

MÁY LẠNH MỘT CẤP NHIỆT ĐỘ SÔI ÂM 70 °C

Đặng Văn Lái*

Lê Quang Tân**

Lê Thành Nhân***

Tóm tắt

Để thực hiện nhiệt độ âm 70 °C giống như máy lạnh ghép tầng nhưng đơn giản hơn về mặt cấu tạo thiết bị và vận hành, máy lạnh 1 cấp với hỗn hợp môi chất lạnh 5 thành phần gồm Ar/R14/R23 /R134a/R123 với tỉ lệ phần trăm theo số mol lần lượt 0,5/37,5/36/8,5/17,5 được sử dụng. Nghiên cứu cho thấy thời gian khởi động máy lạnh 1 cấp nhiệt độ sôi âm 70 °C sử dụng hỗn hợp môi chất này giảm 15 phút khi điều chỉnh áp suất trong dàn bay hơi theo giá trị tối ưu so với không điều chỉnh. Với chế độ nhiệt độ sôi âm 70 °C và nhiệt độ ngưng tụ 40 °C, hiệu suất năng lượng của chu trình và hiệu suất thể tích của máy nén đạt 0,664 và 0,751, trong khi đó chu trình 1 cấp sử dụng các môi chất lạnh truyền thống hiệu suất năng lượng và hiệu suất thể tích gần như bằng 0 vì tỷ số nén lớn hơn 30.

Từ khóa: môi chất lạnh, máy lạnh, thời gian khởi động.

1. Đặt vấn đề

Thực phẩm kết đông siêu tốc có chất lượng cao đáp ứng yêu cầu các thị trường khó tính như Nhật, Châu Âu và Mỹ... Để thực hiện kết đông siêu tốc, thực phẩm được nhúng vào nitơ hay freon lỏng hoặc sử dụng thiết bị kết đông siêu tốc với tốc độ không khí lạnh đến 25 m/s và nhiệt độ từ âm 40 °C đến âm 100 °C. Để tạo độ lạnh ở nhiệt độ sôi này các nhà máy chế biến thực phẩm sử dụng máy lạnh nhiều cấp hay máy lạnh ghép tầng. Nhược điểm của các hệ thống lạnh truyền thống này là công kênh, vốn đầu tư ban đầu cao, tiêu tốn nhiều điện năng và công tác vận hành bảo dưỡng phức tạp đặc biệt trên các tàu đánh bắt cá công suất nhỏ từ 90 CV trở lên. Để thực hiện nhiệt độ âm sâu giống như máy lạnh ghép tầng nhưng đơn giản hơn về mặt cấu tạo thiết bị và vận hành, ta có thể sử dụng máy lạnh 1 cấp với hỗn hợp môi chất lạnh 5 thành phần gồm Ar/R14/R23 /R134a/R123, tỉ lệ

phần trăm theo số mol lần lượt 0,5/37,5/36/8,5/17,5.

Máy lạnh 1 cấp sử dụng hỗn hợp môi chất lạnh 5 thành phần tạo được độ lạnh ở nhiệt độ sôi âm 70 °C là vấn đề mới, do vậy việc nghiên cứu về thời gian khởi động và các đặc tính năng lượng của nó là hết sức cần thiết.

2. Máy lạnh 1 cấp nhiệt độ sôi âm 70 °C

Sự thay đổi thành phần các môi chất đơn chất trong hỗn hợp và các áp suất của chu trình lạnh không chỉ ảnh hưởng đến năng suất lạnh riêng mà còn ảnh hưởng đến đường đặc tính của nó. Nhờ tính chất này ta có thể tạo hỗn hợp môi chất lạnh không đông sôi, hiệu suất cao, thân thiện với môi trường, có nhiệt độ bay hơi thấp nhưng chỉ sử dụng 1 máy nén 1 cấp và 1 van tiết lưu. Số lượng các thành phần, tỷ lệ phần trăm của chúng trong hỗn hợp và các áp suất của chu trình lạnh được tối ưu hóa nhằm đạt giá trị cực đại năng suất lạnh riêng [1,2]. Kết quả nhiều lần tính toán tối ưu thành phần hỗn hợp môi chất bằng phần mềm MIXTURE.EXE của Trường đại học Năng

* TS, Trường Cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa

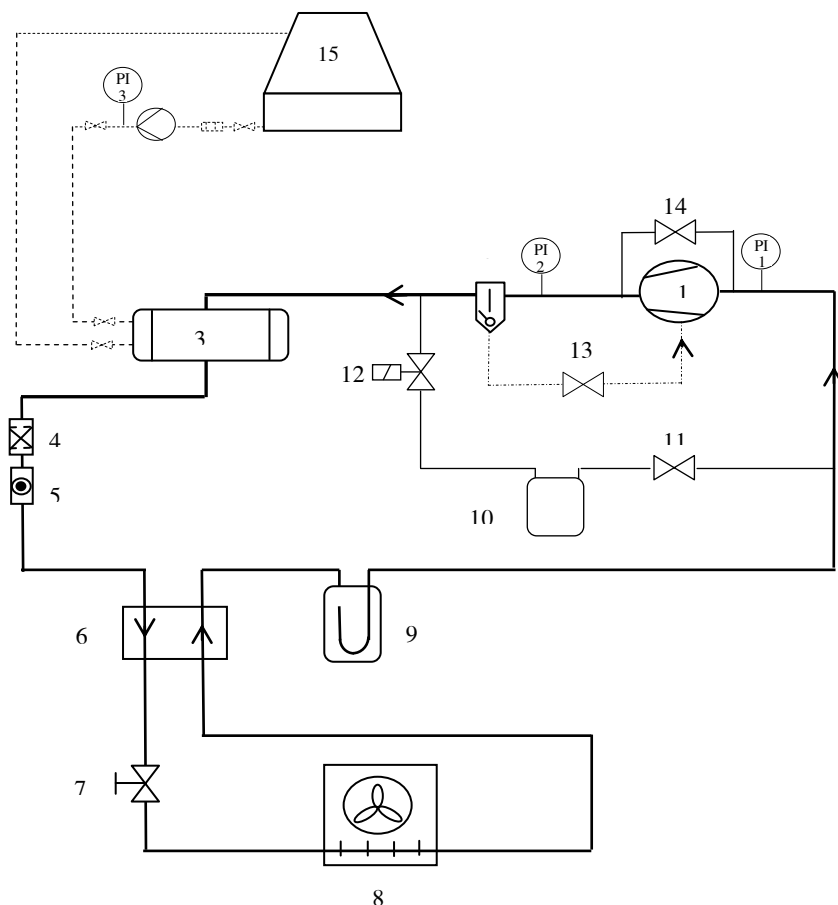
** ThS, Trường Cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa

*** KS, Trường Cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa

lượng Mátxcova chúng tôi thu được hỗn hợp Ar/R14/R23 /R134a/R123 với tỉ lệ phần trăm theo số mol lần lượt 0,5/37,5/36/8,5/17,5.

Nhằm nghiên cứu thời gian khởi

động và các đường đặc tính năng lượng của máy nén, Trường Cao đẳng Công nghiệp Tuy Hòa xây dựng chu trình lạnh 1 cấp với sơ đồ thiết bị như hình vẽ (hình 1).



Hình 1: Sơ đồ thiết bị máy lạnh sử dụng hỗn hợp môi chất lạnh

1- Máy nén 1 cấp; 2- Bình tách dầu; 3- Bình ngưng tụ; 4- Thiết bị sấy lọc; 5- Mắt gas; 6 - Thiết bị hồi nhiệt; 7- Van tiết lưu tay; 8- Buồng lạnh; 9- Bình tách lỏng; 10- Bình cân bằng; 11, 13- Van chặn; 12- Van điện từ; 14- Van bypass; 15- Tháp giải nhiệt.



Hình 2: Hình ảnh máy lạnh 1 cấp nhiệt độ âm 70 °C

Máy lạnh 1 cấp nhiệt độ sôi âm 70 °C

chạy bằng hỗn hợp môi chất lạnh 5 thành phần có đặc điểm là dễ bị sai lệch các thành phần tối ưu trong hỗn hợp. Do vậy việc nạp môi chất vào máy lạnh được thực hiện theo phương pháp cân khối lượng nhằm đảm bảo thành phần tối ưu và hiệu suất của chu trình.

Đặc điểm thứ hai của máy lạnh 1 cấp nhiệt độ âm 70 °C là thời gian khởi động rất lâu vì trong hỗn hợp môi chất chứa thành phần khí argon. Khi máy dừng thời

gian dài, hỗn hợp môi chất ở trạng thái hơi quá nhiệt làm cho áp suất trong hệ thống tăng cao. Nhằm ngăn ngừa máy nén quá tải do áp suất đầu đẩy cao vượt mức cho phép, ngay thời điểm khởi động một phần hỗn hợp môi chất lập tức được dẫn về bình chứa đặt ngay sau máy nén gọi là bình cân bằng. Sau thời gian hoạt động, hỗn hợp môi chất được làm lạnh và hóa lỏng một phần trong thiết bị hồi nhiệt, do vậy áp suất đầu đẩy giảm dần. Khi áp suất đầu đẩy giảm, môi chất lạnh từ bình cân bằng được bổ sung từ từ vào hệ thống qua đường ống hút sao cho áp suất đầu đẩy và dòng điện máy nén không vượt quá ngưỡng cho phép.

Đặc điểm cuối cùng là khi chuyển đổi từ môi chất lạnh do nhà sản xuất khuyến cáo sang hỗn hợp môi chất mới vừa tạo các đường đặc tính năng lượng của máy nén thay đổi. Việc khảo sát các đường đặc tính hết sức quan trọng, giúp chúng ta đánh giá hiệu quả tiết kiệm năng lượng của máy lạnh.

3. Kết quả nghiên cứu thời gian khởi động và đặc tính năng lượng của máy lạnh 1 cấp nhiệt độ sôi âm 70°C

Thời gian khởi động hệ thống nhiệt độ thấp phụ thuộc vào áp suất bay hơi. Do vậy, để giảm thời gian khởi động máy lạnh 1 cấp nhiệt độ sôi âm 70°C cần phải điều chỉnh áp suất bay hơi theo nhiệt độ sau van tiết lưu phù hợp sao cho năng suất lạnh đạt giá trị cực đại.

Để khảo sát thời gian khởi động máy lạnh nhiệt độ âm 70°C chúng tôi tiến hành các thí nghiệm sau:

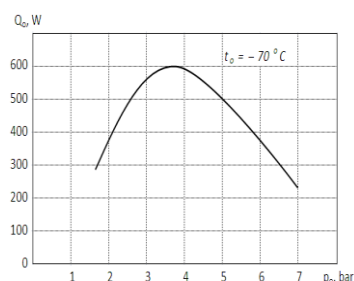
Thí nghiệm 1: Khởi động máy và duy trì áp suất bay hơi không đổi.

Thí nghiệm 2: Khởi động và điều chỉnh áp suất bay hơi tối ưu theo nhiệt độ bay hơi sao cho năng suất lạnh Q_0 đạt giá trị lớn nhất.

Quy trình thí nghiệm được tiến hành theo hướng dẫn của tài liệu [3].

Ứng với mỗi giá trị nhiệt độ bay hơi, điều chỉnh áp suất trong dàn lạnh bằng van tiết lưu và xác định giá trị của năng suất lạnh Q_0 . Sau đó biểu diễn sự phụ thuộc năng suất lạnh vào áp suất bay hơi $Q_0 = f(p_o)$, từ đó tìm được giá trị năng suất lạnh lớn nhất.

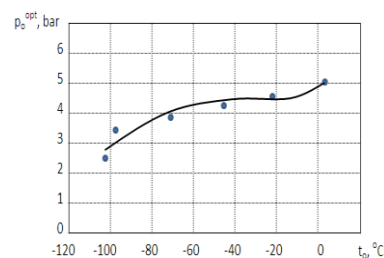
Hình 3 là một ví dụ về việc tính toán và vẽ đồ thị sự phụ thuộc năng suất lạnh vào áp suất bay hơi ứng với nhiệt độ sau van tiết lưu $t_o = -70^{\circ}\text{C}$.



Hình 3: Sự phụ thuộc năng suất lạnh vào áp suất bay hơi $Q_0 = f(p_o)$

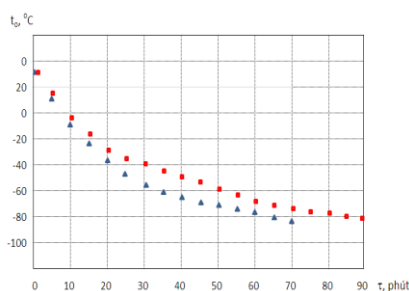
Phân tích đồ thị cho thấy năng suất lạnh trong quá trình khởi động đạt giá trị cực đại ứng với áp suất $p_o = 3,8$ bar.

Như vậy, đối với mỗi nhiệt độ bay hơi sẽ có 1 áp suất tối ưu tương ứng sao cho năng suất lạnh là lớn nhất. Tập hợp các cặp áp suất tối ưu và nhiệt độ bay hơi được mô tả bởi hình 4.



Hình 4: Mối quan hệ áp suất bay hơi tối ưu và nhiệt độ bay hơi

Hình 5 là sự so sánh thời gian khởi động máy lạnh theo 2 phương pháp: không và có điều chỉnh áp suất trong dàn bay hơi theo áp suất tối ưu.



Hình 5: Biến thiên nhiệt độ bay hơi trong thời gian khởi động máy

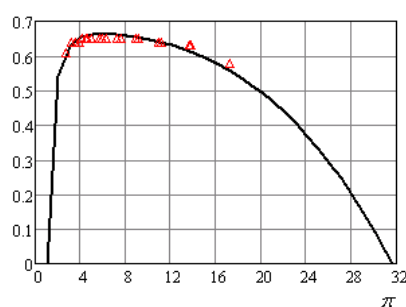
▲ Có điều chỉnh áp suất bay hơi tối ưu;

■ Không điều chỉnh áp suất bay hơi

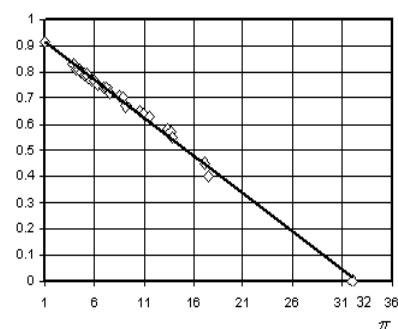
Phân tích biểu đồ biến thiên nhiệt ta thấy thời gian khởi động máy lạnh 1 cấp nhiệt độ sôi âm 70°C có điều chỉnh áp suất bay hơi theo giá trị tối ưu chỉ có 45 phút so với khi không điều chỉnh áp suất là 60 phút.

Việc khảo sát các đường đặc tính năng lượng của máy nén khi chuyển đổi từ môi chất lạnh do nhà sản xuất khuyến cáo sang hỗn hợp môi chất mới hết sức quan trọng. Để nghiên cứu vấn đề này, căn cứ catalog máy nén và các thông số nhiệt động học của hỗn hợp môi chất lạnh tính toán và biểu diễn đồ thị sự phụ thuộc hiệu suất thể tích λ và hiệu suất năng lượng của máy nén η vào tỷ số nén như hình 6.

$$\eta = 0.653 + 0.273 \cdot \pi^{-1} - 1.06 \cdot \pi^{-2} - 2.092 \cdot 10^{-5} \cdot \pi^3$$



$$\lambda = -0.0291 \cdot \pi + 0.9454$$



Hình 6: Hiệu suất năng lượng và hiệu suất thể tích máy nén Bitzer, model 4CC- 6,2(Y)

So sánh hiệu suất năng lượng của chu trình 1 cấp và hiệu suất thể tích của máy nén với chế độ nhiệt độ $t_0 = -70^{\circ}\text{C}$, $t_k = 40^{\circ}\text{C}$ khi sử dụng các loại môi chất lạnh khác nhau được thể hiện ở bảng sau:

TT	Môi chất lạnh	p_0 bar	p_k bar	Hệ số nén π	Hiệu suất năng lượng η	Hiệu suất thể tích λ
1	R134a	0,08	10,17	127	0	0
2	R22	0,21	15,34	73	0	0
3	R404A	0,28	18,29	65	0	0
4	R410A	0,26	24,26	93	0	0
5	407C	0,24	17,49	73	0	0
6	NH ₃	0,19	15,55	82	0	0
7	Ar/R14/R23 /R134a/R123 với tỉ lệ phần trăm theo số mol 0,5/37,5/36/8,5/17,5	3	20	6,67	0,664	0,751

Phân tích bảng trên cho thấy, đối với hỗn hợp môi chất lạnh không đồng sôi gồm 5 thành phần, máy lạnh vận hành ở nhiệt độ bay hơi âm 70°C , nhiệt độ ngưng tụ 40°C ,

tỷ số nén 6,67 thì hiệu suất năng lượng và hiệu suất thể tích đạt lần lượt là 0,664 và 0,751. Cũng với chế độ nhiệt độ sôi này, chu trình 1 cấp sử dụng các môi chất lạnh

truyền thống có hiệu suất năng lượng và hiệu suất thể tích gần như bằng 0 vì tỷ số nén lớn hơn 30.

4. Kết luận

- Với hỗn hợp môi chất lạnh không đồng sôi gồm 5 thành phần, máy lạnh 1 cấp làm việc ở chế độ nhiệt độ $t_0 = -70^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$ đạt hiệu suất năng lượng của chu trình 0,664 và hiệu suất thể tích của máy nén

0,751, trong khi đó chu trình 1 cấp sử dụng các môi chất lạnh truyền thống hiệu suất năng lượng và hiệu suất thể tích gần như bằng 0 vì tỷ số nén lớn hơn 30.

- Thời gian khởi động máy lạnh 1 cấp nhiệt độ bay hơi âm 70°C có điều chỉnh áp suất tối ưu so với không điều chỉnh giảm từ 60 phút xuống còn 45 phút □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Лунин А.И., Могорычный В.И., Коваленко В.Н. (2009), *Применение многокомпонентных рабочих тел в низкотемпературной технике*. Учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ.
- [2] Бродянский В.М., Семенов А.М. (1980), *Термодинамические основы криогенной техники*. М.: Энергия.
- [3] Лунин А.И. (2007), *Холодильные машины и установки*. Издательский дом МЭИ.
- [4] Nguyễn Đức Lợi, Phạm Văn Tùy (2010), *Kỹ thuật lạnh cơ sở*, Nxb Giáo dục Việt Nam.

Abstract

Single stage refrigerating machine with vapour temperature -70°C

For reaching the negative temperature of 70°C , the same cascade refrigerating machines but simplicity in terms of structure and operation of the device, single stage refrigerating machine with mixture of the five components Ar/R14/R23/R134a/R123 with mole fraction 0,5/37,5/36/8,5/17,5 is used.

With this approach, the startup period of this single-stage refrigerating machine could be reduced 15 minutes in comparison with non adjusting by the optimum value. In addition, at the vapour temperature negative 70°C and condensing temperature 40°C , energy efficiency of the machine and volumetric efficiency of compressor are 0,664 and 0,751 but at the same temperature regime, energy efficiency and volumetric efficiency of single stage refrigerating machine with the single-component refrigerant is near zero because its compression ratio is above 30.

Key words: refrigerant, refrigerating machine, startup period.