration's major components substitution. Nevertheless, with mass flow less than 40% of that of R404A, one should adjust expansion valve to have suitable operation for this refrigerant.

**Keywords:** R404A refrigerant; greenhouse effect; energy saving; cooling load; environmental protection.

### **1. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Môi chất HFC 404A là hỗn hợp bởi 44%R125, 4%R134a, 52%R143A, có hệ số GWP=3922, không độc hại, không cháy, được dùng thay thế môi chất R22 ở dải nhiệt độ thấp và trung bình. Hiện nay, môi chất R404A được sử dụng khá rộng rãi ở nước ta

trong hệ thống lạnh siêu thị, đông lạnh thủy sản. Tuy nhiên, trong bối cảnh hiện nay, cần giảm thiểu các chất gây hiệu ứng nhà kính và tiết kiệm năng lượng thì môi chất R407F đã được nghiên cứu và sử dụng khá nhiều nước trên thế giới. Thêm vào đó, việc cắt giảm sản xuất loại môi chất R404A, R134a, R507 nên giá thành tăng 60%, và hãng môi chất Honeywell dự tính sẽ ngừng sản xuất môi chất này tại Châu Âu [1,2]. Môi chất R407F có GWP=1824, là môi chất hỗn hợp (30%R32, 30%R125, 40%R134a), không độc hại, không cháy, có độ trượt nhiệt độ từ 3-6K tùy thuộc áp suất vận hành. Việc dò tìm chỗ rò rỉ môi chất cũng dễ dàng hơn so với R404A vì nồng độ R134a khá cao trong hỗn hợp môi chất R407F và tương thích với các đầu dò môi chất R134a. Ngoài ra, với nồng độ R134a trong môi chất R407F cao gấp 10 lần so với môi chất R404A nên hạn chế được số lần phải xả bỏ hoàn toàn lượng môi chất khi hệ thống bị rò rỉ.

Theo các ý kiến của các nhà máy đang sử dụng R407F để thay thế môi chất cho hệ thống R404A, họ đều đánh giá khá cao việc thay thế này. Ví dụ như nhà máy Valentin Refrigerant (Pháp), Tewis Smart Solution Internation (Tây Ban Nha), Verco (UK)... đã thay thế môi chất R404A đang sử dụng bằng R407F và đều chung nhận định rằng, việc thay thế môi chất khá dễ dàng, giúp tiết kiệm năng lượng từ 10% trở lên.

Trong nghiên cứu này sẽ phân tích lý thuyết khả năng thay thế một hệ thống lạnh đang dùng môi chất R404A bằng R407F để có những đánh giá tổng quan, sau đó tiến hành đo đạc, phân tích thông số trên một hình thực nghiệm để đưa ra nhận định cho việc thay thế này.

**Bảng 1.** Thông số kỹ thuật của hệ thống sau khi tính toán

| Thông số                                       | Môi chất     |               |
|--|--------------|---------------|
|  | R404A        | R407F         |
| Áp suất ngưng tụ, (bar), (%-R404A)             | 20,44 (100%) | 19,53 (95,5%) |
| Áp suất bay hơi, (bar), (%R404A)               | 3 (100%)     | 2,46 (82 %)   |
| Nhiệt độ cuối tầm nén, (°C), (%-R404A)         | 86,2 (100%)  | 112,4(130%)   |
| Năng suất lạnh, (W), (%-R404A)                 | 830(100%)    | 880(102%)     |
| Công suất thải nhiệt khô TBNT, (kW), (%-R404A) | 1450 (100%)  | 1440 (99,3%)  |
| Công suất máy nén, (W), (%-R404A)              | 530 (100%)   | 500(93,8%)    |

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Sau đây, bài báo thiết kế một hệ thống lạnh sử dụng môi chất R404A, sau đó được thay thế bằng môi chất R407F với thông số như sau:

*Kho lạnh bảo quản sử dụng chu trình lạnh 1 cấp, nhiệt độ bảo quản  $-13^{\circ}\text{C}$ , năng suất lạnh  $Q_o=800\text{W}$ , nhiệt độ hơi môi chất bão hòa tại áp suất bay hơi  $t_o=-20^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ hơi môi chất bão hòa tại áp suất ngưng tụ  $t_k=45^{\circ}\text{C}$ , độ quá nhiệt hữu ích 10K, độ quá nhiệt trên đường ống hút 10K, hiệu suất nén 70%, hiệu suất thể tích 65%, sử dụng ống đồng có đường kính trong như sau: ống hút  $d_{hút}=10\text{ mm}$ , ống dẫn lỏng  $d_{lỏng}=10\text{ mm}$ , ống nén  $d_{nén}=6\text{ mm}$ .*

Theo [3,4] ta tính toán được các thông số kỹ thuật như sau:

- Lưu lượng khối lượng  $G=0,0083\text{ (kg/s)}$
- Nhiệt lượng thải ra khỏi thiết bị ngưng tụ,  $Q_k=1,39\text{ (kW)}$
- Thể tích hút lý thuyết của máy nén,  $V_{lt}=3,33\text{ (m}^3\text{/h)}$
- Công suất nén  $N=510\text{ W}$
- Hệ số làm lạnh  $\text{COP}=1,56$

Ta chọn máy nén Tecumseh, mã hiệu T2178GK, sử dụng môi chất R404A, dầu nhớt bôi trơn Polyeste (POE), thể tích chứa dầu 580cc, thể tích quét  $V_{lt}=3,47\text{m}^3\text{/h}$ , công suất động cơ  $N=1\text{HP}$ , số vòng quay 2800 vòng/phút.

Với thể tích quét của máy nén  $V_{lt}=3,47\text{m}^3\text{/h}$ , ta tính được các thông số vận hành với môi chất R404A và khi thay bằng R407F ta có kết quả như sau:

|  |                |                |
|--|----------------|----------------|
| Hệ số làm lạnh COP, (%-R404A)  | 1,56 (100%)    | 1,76(109,3%)   |
| Lưu lượng khối lượng môi chất G,(kg/s), (%-R404A)                    | 0,0087 (100%)  | 0,0059 (67,8%) |
| Vận tốc môi chất trong đường ống hút, (m/s)                          | 7,8            | 7,8            |
| Vận tốc môi chất trong ống dẫn lỏng, (m/s)                           | 0,12           | 0,07           |
| Vận tốc môi chất trong ống đẩy, (m/s)                                | 3,71           | 3,66           |
| Tổn thất áp suất đường ống hút, (Pa/m), (%R404A)                     | 806,46 (100%)  | 591,42(73,3%)  |
| Tổn thất áp suất đường ống lỏng, (Pa/m), (%R404A)                    | 19,65 (100%)   | 9,48 (48,2%)   |
| Tổn thất áp suất đường ống đẩy, (Pa/m), (%R404A)                     | 1778,34 (100%) | 1281,56(72%)   |
| Thể tích riêng môi chất đi vào máy nén, $v''_1$ (m <sup>3</sup> /kg) | 0,072          | 0,106          |

Với hệ thống R404A khi được thay thế bằng R407F thì: năng suất lạnh tăng 2%, COP tăng 9,3% tuy nhiên nhiệt độ cuối tầm nén tăng 30%. Ngoài ra, các tổn thất áp suất của đường ống hút, ống đẩy, ống dẫn lỏng đều giảm. Trong đó, tổn thất áp suất ống dẫn lỏng giảm gần 60%, điều này tránh được tình trạng bay hơi sớm trong ống dẫn lỏng, giúp đường ống đi xa hơn. Ngoài ra, nhiệt lượng thải ra khỏi thiết bị ngưng tụ giảm 0,7% nên không ảnh hưởng đến quá trình làm việc của hệ thống. Tuy nhiên, lưu lượng khối lượng của hệ thống khi vận hành bằng môi chất R407F giảm 40% nên cần thay thế hoặc cân chỉnh lại van tiết lưu để đáp ứng được các thông số vận hành yêu cầu.

Sau đây, bài báo tiến hành phân tích thực nghiệm và đánh giá kết quả vận hành việc thay thế môi chất R404A hiện có bằng R407F.

### 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

Ta có kho lạnh kích thước 2 x 1,2 x 1,8m sử dụng máy nén piston kín 1HP hãng TECHCUMSEH, môi chất R407F hãng Honeywell Genetron Performax-LT và R404A của Ấn Độ.

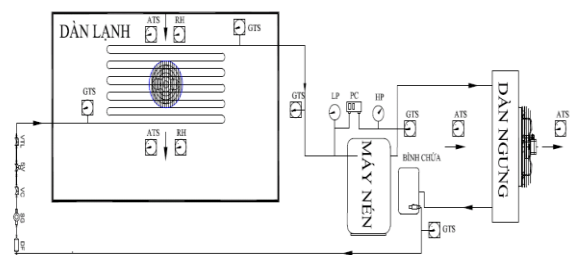


**Hình 1.** Mô hình kho lạnh và môi chất lạnh R407F được sử dụng trong thí nghiệm

Để tiến hành đo đạc, tính toán ta sử dụng các loại cảm biến và các thiết bị đo đạc sau:

- Áp kế: Đo đặc áp suất ngưng tụ và bay hơi, hãng Coolmax
- Cảm biến nhiệt độ: Lắp tại đầu đẩy máy nén, ống hút ra khỏi dàn lạnh, ngõ vào và ra dàn lạnh của hãng Dixell XR60C (Ý)
- Cảm biến độ ẩm: Lắp đặt tại ngõ vào và ra dàn lạnh, mã hiệu DHC100, độ chính xác  $\pm 5\%$
- Ampe kẹp: Đo cường độ dòng điện máy nén, của hãng Kyoritsu
- Công tơ điện: Đo đặc năng lượng tiêu thụ của hệ thống, hãng EVN, có dán tem kiểm định

Ta có sơ đồ hệ thống lạnh và vị trí lắp các cảm biến như sau:



- Ghi chú: VTL: Van tiết lưu  
 VC: Van chặn  
 SV: Van điện từ  
 SG: Kính xem gas  
 DF: Phin sấy lọc  
 RH: Âm kế  
 PC: Role áp suất kẹp  
 HP: Đồng hồ áp suất cao  
 LP: Đồng hồ áp suất thấp  
 GTS: Đồng hồ Dixell XR60C đo nhiệt độ môi chất lạnh  
 BÍNH CHỨA  
 ATS: Đồng hồ Dixell XR60C đo nhiệt độ không khí

**Hình 2.** Sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh và vị trí lắp cảm biến

Theo [5] ta tính được các thông số sau:

Năng suất lạnh  $Q_o$  (kW) được tính toán dựa trên entanpi vào, ra  $I_{VDL}$ ,  $I_{FDL}$  (kJ/s) và

lưu lượng gió của  $G_{kkDL}$  dần lạnh (kg/s). Lưu lượng quạt dần lạnh trong mô hình được đo đạc thực tế là 500 (m<sup>3</sup>/h).

$$Q_o = G_{kkDL} \cdot (I_{vDL} - I_{rDN}) \quad (1)$$

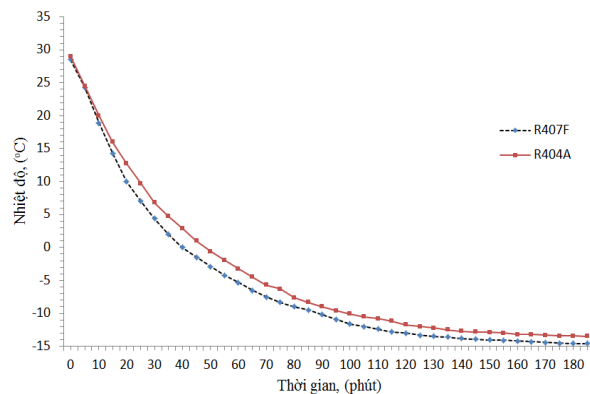
Công suất máy nén N (W) dựa trên điện áp U (Volt) và cường độ dòng điện đo được I (A), cùng với hệ số công suất 0,85.

$$N = U \cdot I \cdot 0,85 \quad (2)$$

#### 4. PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Ban đầu, kho lạnh được vận hành bằng môi chất R404A, sau đó được rút môi chất và nạp bằng R407F. Kho lạnh được đặt trong phòng thí nghiệm có nhiệt độ môi trường xung quanh khi vận hành dao động từ 30~31,5°C nên không ảnh hưởng nhiều đến kết quả thực nghiệm khi so sánh. Do lưu lượng khối lượng khí thay thế bằng R407F sẽ nhỏ hơn 40% so với R404A, nên trong thí nghiệm này, khi vận hành với môi chất R407F thì vít điều chỉnh của van tiết lưu nhiệt sẽ được siết vào 1,5 vòng, như vậy ta có kết quả vận hành như sau:

##### 4.1 Đánh giá nhiệt độ kho lạnh trong quá trình vận hành

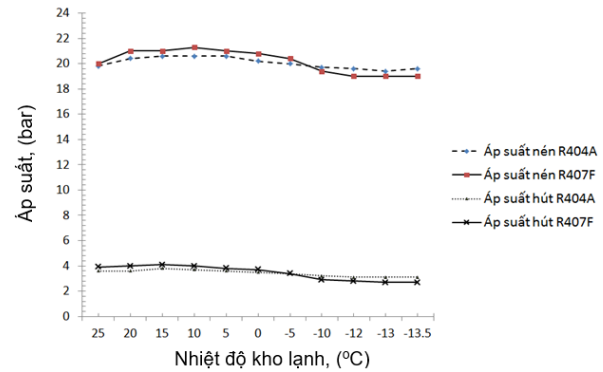


Hình 3. Sự thay đổi nhiệt độ kho lạnh

Khi bắt đầu vận hành, nhiệt độ trong kho lạnh là 29°C, trong quá trình vận hành hệ thống R407F, ta mất 40 phút để hạ nhiệt độ xuống 0°C (nhiệt độ của hệ thống R404A đang là 2,9°C), và mất thêm 90 phút nữa để kho lạnh đạt nhiệt độ -13,5°C (nhiệt độ của hệ thống R404A lúc này là -12,2°C). Trong khi đó, đối với hệ thống R404A, để hạ nhiệt độ xuống 0°C phải mất 47 phút và thêm 137

phút để đạt nhiệt độ -13,5°C (lúc này hệ thống sử dụng R407F đạt nhiệt độ là -14,6°C).

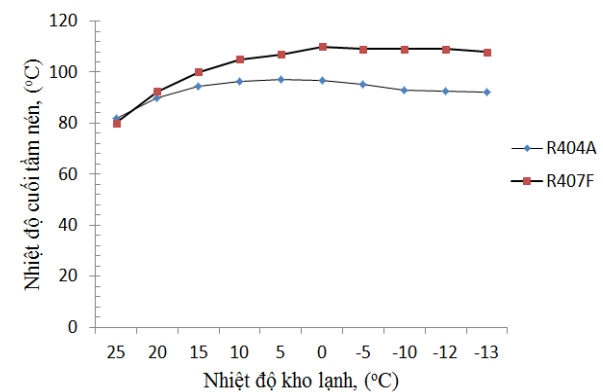
##### 4.2 So sánh áp suất của 2 môi chất khi vận hành



Hình 4. Sự thay đổi áp suất của hệ thống theo nhiệt độ kho lạnh

Ban đầu khởi động, do phụ tải lạnh trong kho lạnh khá cao nên áp suất của hệ thống R407F tăng, với áp suất (tuyệt đối) ngưng tụ 20~21(bar) và bay hơi 3,9~4,1(bar), còn áp suất ngưng tụ và bay hơi của hệ thống R404A lần lượt là 20~21,3(bar), 3,6~3,8(bar). Tuy nhiên, khi nhiệt độ kho lạnh dưới 0°C, áp suất hệ thống R407F giảm dần và tại nhiệt độ kho lạnh  $t = -13,5^\circ\text{C}$  thì  $p_k/p_o$  là 19/2,7 (bar). Lúc này, áp suất  $p_k/p_o$  của hệ thống R404A là: 19,4/3,1 (bar)

##### 4.3 So sánh nhiệt độ cuối tầm nén

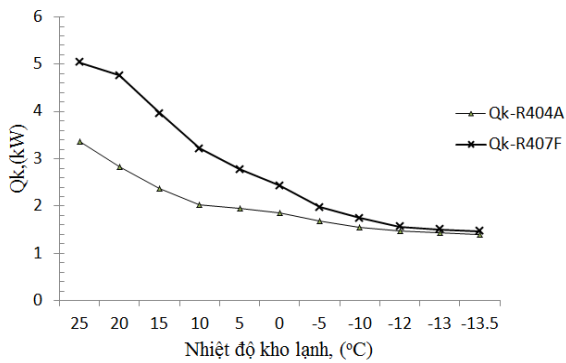
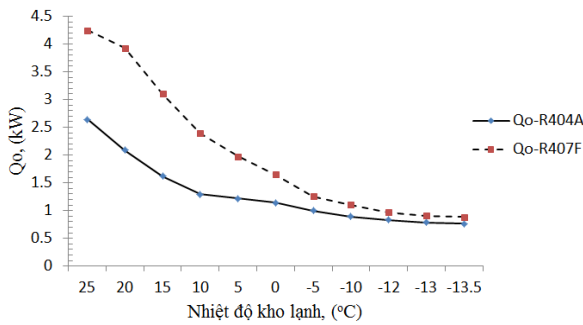


Hình 5. Nhiệt độ cuối tầm nén trong quá trình vận hành

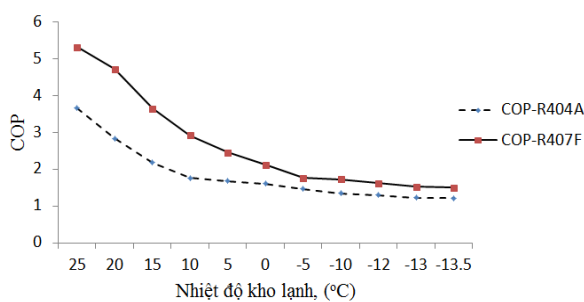
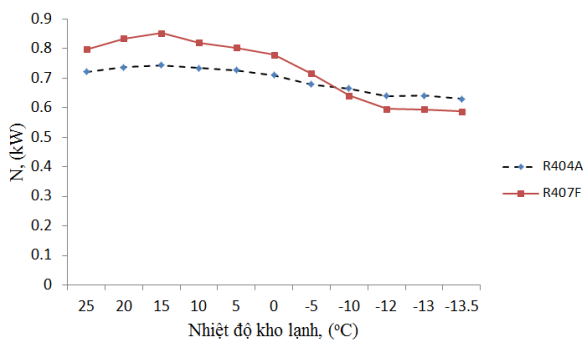
Nhiệt độ cuối tầm nén khi vận hành hệ thống R407F cao hơn 16~20% so với R404A. Tại nhiệt độ kho lạnh -13,5°C, nhiệt độ cuối tầm nén của R404A và R407F lần

lượt là 92°C, 108°C. Do đó, khi thay thế bằng môi chất R407F ta nên lắp thêm quạt giải nhiệt tại đầu máy nén để hạ nhiệt độ cuối tầm nén.

#### 4.4 So sánh năng suất lạnh $Q_o$ , nhiệt lượng thải ra khỏi dàn ngưng tụ $Q_k$ , công suất nén N, COP



Hình 6. Sự thay đổi năng suất lạnh  $Q_o$  và nhiệt lượng  $Q_k$  khi vận hành



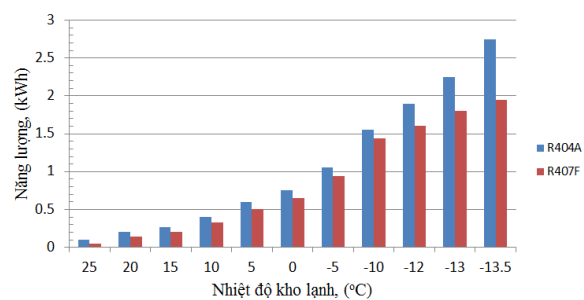
Hình 7. Công suất nén và hệ số làm lạnh COP của hệ thống

Khi ban đầu khởi động, hệ thống sử dụng R407F thu nhiệt lượng khá lớn, dẫn đến năng suất lạnh, nhiệt lượng thải ra thiết bị ngưng tụ, công suất nén, áp suất ngưng tụ và bay hơi đều tăng cao. Theo đo đạc, cường độ dòng điện lúc đầu ở nhiệt độ dương của hệ thống R407F là 4,1~4,27A, của R404A là 3,7~3,95A. Ở khoảng nhiệt độ -10°C trở xuống, công suất nén giảm dần và thấp hơn so với hệ thống R404A khoảng 6~7% và cường độ dòng điện của máy nén R407F tại nhiệt độ -13,5°C là 3,14A, của R404A là 3,37A. Tại chế độ tải lạnh ổn định từ nhiệt độ -12°C trở xuống nhiệt lượng  $Q_k$  của 2 hệ thống tương đương nhau, nên áp suất ngưng tụ của hệ thống R407F ổn định tại 19bar và thấp hơn so với lúc ban đầu.

Lúc ban đầu, do nhiệt lượng thu vào của R407F cao nên hệ số COP cao hơn so với R404A, tuy nhiên hệ số COP của R407F giảm nhanh trong khoảng nhiệt độ 10°C đến -5°C, và tại nhiệt độ từ -12°C thì COP nó vẫn cao hơn so với R404A khoảng 23%. Do đó, nhiệt độ trong kho lạnh khi vận hành R407F giảm nhanh hơn, như đã phân tích ở hình 1. Tuy nhiên, để đánh giá năng lượng của 2 hệ thống, ta phân tích dưới hình sau.

#### 5. PHÂN TÍCH NĂNG LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG

Năng lượng của hệ thống được đo đạc bằng công tơ điện theo từng thời điểm nhiệt độ của kho lạnh như sau:



Hình 8. Năng lượng tiêu thụ của hệ thống lạnh

Để đạt nhiệt độ kho lạnh tại 0°C, năng lượng tiêu thụ của hệ thống R404A cao hơn khoảng 15,4% so với R407F. Nhiệt độ càng giảm, mức năng lượng tiêu thụ của R404A tăng dần do năng suất lạnh thấp so với

R407F nên làm tăng thời gian làm lạnh, cũng như lúc này công nén của máy nén cao hơn gần 6~7% so với R407F.

### 5.2 Đánh giá độ quá nhiệt của dàn lạnh khi vận hành

Khi vận hành môi chất R407F, van tiết lưu được cân chỉnh bằng cách siết vít điều chỉnh độ quá nhiệt 1,5 vòng. Vào thời điểm vận hành lúc đầu, độ quá nhiệt của 2 hệ thống đều cao trên 10K, và cùng giảm dần theo thời gian. Khi nhiệt độ kho lạnh giảm dưới  $-12^{\circ}\text{C}$  thì độ quá nhiệt của hệ thống R407F còn duy trì ở mức 7,8~8K còn của R404A ở mức 3,6~4,6K. Như vậy, độ quá nhiệt này đảm bảo hệ thống không bị ngập lỏng khi vận hành.

## 6. KẾT LUẬN

Khi thay thế hệ thống R404A bằng R407F bài báo rút ra một số vấn đề sau:

a. Năng suất lạnh của hệ thống tăng, công nén giảm khoảng 6~7% so với hệ thống R404A nên giúp tiết kiệm năng lượng khi vận hành từ 10% trở lên.

b. Nhiệt lượng thải ra thiết bị ngưng tụ của hệ thống R407F tương đương với R404A nên không cần phải thay thế thiết bị ngưng tụ.

c. Do lưu lượng khối lượng môi chất R407F nhỏ hơn 40% so với R404A nên ta có thể thay thế hoặc cần phải cân chỉnh lại độ quá nhiệt của van tiết lưu nhiệt. Nếu hệ thống sử dụng van tiết lưu điện tử thì ta không cần phải điều chỉnh.

d. Nhiệt độ cuối tầm nén của môi chất R407F cao hơn R404A, khi vận hành nếu nhiệt độ cuối tầm nén cao hơn  $100^{\circ}\text{C}$  thì ta nên lắp thêm quạt giải nhiệt đầu máy nén để làm giảm nhiệt độ để tránh ảnh hưởng đến dầu nhớt bôi trơn.

e. Do dầu bôi trơn của môi chất R404A dùng Polyester (POE). Đây là loại dầu mà môi chất R407F sử dụng, nên ta không cần phải thay thế dầu bôi trơn, [6].

f. Lượng môi chất R407F nạp vào hệ thống sẽ nhiều hơn khoảng 7% so với môi chất R404A. Khi bắt đầu nạp môi chất, chỉ nên nạp 85% lượng môi chất yêu cầu, sau đó ta nạp bổ sung cho đến khi máy hoạt động đúng theo thông số yêu cầu. Lưu ý: Mỗi lần nạp bổ sung chỉ nạp thêm khoảng 5% lượng môi chất, rồi sau đó kiểm tra tình trạng của hệ thống cho đến khi đạt thông số vận hành mong muốn, [7,8].

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <http://www.coolingpost.com/world-news/r404a-price-rises-62-in-a-month/>
- [2] <http://www.coolingpost.com/world-news/price-of-r404a-to-double-next-month/>
- [3] Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy, *Kỹ thuật lạnh cơ sở*, NXB Giáo dục 2009
- [4] Dupon Company, *Dupon Refrigerant Expert 4.0*, Refrigerant Software
- [5] Lê Chí Hiệp, *Kỹ thuật điều hòa không khí*, NXB Khoa học kỹ thuật 2007
- [6] Nguyễn Đức Lợi, *Gas, dầu và chất tải lạnh*, NXB Giáo dục 2009
- [7] Nguyễn Đức Lợi, *Sửa Chữa Máy Lạnh Và Điều Hòa Không Khí*, NXB KHKT 2008
- [8] Honeywell Company, *Properties, Guidelines, and Retrofits*, Tài liệu lưu hành nội bộ

### Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Nguyễn Thế Bảo

Viện Phát triển Năng lượng Bền vững ISED

Email: drthebao@gmail.com