

PHÂN TÍCH CÁC THÔNG SỐ CHÍNH CỦA CHU TRÌNH LẠNH MỘT CẤP SỬ DỤNG MÔI CHẤT R22/R410A/R32 BẰNG PHẦN MỀM MATLAB/SIMULINK

TRẦN VIỆT HÙNG, PHẠM QUANG PHÚ

*Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh
tranviethung@iuh.edu.vn, phamquangphu@iuh.edu.vn*

Tóm tắt. Bài viết trình bày kết quả mô phỏng của chu trình lạnh một cấp sử dụng máy nén hơi, các thông số của môi chất và thông số của chu trình lạnh khi sử dụng môi chất lạnh R22, R410A và R32 dựa trên phần mềm Matlab/Simulink. Hệ thống được mô phỏng với năng suất lạnh 9000 BTU/h (2,638 kW), nhiệt độ bay hơi 5°C và nhiệt độ ngưng tụ 40°C . Quá trình mô phỏng đã xác định được thông số trạng thái của môi chất lạnh và ảnh hưởng của nhiệt độ đến các thông số chu trình lạnh một cấp. Kết quả mô phỏng đạt được khi ở cùng điều kiện nhiệt độ hoạt động và năng suất lạnh tương đương thì thể tích hút của máy nén sử dụng môi chất R22 lớn hơn 31%, 37% so với R410A/R32 và hệ số hiệu quả năng lượng COP 5,581 (R22)/5,177 (R410A)/5,396 (R32).

Từ khóa. Chu trình lạnh 1 cấp, hệ số hiệu quả năng lượng, COP, hiệu suất, Matlab/Simulink, mô phỏng chu trình lạnh.

ANALYSIS OF THE SINGLE-STAGE REFRIGERATION CYCLE PARAMETERS OPERATING WITH R22/R410A/R32 REFRIGERANTS BY MATLAB/SIMULINK SOFTWARE

Abstract. The paper was presented simulation results of single-stage vapor-compression refrigeration system. Parameters of refrigerant and refrigeration cycle uses R22, R410A and R32 refrigerants based on Matlab/Simulink software. The system was simulated with a cooling capacity of 9000 BTU/h (2,638 kW), evaporation temperature was 5°C and condensation temperature was 40°C . The simulation process has determined the state parameters and the temperature affection which impacted on the single-stage refrigeration system. The simulation results are achieved at the same operating temperature and equivalent cooling capacity to compressor displacement uses R22 refrigerant higher 31%, 37% than R410A/R32 and the Coefficient of Performance (COP) are 5,581 (R22)/5,177 (R410A)/5,396 (R32).

Keywords. single-stage refrigeration cycle, energy efficiency, performance, Coefficient of Performance, Matlab/Simulink, refrigeration cycle simulation.

1 GIỚI THIỆU

Môi chất lạnh là chất môi giới được sử dụng trong chu trình nén hơi. Hệ thống điều hòa không khí (ĐHKK) hiện nay sử dụng các loại môi chất phổ biến R22, R410A, R32[1]. Tuy nhiên, môi chất R22 vẫn có tiềm năng suy giảm tầng ozone (ODP = 0,05) (ODP – Ozone Depletion Potential), tiềm năng làm nóng toàn cầu (GWP = 1700) (GWP – Global Warming Potential) và sẽ bị cấm vào năm 2040, do đó môi chất R410A được lựa chọn để thay thế (ODP = 0; GWP = 2088)[2]. Ngoài ra, do môi chất R410A vẫn có chỉ số GWP rất lớn, nên việc lựa chọn môi chất có chỉ số GWP thấp được lựa chọn để thay thế trong đó có R32 (GWP = 675)[1], [3], [4]. Khi thay thế một môi chất mới sẽ phải loại bỏ tất cả các thiết bị hiện có trong hệ thống để đảm bảo năng suất lạnh và hiệu suất của hệ thống, với một hệ thống lạnh hiện đang sử dụng môi chất R22 khi thay thế một môi chất sẽ ảnh hưởng đến thiết bị và hiệu suất. Trong bài báo này, hệ thống ĐHKK được mô phỏng trên Matlab/Simulink nhằm đánh giá sự ảnh hưởng chu trình lạnh và

hiệu suất khi thay thế môi chất R410A, R32 cho hệ thống sử dụng môi chất R22[5]. Để thực hiện mô phỏng hệ thống được đặt với các giả thiết ban đầu là:

- Chọn chu trình khô một cấp.
- Nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$, năng suất lạnh $Q_0 = 9000 \text{ BTU/h}$ (2,638 kW).
- Phụ tải nhiệt lớn nhất.
- Bỏ qua các tổn thất áp suất trên thiết bị và trên đường ống.
- Không xét đến ảnh hưởng của sự bôi trơn cho máy nén.
- Xét điều kiện cách nhiệt là tối ưu.

2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

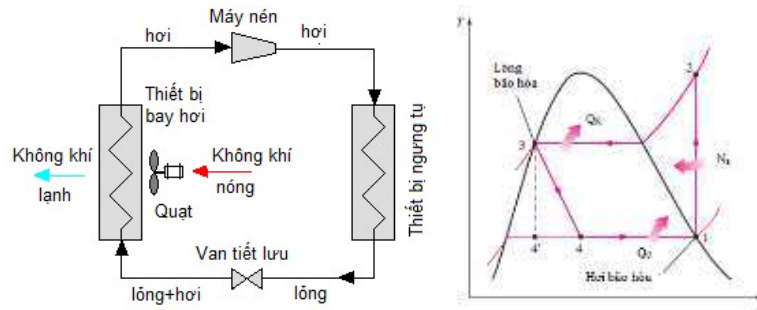
2.1 Cơ sở mô phỏng hệ thống lạnh

Xét chu trình lạnh một cấp được trình bày trên hình 1. Các công thức tính toán chu trình sử dụng trong mô phỏng như sau [6]:

$$\begin{aligned}
 l_s &= i_2 - i_1 \\
 q_K &= i_2 - i_3 \\
 q_0 &= i_1 - i_4 \\
 Q_K &= m(i_2 - i_3) \\
 Q_0 &= m(i_1 - i_4) \\
 N_s &= m(i_2 - i_1)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Trong đó:

- l_s : công nén riêng đoạn nhiệt, kJ/kg;
- q_K : Năng suất giải nhiệt riêng, kJ/kg;
- q_0 : Năng suất lạnh riêng, kJ/kg;
- Q_K : Năng suất giải nhiệt, kW;
- Q_0 : Năng suất lạnh, kW;
- N_s : Công nén đoạn nhiệt, kW;
- m : Lưu lượng khối lượng môi chất, kg/s;



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý và đồ thị nhiệt động của chu trình lạnh 1 cấp

2.2 Khối mô phỏng môi chất lạnh

Theo bảng thông số của môi chất từ [2] ta có: $p = p(T, \rho)$; $i = i(T, \rho)$; $S = S(T, \rho)$; $pS_s = p(T)$; $\rho' = \rho'(T)$; $i' = i'(T)$. Trong Matlab/Simulink sử dụng Lookup Table để thực hiện hàm $z = f(x, y)$.

$$\begin{aligned}
 S_1 &= S_2 = S_{2'} + C_p \ln \frac{T_2}{T_{2'}} \\
 i_2 &= i_{2'} + C_p (T_2 - T_{2'})
 \end{aligned} \tag{2}$$

Trong đó:

- S : entropy, kJ/(kg.K);
- T : Nhiệt độ, K;
- C_p : Nhiệt dung riêng đẳng áp, kJ/(kg.K);

Khối mô phỏng môi chất lạnh được trình bày trên hình 2.

2.3 Khối mô phỏng máy nén

Các phương trình sử dụng để mô phỏng máy nén:

- Công nén đoạn nhiệt:

$$N_s = m.l_s \quad \text{kW} \quad (3)$$

- Công nén riêng đẳng entropy:

$$l_s = i_{2s} - i_1 \quad \text{kJ/kg} \quad (4)$$

- Trong thực tế quá trình làm mát không đáng kể nên công nén đoạn nhiệt:

$$l_s = i_2 - i_1 \quad \text{kJ/kg} \quad (5)$$

- Hiệu suất nén đoạn nhiệt:

$$\eta_s = \frac{i_{2s} - i_1}{i_2 - i_1} \quad (6)$$

- Để quá trình tính toán áp dụng cho tất cả các giai đoạn, ta xét quá trình nén đa biến:

$$l_p = \frac{n}{n-1} p_1 \cdot v_1 \left[\left(\frac{p_d}{p_s} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] = \eta(i_2 - i_1) \quad (7)$$

Trong đó:

n, k: số mũ đa biến và số mũ đoạn nhiệt

η_s, η : hiệu suất quá trình nén đoạn nhiệt và đa biến

$$\left(\frac{n-1}{n} \right) = \left(\frac{k-1}{k} \right) \left(\frac{1}{\eta} \right)$$

- Công nén chỉ thị:

$$N_i = \frac{N_s}{\eta_i} \quad \text{kW} \quad (8)$$

trong đó, hiệu suất chỉ thị:

$$\eta_i = \lambda_\omega + b.t_0 \quad (9)$$

- Công suất trên trục của máy nén:

$$N_e = N_i + N_{ms} \quad \text{kW} \quad (10)$$

trong đó, công ma sát:

$$N_{ms} = P_{ms} \cdot V_u \quad \text{kW} \quad (11)$$

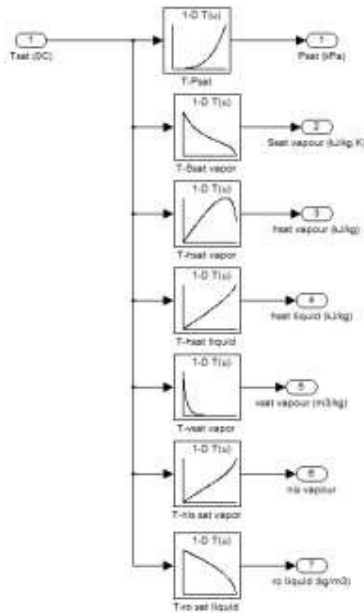
- Lưu lượng môi chất thực tế qua máy nén:

$$m = \frac{V_u}{v_1} = \frac{\lambda \cdot V_{lt}}{v_1} \quad \text{kg/s} \quad (12)$$

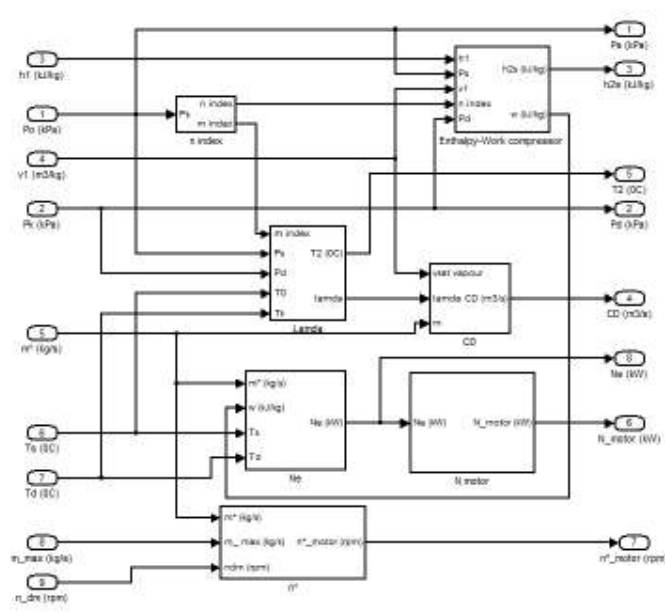
- Thể tích nén lý thuyết của máy nén thể tích (máy nén piston):

$$V_{lt} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot s \cdot z \cdot n \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (13)$$

Trong đó: d- đường kính xilanh (m); s- hành trình piston (m); z- số xilanh; n- tốc độ vòng quay trên trục (vòng/phút).



Hình 2: Khối mô phỏng môi chất lạnh



Hình 3: Khối mô phỏng máy nén

2.4 Khối mô phỏng thiết bị ngưng tụ

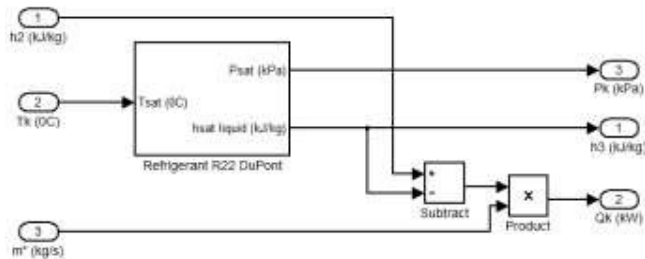
Các phương trình sử dụng để mô phỏng thiết bị ngưng tụ:

- Năng suất giải nhiệt riêng của thiết bị ngưng tụ:

$$q_K = i_2 - i_3 \quad \text{kJ/kg} \quad (14)$$

- Năng suất giải nhiệt của thiết bị ngưng tụ:

$$Q_K = m(i_2 - i_3) \quad \text{kW} \quad (15)$$



Hình 4: Khối mô phỏng thiết bị ngưng tụ

2.5 Khối mô phỏng thiết bị bay hơi

Các phương trình sử dụng để mô phỏng thiết bị bay hơi:

- Năng suất lạnh riêng của thiết bị bay hơi:

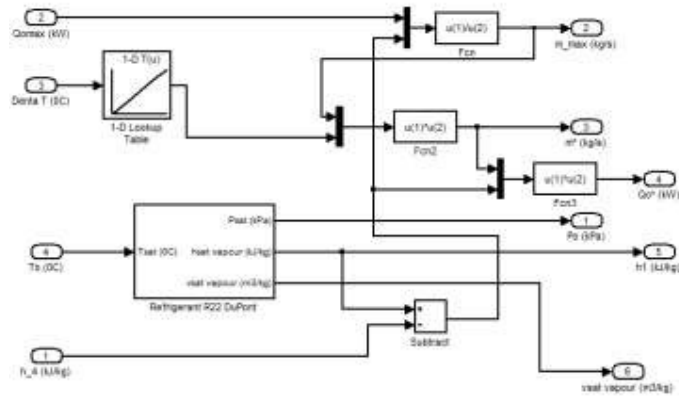
$$q_0 = i_1 - i_4 \quad \text{kJ/kg} \quad (16)$$

- Năng suất lạnh của thiết bị bay hơi:

$$Q_0 = m(i_1 - i_4) \quad \text{kW} \quad (17)$$

- Phương trình cân bằng nhiệt ở thiết bị bay hơi

$$m(i_1 - i_4) = m_{kk}(i_{kkv} - i_{kkv}) = m_{kk} c_{pkk}(T_{kkv} - T_{kkv}) \quad (18)$$



Hình 5: Khối mô phỏng thiết bị bay hơi

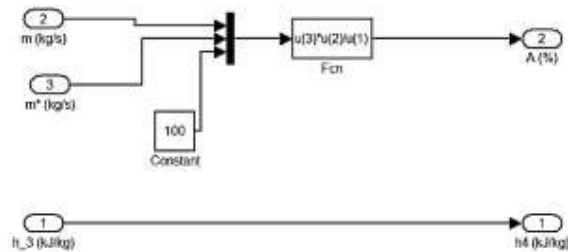
2.6 Khối mô phỏng thiết bị tiết lưu

Phương trình sử dụng để mô phỏng thiết bị tiết lưu:

- Lưu lượng môi chất qua van tiết lưu

$$m = C.A.\sqrt{2\rho(p_k - p_0)} \quad \text{kg/s} \quad (19)$$

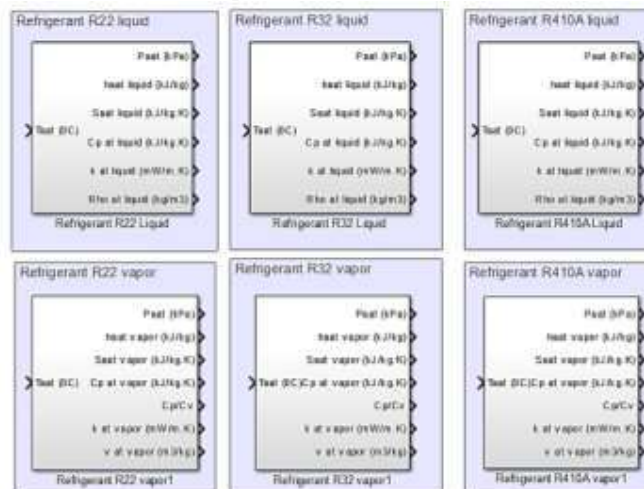
Trong đó: C- hệ số tổn thất của van; A- độ mở van; ρ - khối lượng riêng của môi chất ở trạng thái lỏng



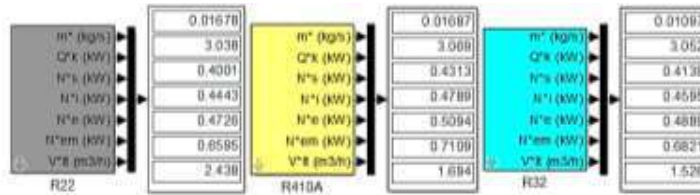
Hình 6: Khối mô phỏng thiết bị tiết lưu

2.7 Khối mô phỏng tính toán chu trình lạnh

Sử dụng các công thức từ (1) đến (13) để mô phỏng trên Matlab/Simulink.



Hình 7: Sơ đồ mô phỏng môi chất lạnh



Hình 8: Sơ đồ tính toán chu trình lạnh

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả mô phỏng

Phần mềm Matlab/Simulink được sử dụng để mô phỏng các thông số trạng thái của môi chất lạnh, các thông số hoạt động của hệ thống lạnh khi so sánh giữa môi chất R22, R410A và R32. Kết quả mô phỏng được trình bày trong bảng 1 và 2.

Bảng 1: Bảng thông số điểm nút của chu trình sử dụng môi chất R22

Điểm	Nhiệt độ t [°C]			Áp suất p [kPa]			Entanpi i [kJ/kg]		
	R22	R410A	R32	R22	R410A	R32	R22	R410A	R32
1	5	5	5	584,3	933,4	951,8	406,9	422,7	516,1
2	54,5	52,5	60,6	1534	2426	2478	430,7	448,3	553,8
3	40	40	40	1534	2426	2478	249,7	266,3	275,6
4	5	5	5	584,3	933,4	951,8	249,7	266,3	275,6

Bảng 2 Kết quả mô phỏng trên Matlab-Simulink

Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	R22	R410A	R32
Nhiệt độ bay hơi	t_0	°C	5	5	5
Áp suất bay hơi	p_0	kPa	584,3	933,4	951,8
Nhiệt độ ngưng tụ	t_k	°C	40	40	40
Áp suất ngưng tụ	p_k	kPa	1534	2426	2478
Tỉ số nén	π		2,625	2,599	2,604
Năng suất lạnh	Q_0	kW	2,638	2,638	2,638
Lưu lượng môi chất	m	kg/s	0,01678	0,01687	0,01097
Nhiệt độ cuối tầm nén	t_2	°C	54,5	52,5	60,6
Phụ tải nhiệt ngưng tụ	Q_k	kW	3,038	3,069	3,052
Công nén đoạn nhiệt	N_s	kW	0,4001	0,4313	0,4139
Công nén chỉ thị	N_i	kW	0,4443	0,4789	0,4595
Công suất hữu ích trên trục của máy nén	N_e	kW	0,4726	0,5094	0,4889
Công suất động cơ	N_{dc}	kW	0,6595	0,7109	0,6821
Thể tích riêng tại điểm 1	v_1	m ³ /kg	0,0404	0,0279	0,0386
Thể tích hút của máy nén	V_{tt}	m ³ /h	2,438	1,694	1,526
Hệ số làm lạnh	ϵ		6,592	6,115	6,737
Hệ số hiệu quả năng lượng	COP	kW/kW	5,581	5,177	5,396

Nhận xét: Dựa theo kết quả số liệu mô phỏng với cùng điều kiện nhiệt độ làm việc tại bảng 2, so sánh chu trình với các loại môi chất khác nhau ta có:

- Thể tích hút của máy nén giảm 31% (R410A/R22), giảm 37% (R32/R22) và giảm 10% (R32/R410A).
- Công suất của máy nén tăng 8% (R410A/R22), tăng 3% (R32/R22) và giảm 4% (R32/R410A).
- Nhiệt độ cuối tầm nén giảm 4% (R410A/R22), tăng 11% (R32/R22) và tăng 15% (R32/R410A).
- Áp suất ngưng tụ và bay hơi tăng 60% (R410A/R22), tăng 62% (R32/R22) và giảm 2% (R32/R410A).

3.2 Đánh giá tiết kiệm năng lượng

3.2.1 COP và ý nghĩa của COP trong tiết kiệm năng lượng

COP là hệ số hiệu quả năng lượng (Coefficient Of Performance) tương đương với hệ số lạnh và được tính theo công thức sau:

$$COP_{\text{cooling}} = \frac{Q_0}{N_e} \quad (21)$$

Trong đó:

Q_0 : Năng suất lạnh hữu ích thu được ở thiết bị bay hơi, kW

N_e : Công nén hữu ích, kW

3.2.2 IPLV và ý nghĩa của IPLV trong tiết kiệm năng lượng

IPLV (Integrated Part Load Value) là giá trị vận hành non tải tích hợp. Theo thống kê của AHRI (Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute) thì các hệ thống ĐHKK thực tế chỉ vận hành 1% thời gian trong năm ở 100% tải, còn 99% là vận hành ở chế độ non tải, cụ thể 42% thời gian chạy ở 75% tải, 45% thời gian chạy ở 50% tải và 12% thời gian chạy ở 25% tải. Chính vì vậy tiêu chuẩn AHRI 550/590 quy định lấy IPLV làm tiêu chuẩn đánh giá hiệu quả năng lượng của hệ thống lạnh và ĐHKK thay cho COP[7].

IPLV được tính như sau:

$$IPLV = 0,01A + 0,42B + 0,45C + 0,12D \quad (22)$$

trong đó A, B, C, D là COP ở 100%, 75%, 50% và 25% tải.

3.2.3 Kết quả tính toán theo chỉ số hiệu quả năng lượng

Đánh giá khi nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ bay hơi không đổi và điều chỉnh năng suất lạnh theo % phụ tải, từ đó điều chỉnh tốc độ vòng quay trên trục của máy nén tương ứng.

Bảng 3: Kết quả đánh giá khi nhiệt độ $t_0 = 5^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$ tương ứng với R32

% tải	n (v/phút)	Q_0 (kW)	Q_k (kW)	m (kg/s)	COP	IPLV ₁	N motor (kW)
100	2800	2,638	3,052	0,01097	5,396	0,054	0,6821
75	2100	1,978	2,289	0,00823	5,396	2,266	0,5116
50	1400	1,319	1,526	0,00548	5,396	2,428	0,3411
25	700	0,659	0,763	0,00274	5,396	0,647	0,1705

Đánh giá khi nhiệt độ ngưng tụ, nhiệt độ bay hơi và tốc độ vòng quay trên trục của máy nén không đổi và năng suất lạnh thay đổi theo % phụ tải.

Bảng 4: Kết quả đánh giá khi nhiệt độ $t_0 = 5^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$, $n = 2800$ v/phút tương ứng với R32

% tải	n (v/phút)	Q_0 (kW)	m (kg/s)	COP	IPLV ₂	N motor (kW)
100	2800	2,638	0,01097	5,396	0,054	0,6821
75	2800	1,978	0,01258	4,047	1,700	0,6821
50	2800	1,319	0,00839	2,698	1,214	0,6821
25	2800	0,659	0,00412	1,349	0,162	0,6821

Nhận xét: Giá trị vận hành non tải thích hợp của hệ thống lạnh có điều chỉnh tốc độ tương ứng với năng suất lạnh $IPLV_1 = 5,396$ cao hơn so với khi không điều chỉnh tốc độ tương ứng với năng suất lạnh $IPLV_2 = 3,130$. Do đó khi điều chỉnh tốc độ vòng quay trên trục của máy nén theo sự thay đổi % phụ tải sẽ giữ được COP không đổi tại mọi thời điểm vận hành.

3.3 Đánh giá khi thay thế môi chất

Hệ thống ĐHKK đang sử dụng môi chất R22 được thay thế bằng môi chất R410A và R32[8], [9],[10] và dầu bôi trơn được thay đổi phù hợp với môi chất. Kết quả mô phỏng tính toán hệ thống sử dụng thiết bị phù hợp với môi chất và thay thế môi chất R410A, R32 cho hệ thống sử dụng môi chất R22 với các thiết bị có sẵn.

Bảng 5: Kết quả đánh giá khi nhiệt độ $t_0 = 5^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$

Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	R22	R410A		R32	
			Tính toán	Tính toán	Thay thế	Tính toán	Thay thế
Nhiệt độ bay hơi	t_0	$^\circ\text{C}$	5	5	5	5	5
Nhiệt độ ngưng tụ	t_k	$^\circ\text{C}$	40	40	40	40	40
Năng suất lạnh	Q_0	kW	2,638	2,638	3,796	2,638	4,214
Lưu lượng môi chất	m	kg/s	0,01678	0,01687	0,02428	0,01097	0,01752
Phụ tải nhiệt ngưng tụ	Q_k	kW	3,038	3,069	4,417	3,052	4,876
Công nén đoạn nhiệt	N_s	kW	0,4001	0,4313	0,6208	0,4139	0,6613
Công nén chỉ thị	N_i	kW	0,4443	0,4789	0,6893	0,4595	0,7243
Công suất hữu ích trên trục của máy nén	N_e	kW	0,4726	0,5094	0,7332	0,4889	0,7811
Công suất động cơ	N_{dc}	kW	0,6595	0,7109	1,023	0,6821	1,090
Thể tích hút của máy nén	V_{tt}	m^3/h	2,438	1,694	2,438	1,526	2,438

Nhận xét: Kết quả tính toán mô phỏng khi thay thế môi chất R410A và R32 cho môi chất R22 với các thiết bị có sẵn:

- + Thể tích hút của máy nén đạt được 69%, 63% so với sử dụng môi chất R410A/R32 tính toán trên chu trình.
- + Công suất của máy nén đạt 69%, 63% so với tính toán sử dụng môi chất R410A/R32 tính toán trên chu trình và 64%, 61% so với tính toán sử dụng môi chất R22.
- + Năng suất lạnh, năng suất giải nhiệt đạt được 69% và 63% so với tính toán sử dụng môi chất R410A/R32 trên chu trình và tính toán sử dụng môi chất R22.

Dựa trên bảng kết quả (bảng 5) tiến hành giảm thể tích hút của máy nén lần lượt là 31% (R410A) và 37% (R32) cho phù hợp với chu trình, kết quả đạt được thể hiện ở bảng 6.

Bảng 6: Kết quả thay đổi thể tích hút của máy nén tại nhiệt độ $t_0 = 5^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$

Diễn giải	Ký hiệu	Đơn vị	R22	R410A	R32
			Tính toán	Thay thế	Thay thế
Nhiệt độ bay hơi	t_0	$^\circ\text{C}$	5	5	5
Nhiệt độ ngưng tụ	t_k	$^\circ\text{C}$	40	40	40
Năng suất lạnh	Q_0	kW	2,638	2,619	2,655
Lưu lượng môi chất	m	kg/s	0,01678	0,01675	0,01104
Phụ tải nhiệt ngưng tụ	Q_k	kW	3,038	3,048	4,876
Công suất hữu ích trên trục của máy nén	N_e	kW	0,4726	0,5059	0,4921
Công suất động cơ	N_{dc}	kW	0,6595	0,7060	0,6866
Thể tích hút của máy nén	V_{tt}	m^3/h	2,438	1,694	1,526
COP		kW/kW	5,581	5,177	5,396

4 KẾT LUẬN

Qua các kết quả tính toán mô phỏng chu trình lạnh một cấp dựa trên phần mềm Matlab/Simulink với các môi chất R22/R410A/R32, ở cùng điều kiện nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$ và năng suất lạnh $Q_0 = 9000 \text{ BTU/h}$ (2,638 kW) thể tích hút của máy nén giảm 31% (R410A/R22), giảm 37% (R32/R22) và giảm 10% (R32/R410A); nhiệt độ cuối tầm nén giảm 4% (R410A/R22), tăng 11% (R32/R22) và tăng 15% (R32/R410A) và áp suất ngưng tụ và bay hơi tăng 60% (R410A/R22), tăng 62% (R32/R22) và giảm 2% (R32/R410A). Do đó các hệ thống lạnh sử dụng môi chất R410A và R32 có nhiệt độ cuối tầm nén và áp suất hoạt động cao hơn so với hệ thống lạnh sử dụng môi chất R22.

Khi thay thế môi chất R410A/R32 vào một hệ thống lạnh sử dụng môi chất R22, không thay đổi các thiết bị trong hệ thống (thay đổi dầu bôi trơn phù hợp với môi chất) và ở cùng điều kiện nhiệt độ ngưng tụ $t_k = 40^\circ\text{C}$, nhiệt độ bay hơi $t_0 = 5^\circ\text{C}$ và thể tích hút của máy nén $V_{tt} = 2,438 \text{ m}^3/\text{h}$. Kết quả mô phỏng cho thấy thể tích hút của máy nén đạt được 69%, 63% so với sử dụng môi chất R410A/R32 tính toán trên chu trình, công suất của máy nén đạt 69%, 63% so với tính toán sử dụng môi chất R410A/R32 tính toán trên chu trình và 64%, 61% so với tính toán sử dụng môi chất R22 và năng suất lạnh, năng suất giải nhiệt đạt được 69% và 63% so với tính toán sử dụng môi chất R410A/R32 trên chu trình và tính toán sử dụng môi chất R22. Vì vậy, khi thay thế môi chất R410A/R32 cho môi chất R22 phải điều chỉnh giảm thể tích hút của máy nén tương ứng là 31% (R410A) và 37% (R32) kết quả đạt được năng suất lạnh, năng suất giải nhiệt, công suất của máy nén và COP là tương đương với nhau.

Đánh giá hiệu quả năng lượng của hệ thống lạnh sử dụng môi chất R32 được vận hành ở giá trị non tải thích hợp kết quả đạt được $\text{IPLV}_1 = 5,396$ (thay đổi tốc độ vòng quay) và $\text{IPLV}_2 = 3,130$ (không thay đổi tốc độ vòng quay). Do đó khi điều chỉnh tốc độ vòng quay của máy nén theo sự thay đổi % phụ tải sẽ giữ được COP không đổi tại mọi thời điểm vận hành.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả cảm ơn trường Đại học Công nghiệp Tp.HCM đã hỗ trợ tài chính để thực hiện nghiên cứu này theo hợp đồng đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ số 181.NL01 “Nghiên cứu xây dựng phần mềm mô phỏng hệ thống lạnh và kiểm chứng bằng thực nghiệm”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. G. Devecioğlu and V. Oruç, “Characteristics of Some New Generation Refrigerants with Low GWP,” *Energy Procedia*, vol. 75, pp. 1452–1457, 2015.
- [2] ASHRAE Fundamentals, *ASHRAE Handbook 2017 Fundamentals SI*. 2017.
- [3] Nguyễn Đức Lợi, “Các thế hệ môi chất lạnh và cuộc chiến bảo vệ môi trường sống,” *Hội khoa học kỹ thuật lạnh và điều hòa không khí Việt Nam*, 2015.
- [4] N. Abas, A. R. Kalair, N. Khan, A. Haider, Z. Saleem, and M. S. Saleem, “Natural and synthetic refrigerants, global warming: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 90, no. August 2016, pp. 557–569, 2018.
- [5] L. Jia, W. Jin, and Y. Zhang, “Analysis of Indoor Environment Safety with R32 Leaking from a Running Air Conditioner,” *Procedia Eng.*, vol. 121, pp. 1605–1612, 2015.
- [6] M. J. Moran and H. N. Shapiro, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics, 5th Edition*, vol. 181, no. 4615. 2006.
- [7] Air Conditioning Heating and Refrigeration Institute, “AHRI 550/590 Standard,” vol. 590, 2015.
- [8] Nguyễn Thế Bảo, Đào Huy Tuấn, Nguyễn Duy Tuệ, “Nghiên cứu thực nghiệm việc thay thế môi chất lạnh R22 và R12 bằng môi chất lạnh R404A, R290, R600A thân thiện với môi trường,” vol. 16, no. 4, pp. 60–67, 2013.
- [9] J. L. C. Fannou, C. Rousseau, L. Lamarche, and S. Kajl, “A comparative performance study of a direct expansion geothermal evaporator using R410A and R407C as refrigerant alternatives to R22,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 82, pp. 306–317, 2015.
- [10] A. López-Belchí and F. Illán-Gómez, “Evaluation of a condenser based on mini-channels technology working with R410A and R32. Experimental data and performance estimate,” *Appl. Energy*, vol. 202, pp. 112–124, 2017.

Ngày nhận bài: 30/09/2019

Ngày chấp nhận đăng: 17/01/2020