

PHÂN TÍCH ĐẶC ĐIỂM CỦA MÔI CHẤT LẠNH THƯỜNG DÙNG R32, R410A KHI QUÁ LẠNH ĐỐI VỚI HỆ THỐNG LẠNH

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF REFRIGERANTS R32, R410A FOR SUB-COOLING REFRIGERATION SYSTEM

Hoàng Thành Đạt

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng; htdat@ute.udn.vn

Tóm tắt - Ngày nay, hai môi lạnh được dùng phổ biến nhất hiện nay cho hệ thống điều hòa không khí đó là môi chất R32 và R410A. Ở nội dung này chủ yếu tính toán phân tích đặc điểm tính chất của quá trình quá lạnh đối với hệ thống lạnh trong điều hòa không khí sử dụng các môi chất lạnh thường dùng R32, R410A, tính toán độ quá lạnh đối với hệ thống lạnh, mức độ tiêu tốn công cho hệ thống lạnh và ảnh hưởng của hệ số làm lạnh COP đối với chu trình. Đồng thời đề ra mối quan hệ giữa mức độ quá lạnh hưởng đến các thông số của hệ thống lạnh như năng suất lạnh riêng, công tiêu tốn cho chu trình và hệ số làm lạnh COP . Bài viết chủ yếu đưa ra các thông số của quá trình quá lạnh, các kết quả tính toán và so sánh giữa hai môi chất R32, R410A và quá trình làm việc hiệu quả của hệ thống lạnh.

Từ khóa - Quá lạnh; môi chất lạnh; COP ; hệ thống lạnh

1. Đặt vấn đề

Chu trình hệ thống lạnh nếu có quá lạnh sẽ làm tăng năng suất làm lạnh và hệ số làm lạnh COP của hệ thống lạnh nhằm tiết kiệm năng lượng và góp phần bảo vệ môi trường. Trên thực tế, có nhiều cách để đạt được độ quá lạnh như: Quá lạnh trong thiết bị ngưng tụ, hồi nhiệt quá lạnh, thiết bị quá lạnh để quá lạnh [1]. Nhìn chung, mức độ quá lạnh là nhỏ, thường là $3 \sim 10^\circ\text{C}$, để tăng được năng suất lạnh riêng và tăng hệ số làm lạnh ta dùng phương pháp quá lạnh cơ khí [2] (nghĩa là sử dụng một chu trình làm lạnh phụ trợ để làm lạnh chất lỏng môi chất lạnh của chu trình làm lạnh chính), chu trình chính và phụ cần kết hợp tốt để tối ưu hóa [3, 4].

Đối với các môi chất lạnh khác nhau, mức độ quá lạnh khác nhau, có ảnh hưởng khác nhau đến hiệu suất của hệ thống lạnh. Trong bài báo này, các thông số hiệu suất của hai môi chất làm lạnh R32, R410A trong điều hòa không khí được tính toán và so sánh với các mức độ khác nhau của quá lạnh, các ảnh hưởng của chúng đến hệ thống lạnh.

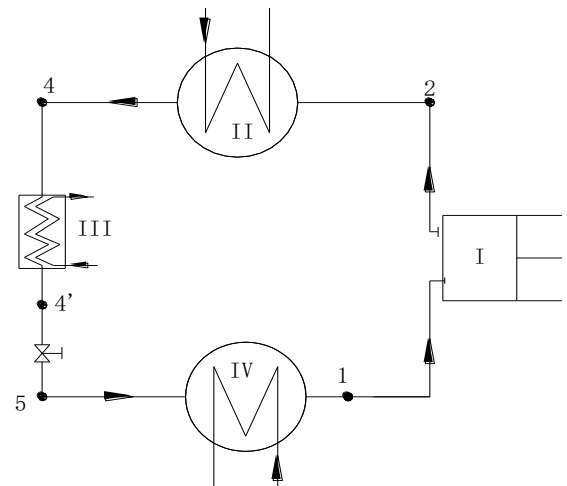
2. Phân tích chu trình hệ thống lạnh có quá lạnh

Trong một hệ thống làm lạnh, nhiệt độ lỏng cao áp ra khỏi thiết bị ngưng tụ bị hạn chế bởi môi trường làm mát, nói cách khác là nhiệt độ của lỏng cao áp phụ thuộc vào môi trường làm mát ở thiết bị ngưng tụ. Nếu quá trình ngưng tụ không tốt, nhiệt độ lỏng cao áp cao dẫn đến tổn thất tiết lưu và làm giảm hệ số làm lạnh của chu trình [5, 6]. Việc sử dụng quá lạnh cho hệ thống lạnh sẽ làm tăng năng suất lạnh riêng và tăng hệ số làm lạnh COP của chu trình. Trên Hình 1, 2 biểu diễn sơ đồ nguyên lý và đồ thị T-s và lgp-h của chu trình làm lạnh có quá lạnh.

Abstract - Today, the two most commonly used refrigerants for air conditioning systems are R32 and R410A. This article mainly analyzes the properties of the sub-cooling process for refrigeration systems in air conditioners using refrigerants commonly used R32, R410A as well as calculates the sub-cooling for the refrigeration system, the consumption of refrigeration and the effect of COP cooling on the cycle. At the same time, it is suggested that the relationship between the degree of sub-cooling affects the parameters of the refrigeration system such as individual sub-cooling capacity, cycle power and COP cooling coefficients. The article mainly gives the parameters of the sub-cooling process, the calculation and comparison results between the two media R32, R410A and the efficient working process of the cooling system.

Key words - Sub-cooling; refrigerant; COP ; refrigeration system

a) Sơ đồ nguyên lý: Hình 1 biểu thị hệ thống lạnh có quá lạnh lỏng cao áp trước khi đi tiết lưu, hệ thống gồm có các thiết bị chính như sau: I – Máy nén lạnh; II – Thiết bị ngưng tụ; III – Thiết bị quá lạnh; IV – Thiết bị bay hơi.

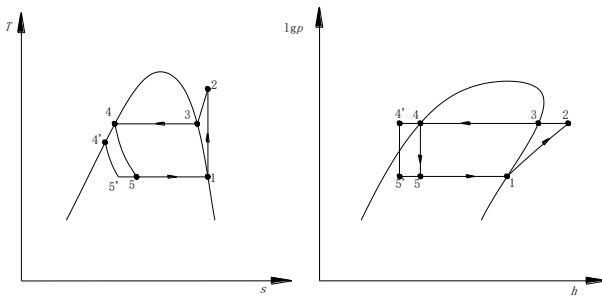


Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh có quá lạnh

Nguyên lý làm việc: Hơi môi chất hạ áp ở thiết bị bay hơi có áp suất và nhiệt độ thấp (p_0 , t_0) ra khỏi thiết bị bay hơi (điểm 1) và được hút về máy nén được nén đoạn nhiệt tại máy nén lên áp suất và nhiệt độ cao (điểm 2), được đưa vào thiết bị ngưng tụ. Tại thiết bị ngưng tụ môi chất được làm mát (môi trường làm mát là nước hoặc không khí) ngưng tụ thành lỏng cao áp (điểm 3), lỏng cao áp ở trạng thái (p_k , t_k) tiếp tục đi qua thiết bị quá lạnh, tại thiết bị quá lạnh lỏng cao áp được làm lạnh đến trạng thái 4' (p_k , t_{q1}). Lỏng ra khỏi thiết bị quá lạnh được đưa vào van tiết lưu giảm áp giảm nhiệt độ, sau đó vào thiết bị bay hơi nhận

hiệt của môi trường làm lạnh bay hơi đẳng áp đẳng nhiệt và được hút về máy nén tiếp tục chu trình làm lạnh.

b) Hình 2 biểu diễn đồ thị T-s và lgp-h của hệ thống lạnh có quá lạnh



Hình 2. Đồ T-s và lgp-h hệ thống lạnh có quá lạnh

Các quá trình biểu diễn trên đồ thị Hình 2 như sau: 1-2: nén đoạn nhiệt tại máy nén; 2-4: môi chất ngưng tụ đẳng áp đẳng nhiệt tại thiết bị ngưng tụ; 4-4': quá lạnh lỏng cao áp tại thiết bị quá lạnh; 4'-5': tiết lưu tại thiết bị tiết lưu; 5'-1: bay hơi đẳng áp đẳng nhiệt tại thiết bị bay hơi.

3. Tính toán chu trình hệ thống lạnh có quá lạnh

- Đơn vị khối lượng lạnh riêng

$$q_{0-sub} = h_1 - h_{5'} = h_1 - h_{4'} \quad (1)$$

Trong đó:

h_1 : Entanpi của hơi bão hòa trước khi hút về máy nén, kJ/kg;

$h_{4'}$: Entanpi của lỏng cao áp sau khi quá lạnh, kJ/kg;

$h_{5'}$: Entanpi của lỏng sau khi tiết lưu từ trạng thái 4' đến 5', kJ/kg.

- Đơn vị khối lượng lạnh thể tích

$$q_{zv} = (h_1 - h_{5'}) / v_1 = q_{0-sub} / v_1 \quad (2)$$

Trong đó: v_1 : Thể tích riêng tại điểm 1, m³/kg.

- Công lý thuyết

$$W_{sub} = W_0 = h_2 - h_1 \quad (3)$$

Trong đó:

W_{sub} : Công thực hiện chu trình khi có quá lạnh, kJ/kg;

W_0 : Công thực hiện chu trình khi không quá lạnh, kJ/kg.

- Công chỉ thị

$$W_i = W_0 / \eta_i \quad (4)$$

Trong đó: η_i : Hiệu suất chỉ thị của máy nén.

- Đơn vị phụ tải nhiệt ở thiết bị ngưng tụ

$$q_{k-sub} = (h_2 - h_4) + (h_4 - h_{4'}) \quad (5)$$

Trong đó, h_4 : Entanpi của lỏng cao áp trước khi quá lạnh, kJ/kg.

Đơn vị phụ tải nhiệt ở thiết bị quá lạnh

$$q_{ql} = (h_4 - h_{4'}) \quad (6)$$

Hệ số làm lạnh của chu trình không quá lạnh COP_0

$$COP_0 = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} \quad (7)$$

Hệ số làm lạnh của chu trình có quá lạnh COP_{sub}

$$COP_{sub} = \frac{q_{0-sub}}{W_0} = \frac{h_1 - h_{5'}}{h_2 - h_1} = \frac{(h_1 - h_5) + (h_5 - h_{5'})}{h_2 - h_1} \quad (8)$$

$$= COP_0 + \frac{h_5 - h_{5'}}{h_2 - h_1}$$

COP_i chỉ thị: $COP_i = q_{0-sub} / W_i$

So với chu trình không quá lạnh thì chu trình có quá lạnh lượng làm lạnh tăng lên:

$$m_0 (h_5 - h_{5'}), COP \text{ tăng lên } \frac{h_4 - h_{4'}}{h_2 - h_1}$$

Trong đó: m_0 : Lượng môi chất tuần hoàn trong hệ thống, kg/s.

4. Ảnh hưởng của quá trình quá lạnh đối với hệ thống lạnh

Tính cho môi chất lạnh thường dùng trong hệ điều hòa không khí R32, R410A. Để thuận tiện cho việc tính toán ta giả định:

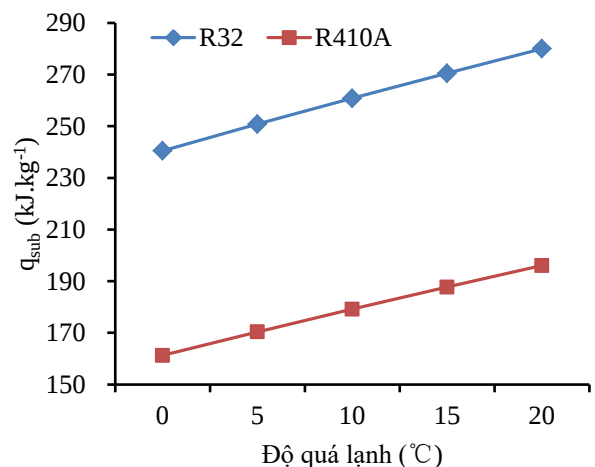
- 1) Hệ thống hoạt động với các thông số ổn định;
- 2) Nhiệt độ ngưng tụ được chọn trong khoảng 40~50°C, nhiệt độ bay hơi trong khoảng -5~5°C;
- 3) Không tính tổn thất nhiệt, tổn thất lưu động và tổn thất trao đổi nhiệt với môi trường trên đường ống;
- 4) Hiệu suất làm việc của máy nén là 0,8.

4.1. Độ quá lạnh ảnh hưởng đến hệ thống khi nhiệt độ ngưng tụ thay đổi

4.1.1. Độ quá lạnh ảnh hưởng đến q_{0-sub} khi nhiệt độ ngưng tụ thay đổi

Với nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$.

Hình 3 thể hiện mối quan hệ giữa độ quá lạnh và năng suất lạnh riêng. Môi chất R32 có năng suất lạnh riêng lớn hơn môi chất R410A, khi độ quá lạnh tăng lên 20°C thì cả hai môi chất R32, R410A có q_{0-sub} tăng lên tương ứng 16,4% và 21,5%. Như vậy, khi độ quá tăng lên thì cả hai môi chất đều tăng lên nhưng R410A có độ tăng lên nhanh hơn R32 là 5,1%.

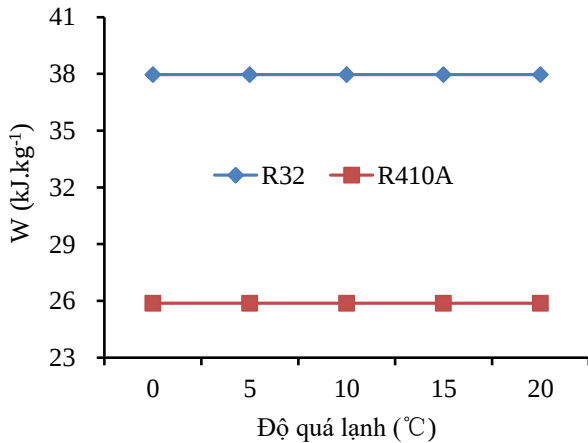


Hình 3. Ảnh hưởng độ quá lạnh đến q_{0-sub}

4.1.2. Độ quá lạnh ảnh hưởng đến W khi nhiệt độ ngưng tụ thay đổi

Với nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$.

Hình 4 thể hiện mối quan hệ giữa độ quá lạnh và công nén riêng chu trình. Môi chất R32 có công nén lớn hơn môi chất R410A, lớn hơn 31,4%. Khi độ quá lạnh tăng lên thì cả hai môi chất R32, R410A có W không thay đổi.

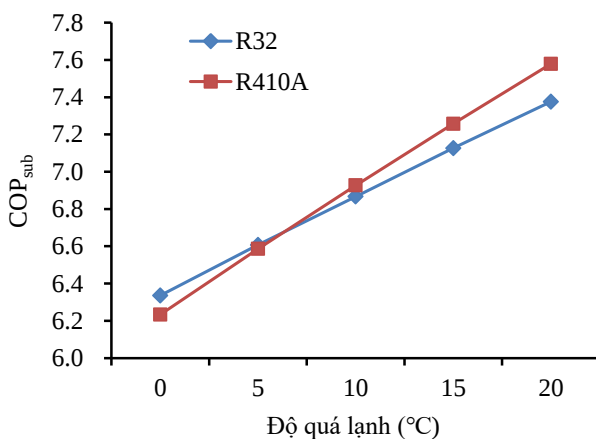


Hình 4. Ảnh hưởng độ quá lạnh đến W

4.1.3. Độ quá lạnh ảnh hưởng đến COP_{sub} khi nhiệt độ ngưng tụ thay đổi

Với nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$, nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$.

Hình 5 thể hiện mối quan hệ giữa độ quá lạnh và hệ số làm lạnh của chu trình COP . Khi không có quá lạnh thì R32 có COP lớn hơn COP của R410A. Khi độ quá lạnh tăng lên 20°C thì cả hai môi chất R32, R410A có COP tăng lên tương ứng 16,41% và 21,57%. Như vậy, khi độ quá lạnh tăng lên thì cả hai môi chất đều tăng lên nhưng R410A có độ tăng nhanh hơn R32 là 5,16%.

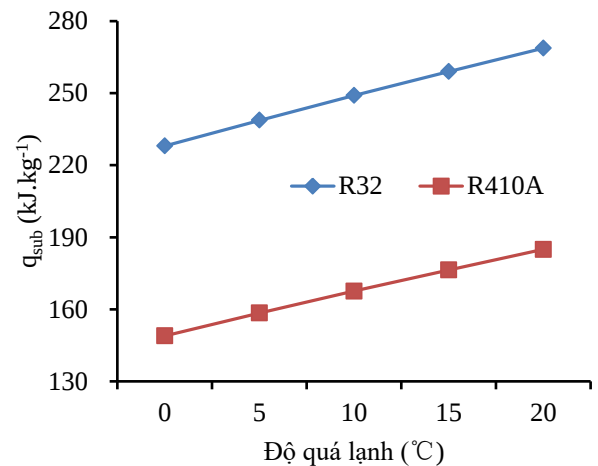


Hình 5. Ảnh hưởng độ quá lạnh đến COP_{sub}

4.2. Độ quá lạnh ảnh hưởng đến hệ thống khi nhiệt độ bay hơi thay đổi

4.2.1. Độ quá lạnh ảnh hưởng đến q_{o-sub} khi nhiệt độ bay hơi thay đổi

Với nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 45^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = -5^\circ\text{C}$.



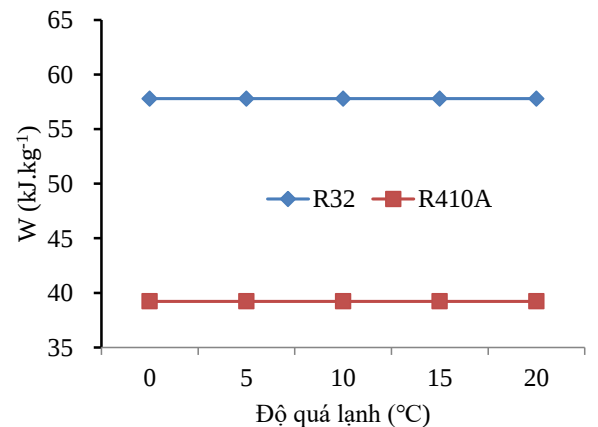
Hình 6. Ảnh hưởng độ quá lạnh đến q_{o-sub}

Hình 6 thể hiện mối quan hệ giữa độ quá lạnh và năng suất lạnh riêng. Môi chất R32 có năng suất lạnh riêng lớn hơn môi chất R410A, lớn hơn 53,01%. Khi độ quá lạnh tăng lên 20°C thì cả hai môi chất R32, R410A có q_{o-sub} tăng lên tương ứng 17,5% và 24,15%. Như vậy, khi độ quá lạnh tăng lên thì cả hai môi chất đều tăng lên nhưng R410A có độ tăng lên nhanh hơn R32 là 6,65%.

4.2.2. Độ quá lạnh ảnh hưởng đến W khi nhiệt độ bay hơi thay đổi

Với nhiệt độ ngưng tụ $T_k = 45^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $T_0 = -5^\circ\text{C}$.

Hình 7 thể hiện mối quan hệ giữa độ quá lạnh và công thực chu trình. Môi chất R32 có công nén lớn hơn công nén của môi chất R410A, lớn hơn 47,34%. Khi độ quá lạnh tăng lên thì cả hai môi chất R32, R410A có W không thay đổi.



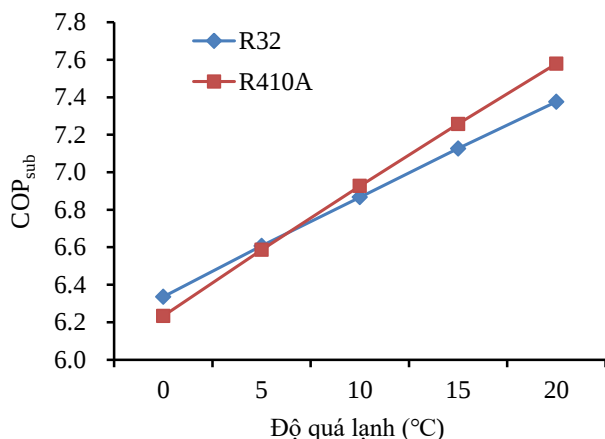
Hình 7. Ảnh hưởng độ quá lạnh đến W

4.2.3. Độ quá lạnh ảnh hưởng đến COP_{sub} khi nhiệt độ bay hơi thay đổi

Với nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 45^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = -5^\circ\text{C}$.

Hình 8 thể hiện mối quan hệ giữa độ quá lạnh và hệ số làm lạnh của chu trình COP . Khi không có quá lạnh thì R32 có COP lớn hơn COP của R410A. Khi độ quá lạnh tăng lên 20°C thì cả hai môi chất R32, R410A có COP tăng lên tương ứng 17,77% và 22,68%. Như vậy, khi độ quá lạnh

tăng lên thì cả hai môi chất đều tăng lên nhưng R410A có độ tăng lên nhanh hơn R32 là 4,91%.



Hình 8. Ảnh hưởng độ quá lạnh đến COP_{sub}

5. Kết luận

Bài báo đã đưa ra được các kết quả tính toán lý thuyết chu trình hệ thống lạnh có quá lạnh của hai môi chất lạnh thường dùng trong hệ thống điều hòa không khí R32 và R410A; Thể hiện được các mối liên hệ giữa độ quá lạnh và năng suất lạnh riêng, công tiêu tốn cho chu trình và hệ số làm việc hiệu quả của chu trình COP . Cụ thể như sau:

1) Đối với hệ thống lạnh khi có độ quá lạnh thì tất cả

các thông số như năng suất lạnh riêng và COP đều tăng lên.

2) Khi độ quá lạnh tăng lên mỗi 1°C thì năng suất lạnh riêng và hệ số làm lạnh COP của R32, R410A tăng lên tương ứng trung bình là 0,08% và 1%.

3) Khi độ quá lạnh tăng lên nhưng công không thay đổi, công của môi chất R32 lớn hơn công của môi chất R410A.

4) Ở chế độ không có quá lạnh thì hệ số COP của R32 lớn hơn R410A, khi độ quá lạnh tăng lên thì COP của môi chất R410A tăng nhanh hơn R32.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A Vidal, R Best, R Rivero, J Cervantes, Analysis of a combined power and refrigeration cycle by the exergy method. *Energy*, 2006, (31): 3401 - 3414.
- [2] Afif Akel Hasan, D Yogi Goswami, Sanjay Vijayaraghavan. First and second law analysis of a new power and refrigeration thermodynamic cycle using a solar heat source. *Solar Energy*, 2002, (73): 385 - 393.
- [3] KCizungu, A Mani, M Groll. Performance comparison of vapour jet refrigeration system with environment friendly working fluids. *Applied Thermal Engineering*, 2001, (21): 585 - 598.
- [4] I Horuz, T M S Callander. Experimental investigation of a vapor absorption refrigeration system. *International Journal of Refrigeration*, 2004, (27): 10 - 16.
- [5] Andy Pearson. Refrigeration with ammonia. *International Journal of Refrigeration*, 2008, (31): 545 - 551.
- [6] Pega Hrnjak, Andy D Litch. Microchannel heat exchangers for charge minimization in air-cooled ammonia condensers and chillers. *International Journal of Refrigeration*, 2008, (31): 658 - 668.

(BBT nhận bài: 10/10/2019, hoàn tất thủ tục phản biện: 14/5/2020)