

# Ứng dụng biến tần trong điều khiển bơm để tăng hiệu suất hệ thống Chiller: Nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm và triển khai thực tế tại Việt Nam

Nguyễn Thế Bảo<sup>1,2,\*</sup>, Lê Tấn Phát<sup>1,2</sup>

## TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả của việc sử dụng biến tần cho bơm nước lạnh nhằm cải thiện hiệu suất của hệ thống Chiller. Thông qua các thí nghiệm thực hiện trên hệ thống Chiller tại Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh, kết quả cho thấy khi giảm tần số nguồn điện cấp cho bơm, hệ số hiệu quả (COP) của hệ thống Chiller tăng lên đáng kể, từ COP = 1,987 ở tần số 50Hz lên COP = 2,451 ở tần số 30Hz, tương ứng với mức tăng 23.4%. Các tính toán lý thuyết cũng khẳng định xu hướng này với COP lý thuyết tại tần số 30Hz đạt 6,421, trong khi hệ số này ở tần số 50 Hz là COP = 4,977, tức tăng khoảng 29% khi thay đổi tần số từ 50 Hz xuống 30 Hz. Bên cạnh đó, kết quả thực nghiệm áp dụng biến tần vào hệ thống bơm nước lạnh và bơm giải nhiệt của Chiller thực tế tại khách sạn Palace TP. Hồ Chí Minh cho thấy tiêu thụ điện năng trung bình giảm từ 3,586 kWh/phòng/ngày xuống còn 3,074 kWh/phòng/ngày, tương ứng với mức tiết kiệm 15.37%. Kết quả cho thấy tiêu thụ điện năng trung bình giảm không chỉ giúp tiết kiệm chi phí vận hành mà còn giảm lượng khí CO<sub>2</sub> thải ra môi trường, phù hợp với xu hướng phát triển bền vững. Nghiên cứu này cho thấy một tiềm năng rất lớn trong việc áp dụng công nghệ biến tần vào các hệ thống Chiller cũ không sử dụng biến tần nhằm tiết kiệm năng lượng mà không cần phải đầu tư mua toàn bộ hệ thống Chiller mới.

**Từ khóa:** Biến tần, Hệ thống Chiller, Bơm nước lạnh, Hiệu suất năng lượng (COP), Tiết kiệm năng lượng

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>2</sup>Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

## Liên hệ

**Nguyễn Thế Bảo**, Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: thebao@hcmut.edu.vn

## Lịch sử

- Ngày nhận: 16-7-2024
- Ngày sửa đổi: 27-10-2024
- Ngày chấp nhận: 18-11-2024
- Ngày đăng: 31-12-2024

## DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjet.v7i4.1411>



## Bản quyền

© ĐHQG TP.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



## GIỚI THIỆU

Khi đời sống của con người ngày càng được nâng cao, chất lượng và tiện nghi của các nhu cầu hàng ngày cũng được cải thiện, trong đó bao gồm nhu cầu điều hòa không khí tại nơi làm việc và sinh hoạt. Tuy nhiên, hệ thống điều hòa không khí hiện nay chủ yếu sử dụng loại có máy nén hơi, tiêu thụ một lượng điện năng lớn trong tổng lượng tiêu thụ của các tòa nhà và hộ gia đình, đặc biệt tại Việt Nam và các khu vực có khí hậu nóng ẩm. Theo Chương trình Quốc gia về Sử dụng Năng lượng Tiết kiệm và Hiệu quả (VNEEP), hệ thống điều hòa không khí tại các tòa nhà cao tầng ở Việt Nam tiêu thụ từ 50% đến 75% tổng lượng điện năng của các công trình này. Việc tăng cường sử dụng điều hòa không khí dẫn đến gánh nặng cho lưới điện quốc gia và ảnh hưởng đến mục tiêu giảm phát thải carbon của Chính phủ Việt Nam vào năm 2050<sup>1</sup>. Nhiều nghiên cứu trên thế giới và tại Việt Nam đã xem xét ảnh hưởng của nhiệt độ nước lạnh ở bình bay hơi đến hiệu suất của hệ thống Chiller. Deng và cộng sự<sup>2</sup> đã nghiên cứu tác động của việc điều chỉnh nhiệt độ nước lạnh dựa trên nhiệt độ không khí ngoài trời nhằm tối ưu hóa hiệu suất năng lượng làm mát

trong một tòa nhà văn phòng. Le và cộng sự<sup>3</sup> đã khảo sát cách nhiệt độ nước lạnh thay đổi ảnh hưởng đến hiệu suất của hệ thống làm lạnh bằng không khí trong các thí nghiệm. Kyere và cộng sự<sup>4</sup> đã phân tích thực nghiệm ảnh hưởng của các điểm đặt nhiệt độ nước lạnh đến điều kiện thoải mái nhiệt và tiêu thụ năng lượng của một tòa nhà văn phòng. Tại Việt Nam, Hương và cộng sự<sup>5</sup> đã nghiên cứu thực nghiệm tác động của việc tăng nhiệt độ nước lạnh đến hệ số hiệu quả (COP) của hệ thống Chiller. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào về ảnh hưởng của việc sử dụng biến tần cho bơm nước lạnh nhằm thay đổi nhiệt độ nước lạnh để tăng hiệu suất của hệ thống Chiller, và đặc biệt là việc áp dụng biến tần vào điều khiển bơm nước lạnh bình bay hơi và bơm nước giải nhiệt bình ngưng cho một hệ thống Chiller đang vận hành. Vì vậy, bài báo này sẽ tập trung vào nghiên cứu các vấn đề này.

## PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

**Trích dẫn bài báo này:** Bảo N T, Phát L T. Ứng dụng biến tần trong điều khiển bơm để tăng hiệu suất hệ thống Chiller: Nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm và triển khai thực tế tại Việt Nam. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.* 2024; 7(4):2421-2435.

### Thực nghiệm ảnh hưởng của tần số bơm nước lạnh đến hiệu suất của hệ thống Chiller

Thí nghiệm được thực hiện trên Chiller X của hãng Trace từ 11 giờ trưa đến 3 giờ chiều ngày 11 tháng 4. Hình 1 thể hiện hệ thống Chiller dùng trong thí nghiệm này, được lắp tại Bộ môn Công nghệ Nhiệt lạnh, khoa Cơ Khí, Trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh và Hình 2 trình bày sơ đồ nguyên lý của hệ thống này. Hệ thống Chiller bao gồm một Chiller giải nhiệt bằng không khí, một bơm có gắn biến tần, và một AHU.

Chiller hãng TRACE model CGAT085D00C0DA

Công suất lạnh: 25,29 kW

Môi chất lạnh: R407C

Công Suất máy nén: 3,375 kW

Hệ thống này đáp ứng yêu cầu thực nghiệm. Nhiệt độ ngoài trời có ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm do hệ thống sử dụng không khí ngoài trời để làm mát Chiller.

Các bước thực nghiệm bao gồm:

- Sau khi vận hành hệ thống, chờ hệ thống đạt trạng thái ổn định và ghi nhận các giá trị trên bảng điều khiển.
- Giảm tần số của bơm tuần tự mỗi lần 5Hz, chờ hệ thống ổn định và ghi nhận lại các giá trị trên bảng điều khiển, từ 50Hz xuống 30Hz.

Hình 3 trình bày Tủ điều khiển với Màn hình thể hiện các thông số dùng để điều chỉnh các thông số trong quá trình vận hành hệ thống Chiller.

Chúng ta làm việc với các thông số:

- Lưu lượng thể tích nước lạnh l/phút
- Nhiệt độ nước đi vào bình bay hơi
- Nhiệt độ nước đi ra bình bay hơi

### Kết quả thực nghiệm

Từ đồ thị tổng quát của bơm nước lạnh trong Catalogue, như thể hiện trên Hình 4, các thông số theo tần số của bơm được xác định. COP lý thuyết được tính bằng cách chia công suất lạnh lý thuyết (Q) cho công suất điện lý thuyết (P). Dùng số liệu từ Catalogue:

$$COP = \frac{Q}{P} = \frac{25,29}{9,55 + 0,847} = 2,43$$

COP thực nghiệm được tính với bơm sử dụng biến tần để thay đổi nhiệt độ nước vào và ra của hệ thống Chiller. Do nước qua Chiller không có quá trình biến đổi pha, công suất lạnh được tính bằng công thức:

$$Q = m.Cp.\Delta t$$

Trong đó:

- m là lưu lượng khối lượng nước, kg/s



**Hình 3:** Tủ điều khiển hệ thống Chiller với màn hình giao diện cảm ứng

- $C_p$  là nhiệt dung riêng của chất cần làm lạnh, đơn vị kJ/kg/K
- $\Delta t$  là hiệu số của nhiệt độ ban đầu và nhiệt độ sau khi làm lạnh

Tra bảng thông số vật lý của nước, ta có:

- Khối lượng riêng của nước tại 10°C: 999,7 kg/m<sup>3</sup>,
- Nhiệt dung riêng đẳng áp  $C_p$  của nước tại 10°C: 4,191 kJ/kg.°C.

Từ đó, tính lưu lượng khối lượng:

$$G = \frac{v \times \rho}{60 \times 1000} = \frac{100,2 \times 999,7}{60 \times 1000} = 20,493 \text{ (kg/s)}$$

- v là vận tốc nước lạnh (l/phút)
- $\rho$  là khối lượng riêng của nước (kg/m<sup>3</sup>)

Ghép vào công thức (1), ta có:

$$Q = G.C_p.\Delta t = 1,669 \times 4,191 \times (13 - 10,5) = 17,492$$

Từ đây, tính được COP:

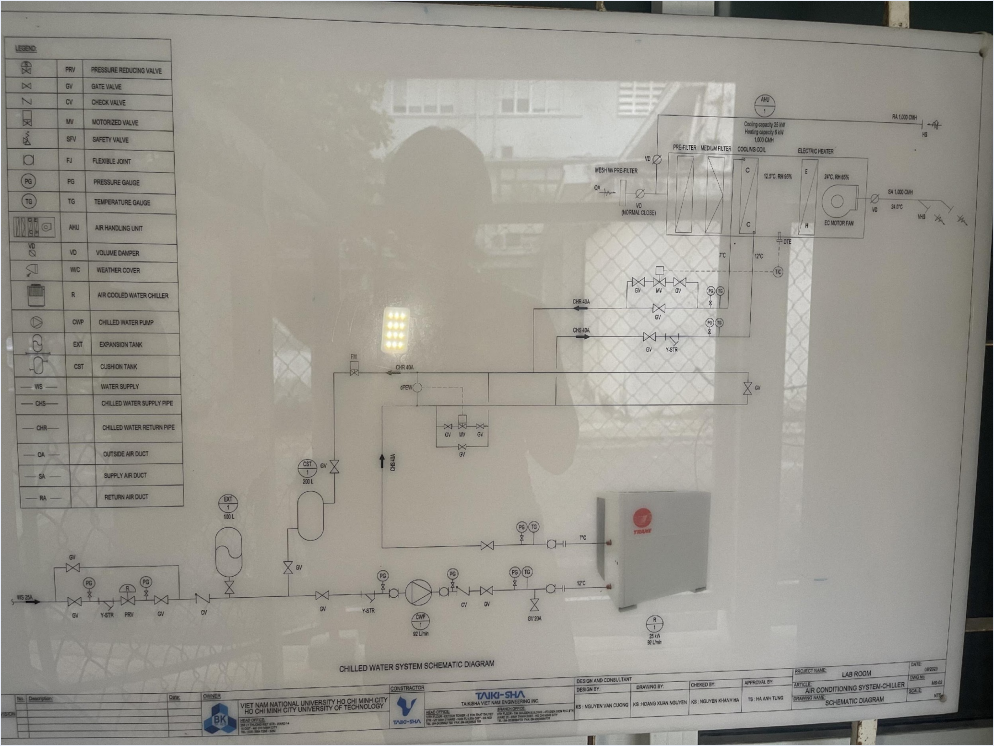
$$COP = \frac{Q}{P} = \frac{17,492}{10,312} = 1,696$$

Tương tự với các tần số 45Hz, 40Hz, 35Hz, và 30Hz, ta có Bảng 1.

Kết quả cho thấy, khi giảm tần số của bơm nước lạnh, COP của hệ thống Chiller tăng lên. Ở tần số 35 Hz, sự gia tăng COP không tuyến tính theo quy luật có thể do lúc đó nhiệt độ ngoài trời tăng cao hay có người ra vào làm thay đổi tải lạnh hệ thống.



Hình 1: Tổng quan hệ thống Chiller dùng làm thí nghiệm



Hình 2: Sơ đồ nguyên lý của hệ thống

Performance Curve

Pump Name

CDX 90/10

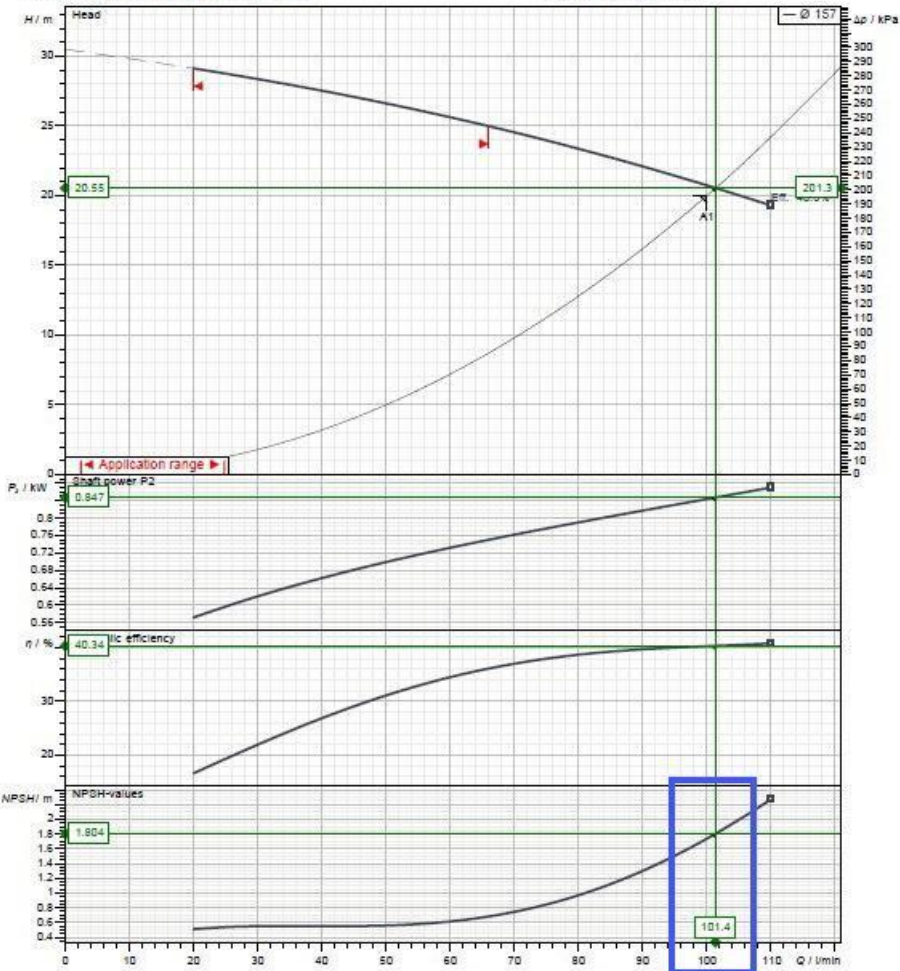
|          |            |            |           |
|----------|------------|------------|-----------|
| Customer | Date       | 2024-05-27 | Company   |
| Contact  | Item no.   |            | Issued by |
| Phone    | Project    |            | Phone     |
| E-mail   | Project ID |            | E-mail    |

Requested data

|   |               |       |     |                            |       |      |                 |     |      |
|---|---------------|-------|-----|----------------------------|-------|------|-----------------|-----|------|
| 1 | Flow          | l/min | 100 | Operating flow             | l/min | 101  | Frequency       | Hz  | 50   |
| 2 | Head          | m     | 20  | Operating head             | m     | 20.5 | Number of poles | 2   |      |
| 3 | Geodetic head | m     | 0   | Impeller diameter designed | mm    | 157  | Speed           | rpm | 2800 |

Test standard: ISO 9906:2012 - Grade3B

Water, 20°C, 998.3kg/m³, 1mm/s



Hình 4: Đồ thị tổng quát của bơm trong catalogue

**Bảng 1: Kết quả thực nghiệm ảnh hưởng của tần số của bơm nước lạnh đến COP của Chiller**

| Tần số bơm (Hz) | Nhiệt độ nước vào (°C) | Nhiệt độ nước ra (°C) | Δt (°C) | Lưu lượng (l/phút) | Công suất (kW) | Tải lạnh (kW) | COP   | % COP thay đổi |
|-----------------|------------------------|-----------------------|---------|--------------------|----------------|---------------|-------|----------------|
| 50              | 13                     | 10.5                  | 2.5     | 100.2              | 10.312         | 17,492        | 1.696 | 0%             |
| 45              | 13.2                   | 10.3                  | 2.9     | 89.5               | 10.165         | 18,124        | 1.782 | +5.1%          |
| 40              | 13.5                   | 10.1                  | 3.4     | 79.6               | 9.891          | 18,899        | 1.911 | +12.5%         |
| 35              | 13.8                   | 10.0                  | 3.8     | 69.9               | 9.738          | 18,548        | 1.902 | +12.2%         |
| 30              | 13.5                   | 8.8                   | 4.7     | 59.2               | 9.288          | 19,429        | 2.092 | +23.4%         |

TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT ẢNH HƯỞNG CỦA TẦN SỐ BƠM NƯỚC LẠNH ĐẾN COP CỦA CHILLER

Tính toán chu trình lạnh

Đầu tiên, tính toán tại tần số bơm nước lạnh là 50Hz, bơm chạy theo thiết kế ở chế độ đầy tải. Chọn Chiller từ Catalogue của Daikin với các đặc tính kỹ thuật sau:

- Tên dòng sản phẩm: CUWD – C (Water chiller với máy nén trực vít),
- Model: CUWD400CT5Y,
- Công suất lạnh: 1320 kW = 375.4 RT,
- Môi chất lạnh: R134a,
- Công suất điện: 2486 kW.

Thông số trạng thái của R134a ở từng trạng thái trong chu trình lạnh:

Sử dụng phần mềm EES để tra thông số trạng thái của R134a ở từng trạng thái trong chu trình lạnh. Kết quả tính toán được lập thành Bảng 2.

Từ thông số trên, tính toán thông số nhiệt vật lý của R134a tại 2 điểm trạng thái 1 và 4 bằng EES, ta có Bảng 3 với các thông số sau:

Công nén đơn vị:  $w = i_2 - i_1 = 275.7 - 253.1 = 22.6$  (kJ/kg)

Năng suất lạnh đơn vị:  $q_0 = i_1 - i_4 = 253.1 - 108.7 = 144.4$  (kJ/kg)

Hệ số COP (Giả sử hiệu suất của máy nén  $\eta = 0.7$ ):

(Máy nén có hiệu suất tốt trên thị trường có hiệu suất  $\eta = 0.7$ )

$$COP = \frac{q_0}{w} = \frac{144.4 \times 0.7}{22.6} = 4.47$$

Về phía nước làm lạnh, từ kết quả phần mềm EES, ta có Bảng 4.

Lưu lượng và vận tốc chất tuần hoàn

Về phía tác nhân lạnh

Lưu lượng khối lượng tác nhân lạnh:  $G_f = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{1320}{144.4} = 9.1413$  (kg/s)

Vận tốc chuyển động của môi chất lạnh ở cửa vào bình bay hơi:  $\omega_1 = 10$  m/s

Vận tốc chuyển động của môi chất lạnh ở cửa ra bình bay hơi:  $\omega_2 = 15$  m/s

Về phía nước

Lưu lượng khối lượng nước làm lạnh đi qua bình bay hơi:

$$G_n = \frac{Q_0}{C_{p,n} \cdot t_n} = \frac{1320}{4.189 \times 5} = 63.0222$$
 (kg/s)

Tốc độ nước đi trong chùm ống là từ 1.8 – 2.4 m/s => Ta chọn  $\omega_n = 2$  (m/s)

Theo bảng 15.1 tr.425 tài liệu<sup>6</sup>

Hệ số tỏa nhiệt đối lưu và mật độ dòng nhiệt

Về phía chất tải lạnh

Số ống trong 1 pass nước:

$$n_1 = \frac{4 G_n}{\pi d_{in}^2 \rho_n \cdot n} = \frac{4 \times 63.0222}{\pi \times 0.012^2 \times 1000 \times 2} = 278,7$$

$n$  là số ống nước

Chọn lại số ống trong 1 pass nước là  $n_1 = 278$  ống

Tính lại vận tốc nước làm lạnh:

$$\omega_n = \frac{4 G_n}{d_{in}^2 \rho_n \cdot n_1} = \frac{4 \times 63.0222}{\pi \times 0.012^2 \times 1000 \times 278} \approx 2$$
 m/s

Hệ số Re:

$$Re_n = \frac{n \cdot d_{in}}{v_n} = \frac{2 \times 0.012}{1.326 \times 10^{-6}} = 1.8099 \times 10^4 > 10^4 \Rightarrow$$
 Chảy rối

Theo tài liệu<sup>6</sup> tr.486, vì khối là chất khí nên trị số Pr ít thay đổi theo nhiệt

Ta chọn:  $(\frac{Pr_f}{Pr_w})^{0.25} = 1$

Hệ số Nu được tính theo công thức 4.5 tài liệu<sup>7</sup> tr.185 dưới đây ứng với trường hợp chảy rối

$$Nu_n = 0.021 (Re_n)^{0.8} (Pr_n)^{0.43} \cdot (\frac{Pr_f}{Pr_w})^{0.25} = 0.021 \times (1.8099 \times 10^4) \times 9.801^{0.43} = 142.7543$$

Hệ số tỏa nhiệt đối lưu của nước

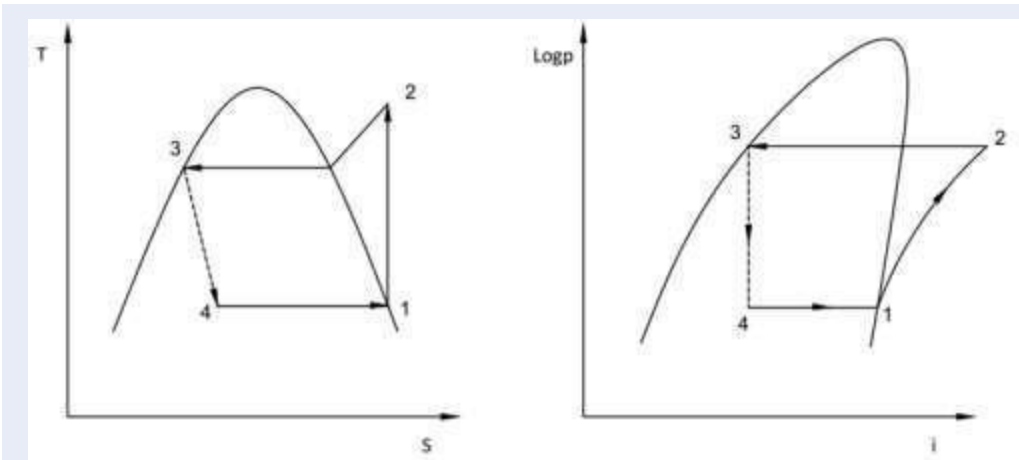
$$\alpha_n = Nu_n \frac{\lambda_n}{d_{in}} = 142.7543 \times \frac{56.65 \times 10^{-2}}{12 \times 10^{-3}} = 6739.2$$
 (W/m<sup>2</sup>K)

Mật độ dòng nhiệt

Độ chênh lệch trung bình logarit được thể hiện trên Hình 6:

$$\theta_m = \frac{t_{A2} - t_{A1}}{\ln(\frac{t_{A2} - t_0}{t_{A1} - t_0})} = \frac{12 - 7}{\ln(\frac{12 - 4.5}{7 - 4.5})} = 4.5512^{0C}$$

Với nhiệt độ của bề mặt truyền nhiệt  $t_v$ . Độ chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ trung bình của nước và nhiệt độ bề mặt truyền nhiệt:  $\theta_n = t_{A tb} - t_v$



Hình 5: Đồ thị T-S và logp-i của chu trình nhiệt cơ bản

Bảng 2: Thông số từng trạng thái của môi chất lạnh trong chu trình lạnh

| Điểm trạng thái | Enthalpy (kJ/kg) | Áp suất (bar) | Entropy (kJ/kgK) | Nhiệt độ (°C) |
|-----------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| 1               | 253.1            | 3.439         | 0.929            | 4.5           |
| 2               | 275.7            | 10.25         | 0.929            | 44.1          |
| 3               | 108.7            | 10.25         | 0.3961           | 40.27         |
| 4               | 108.7            | 3.439         | 0.409            | 4.5           |

Bảng 3: Tính toán thông số nhiệt vật lý R134a bằng EES và kết quả

| Thông số                   | Giá trị                                    |
|----------------------------|--------------------------------------------|
| Áp suất tại trạng thái 4   | 3.439 bar                                  |
| Enthalpy tại trạng thái 4  | 108.7 kJ/kg                                |
| Khối lượng riêng tại 4     | 62.46 kg/m <sup>3</sup>                    |
| Áp suất tại trạng thái 1   | 3.439 bar                                  |
| Hệ số dẫn nhiệt tại 1      | 0.01254 W/mK                               |
| Khối lượng riêng tại 1     | 16.86 kg/m <sup>3</sup>                    |
| Tiêu chuẩn Prandtl tại 1   | 0.8128                                     |
| Độ nhớt động lực học tại 1 | 1.11 x 10 <sup>-5</sup> Ns/m <sup>2</sup>  |
| Độ nhớt động học tại 1     | 6.583 x 10 <sup>-7</sup> m <sup>2</sup> /s |

Độ chênh lệch giữa nhiệt độ bề mặt truyền nhiệt và nhiệt độ sôi của tác nhân lạnh:

$$\theta_a = t_v - t_0$$

Tổng nhiệt trở dẫn nhiệt (gồm nhiệt trở của vách ống và lớp cấu nước vì ở đây ống đồng mỏng nên nhiệt trở của vách có thể bỏ qua và chỉ còn nhiệt trở lớp cấu nước) theo tài liệu<sup>8</sup> tr.263, đối với chất tải lạnh là nước chảy trong ống đồng có thể chọn khoảng  $(0.12 \div 0.15) \times 10^{-3} \text{ m}^2\text{K/W}$ , nên ở đây ta chọn:

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0.00015 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Mật độ dòng nhiệt về phía nước

$$q_n = \frac{t_n}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{\theta_m - \theta_a}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{4.5512 - \theta_a}{\frac{1}{6739.2} + 0.00015} = 3351.37 (4.5512 - \theta_a) \text{ W/m}^2$$

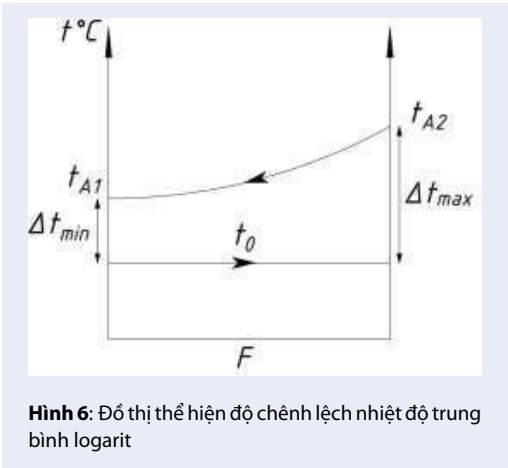
### Về phía tác nhân lạnh

Hệ số kể đến ảnh hưởng chùm ống có cánh, các bình bốc hơi làm lạnh nước thường  $q_{ng} > 2\text{kW}$  do đó  $\varepsilon_n =$

1

Bảng 4: Thông số nhiệt vật lý của nước

| Thông số                 | Giá trị                                    |
|--------------------------|--------------------------------------------|
| Nhiệt độ trung bình      | 9.5°C                                      |
| Áp suất nước làm lạnh    | 1.01325 bar                                |
| Khối lượng riêng         | 1000 kg/m <sup>3</sup>                     |
| Hệ số dẫn nhiệt          | 56.65 x 10 <sup>-2</sup> W/mK              |
| Độ nhớt động lực học     | 1.326 x 10 <sup>-5</sup> Ns/m <sup>2</sup> |
| Độ nhớt động học         | 1.326 x 10 <sup>-7</sup> m <sup>2</sup> /s |
| Tiêu chuẩn Prandtl       | 9.801                                      |
| Nhiệt dung riêng đẳng áp | 4.189 kJ/kgK                               |



Hình 6: Đồ thị thể hiện độ chênh lệch nhiệt độ trung bình logarit

Hệ số kể đến ảnh hưởng từ dầu bôi trơn theo tài liệu<sup>6</sup> tr.485:  $\epsilon_d = 0.82$   
Mật độ dòng nhiệt quy về bề mặt trong của phía R134a, ta tạm thời sử dụng công thức tính cho môi chất lạnh R22 để tính cho môi chất lạnh R134a, vì chưa tìm được công thức phù hợp để thay thế:  
 $q_{mr} = 335 p_0^{0.5} \theta_a^2 \epsilon_n \epsilon_d \beta$   
 $= 335 \times 3.439^{0.5} \theta_a^2 \times 1 \times 0.82 \times 3.2147$   
 $= 1637.63 \theta_a^2 \text{ (W/m}^2\text{)}$

Các thông số của bơm:

- Lưu lượng 189 m<sup>3</sup>/h
  - Cột áp 26,7 m
  - Hiệu suất bơm 82,7%
  - Công suất động cơ 16,62 kW
  - NPSH (biên độ đầu hút thuần dương) : 3,11 m
- Từ đó ta tính được COP lý thuyết của hệ thống ở tần số của bơm là 50 Hz

$$COP = \frac{Q_0}{W} = \frac{1320}{248,6 + 16,62} = 4,977$$

Tính toán cho tần số 40Hz:

$G_{n45} = (1 - \frac{45}{50})G_n = 56,7199 \text{ kg/s}$   
 $Q_{b45} = (1 - \frac{45}{50})Q_b = 12,1159 \text{ kW}$   
Giả sử Q\_0 không đổi Q\_0=1320 kWL và nhiệt độ đầu ra là 7°C  
Từ đó ta có  $\Delta t = 5,56^\circ\text{C}$   
Độ chênh lệch trung bình logarit  
 $\theta_m = \frac{t_{A2} - t_{A1}}{\ln(\frac{t_{A2} - t_0}{t_{A1} - t_0})} = \frac{12,55556 - 7}{\ln(\frac{12,55556 - 4,5}{7 - 4,5})} = 4.7480^\circ\text{C}$   
Mật độ dòng nhiệt về phía nước  
 $q_n = \frac{t_n}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{\theta_m - \theta_a}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}} = \frac{4,748 - \theta_a}{\frac{1}{6739,2} + 0.00015} = 3351.37 (4,748 - \theta_a) \text{ W/m}^2$

Hệ số kể đến ảnh hưởng chum ống có cánh, theo tài liệu<sup>6</sup> tr.485,  
Các bình bay hơi làm lạnh nước thường  $q_{ng} > 2\text{kW}$  do đó  $\epsilon_n = 1$   
Hệ số kể đến ảnh hưởng từ dầu bôi trơn, theo tài liệu<sup>6</sup> tr.485:  
 $\epsilon_d = 0.82$   
Diện tích phần đứng của bề mặt cánh ứng với 1m chiều dài ống có cánh, ta tính theo công thức gần đúng vì đầu cánh rất nhỏ:  
 $F_d = \frac{(D_c^2 - d_o^2)}{2S_c} = \frac{(0.016^2 - 0.014^2)}{2 \times 0.00118} = 0.0799 \text{ (m}^2\text{)}$   
Diện tích bề mặt nằm ngang ứng với 1m chiều dài ống:  
 $F_n = d_0(1 - \frac{\delta_o}{S_c}) + \frac{D_c \delta_d}{S_c} = \pi \times 0.014 \times (1 - \frac{0.0003}{0.00118}) + \frac{\pi \times 0.016 \times 0.0002}{0.00118} = 0.0413 \text{ (m}^2\text{)}$   
Tổng diện tích bề mặt bên ngoài ứng với 1m ống có cánh:  
 $F = F_d + F_n = 0.0799 + 0.0413 = 0.1212 \text{ (m}^2\text{)}$   
Diện tích bề mặt trong ứng với 1m ống có cánh:  
 $F_i = d_i L = \pi \times 0.012 \times 1 = 0.0377 \text{ (m}^2\text{)}$   
Hệ số làm cánh :  
 $\beta = \frac{F}{F_i} = \frac{0.1212}{0.0377} = 3.2147$   
Mật độ dòng nhiệt quy về bề mặt trong của phía R134a, ta tạm thời sử dụng công thức 6.107 tính cho môi chất lạnh R22 tài liệu<sup>8</sup> tr.256 để tính cho môi chất lạnh R134a, vì chưa tìm được công thức phù hợp để thay thế:

$$\begin{aligned} q_{ntr} &= 335 p_0^{0.5} \theta_a^2 \varepsilon_n \varepsilon_d \beta \\ &= 335 \times 3.439^{0.5} \theta_a^2 \times 1 \times 0.82 \times 3.2147 \\ &= 1637.63 \theta_a^2 \text{ (W/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

Phương trình cân bằng giữa mật độ dòng nhiệt quy về mặt trong của cả hai phía:  $p_n = p_{ntr} \approx 3351.37 \text{ (4.748-} \theta_a) = 1637.63 \theta_a^{1.82}$

$$\theta_a = 2.2576^{0C}$$

Mật độ dòng nhiệt quy về bề mặt trong của ống cánh:  $q_{ntr} = 1637.63 \theta_a^2 = 8346,603 \text{ (W/m}^2\text{)} > 2000 \text{ W/m}^2$

Do đó các giá trị đã tính toán ở trên hoàn toàn hợp lý. Từ số liệu đã tính toán ở trên ta sẽ tính được tổng diện tích truyền nhiệt ở bề mặt trong của chùm ống cánh:

$$F_{\Sigma tr} = \frac{Q_0}{q_{ntr}} = \frac{1320 \times 10^3}{7894.447} = 167.206 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} Q_{02} &= q_{ntr} \times F_{\Sigma tr} = 8346,603 \times 167,206 = 1395602 \\ W &= 1395,603 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$COP_2 = \frac{Q_{02}}{W} = \frac{1395,603}{248,6 + 12,1159} = 5,3506$$

Vậy COP tăng 7,476%

Áp dụng các bước tính toán trên ở các tần số của bơm nước lạnh lần lượt là 40 Hz, 35 Hz và 30 Hz. Ta có Bảng 5 trình bày kết quả.

Các kết quả cho thấy, giảm tần số bơm nước lạnh làm tăng COP của hệ thống Chiller.

Hình 7 trình bày của Hệ số làm việc COP của hệ thống Chiller phụ thuộc vào tần số của bơm. Đường gạch liền là đường COP lý thuyết, đường chấm chấm là đường toán học thể hiện xu hướng biến thiên của đường COP lý thuyết, và các giá trị chấm tròn là COP xác định từ thực nghiệm.

Đồ thị này cho thấy đường cong COP lý thuyết biến thiên theo tần số dòng điện của bơm theo một quy luật đường thẳng rất rõ ràng. Đường toán học thể hiện xu hướng biến thiên của COP là hàm tuyến tính  $y = -0,0728x + 8,6428$  với hệ số  $R^2 = 0,9954$  thể hiện quy luật biến thiên giữa Hệ số COP và tần số bơm rất rõ ràng. Các giá trị COP thực nghiệm nhỏ hơn COP lý thuyết khá nhiều do trong quá trình tính toán lý thuyết, các điều kiện và thông số tính toán đều được giả định ở điều kiện lý tưởng. Tuy nhiên sự biến thiên của COP thực nghiệm theo tần số bơm cũng thể hiện rõ ràng theo quy luật của đường COP lý thuyết được phân tích ở trên. Từ đó có thể khẳng định độ chính xác của nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm sự thay đổi COP theo tần số của bơm nước lạnh trong hệ thống chiller, được trình bày trong bài báo này.

## THẢO LUẬN ỨNG DỤNG BIẾN TẦN VÀO MỘT HỆ THỐNG CHILLER THỰC TẾ NHẪM TIẾT KIỂM NĂNG LƯỢNG

### Hiện trạng của hệ thống Water Chiller tại khách sạn Palace, TP. Hồ Chí Minh

Để đánh giá kỹ hơn nữa hiệu quả của biến tần khi sử dụng cho bơm nước lạnh của bình bay hơi và bơm nước giải nhiệt của bình ngưng trong hệ thống chiller, biến tần đã được đưa vào ứng dụng cho hệ thống Chiller đang vận hành tại khách sạn Palace tại Thành phố Hồ Chí Minh. Hình 8 trình bày sơ đồ của hệ thống Chiller của khách sạn Palace. Hình 9 trình bày hình ảnh thật của hệ thống Chiller tại Khách sạn này. Hệ thống điều hòa không khí trung tâm Water Chiller của khách sạn Palace sử dụng các động cơ không đồng bộ 3 pha 380V; bao gồm các động cơ chính sau đây:

+ Động cơ máy nén trực vít, 2 cái, công suất định mức 60 HP/01 cái.

+ Động cơ bơm nước lạnh, 3 cái (trong đó có 1 cái dự phòng), công suất định mức 20 HP/01 cái.

+ Động cơ bơm nước giải nhiệt, 03 cái (trong đó có 1 cái dự phòng), công suất định mức 15 HP /01 cái.

+ Ngoài ra còn có 02 động cơ quạt tháp giải nhiệt, công suất 3 HP mỗi cái.

Khuyết điểm của hệ thống trước khi lắp biến tần là: các cụm máy nén, bơm nước lạnh, bơm nước giải nhiệt không được điều khiển tự động cũng như không được liên kết phối hợp hoạt động với nhau. Điều này gây ra 2 điểm bất lợi sau:

° Cần phải có công nhân chuyên trách việc vận hành hệ thống.

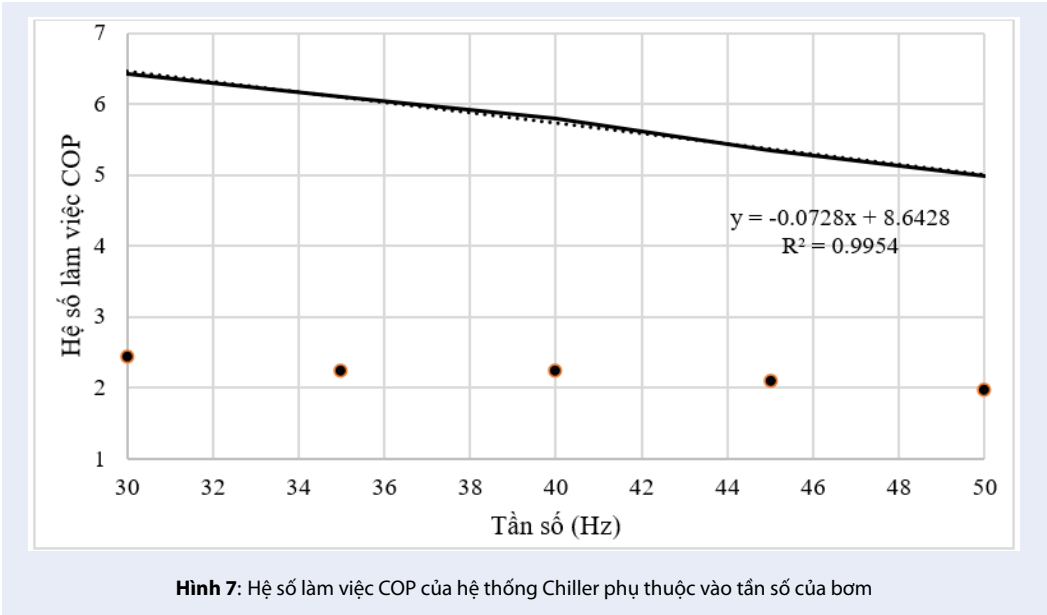
° Do hệ thống không được điều khiển tự động nên chế độ vận hành của hệ thống khó đạt được tối ưu ở mọi lúc. Điều này sẽ dẫn đến việc gia tăng điện năng tiêu thụ của hệ thống.

Như vậy hệ thống lạnh được tự động hóa ở mức độ thấp. Các cụm thiết bị chưa được liên kết phối hợp hoạt động một cách thống nhất. Hầu như mọi thiết bị đều được người vận hành bằng tay và theo kinh nghiệm, ví dụ: khi nhận thấy phụ tải lạnh tăng (vào thời điểm nhà hàng hoạt động hàng ngày, thời tiết nóng bức...) thì người vận hành có thể chạy tăng cường thêm 1 bơm nước lạnh, 1 bơm nước giải nhiệt và 1 quạt Colling Tower. Như vậy với cách vận hành hệ thống theo cảm tính như trên thì khó có thể đem lại một chế độ vận hành tối ưu cho hệ thống.

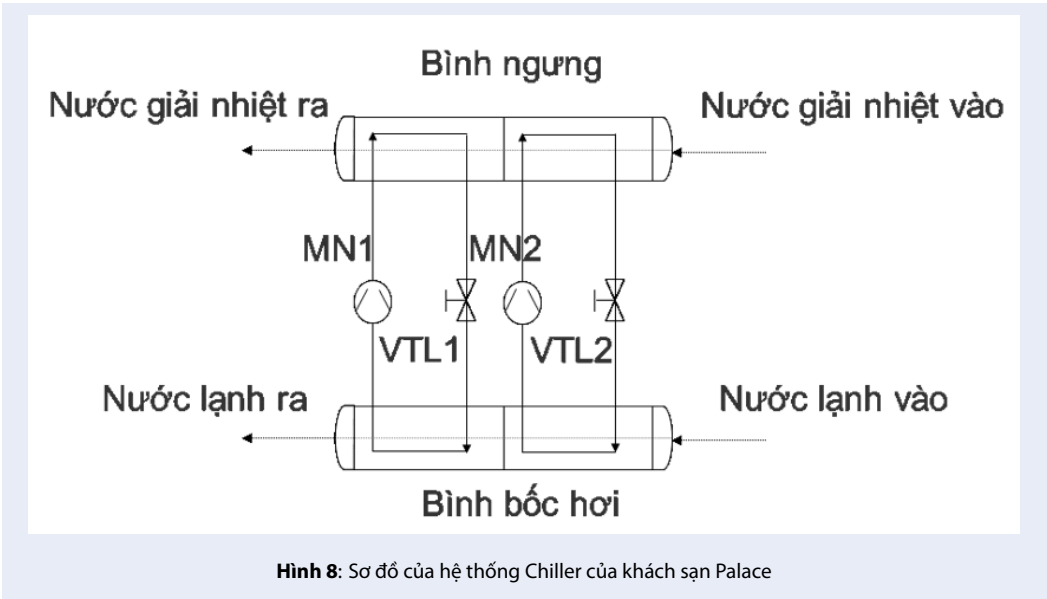
Như đã biết, phụ tải của các động cơ cao hay thấp tùy thuộc vào yếu tố chủ quan như nhu cầu làm lạnh (số không gian cần điều hòa, nhiệt độ cài đặt...) và các yếu tố khách quan như khí hậu môi trường (nhiệt độ, độ ẩm, mức độ bức xạ mặt trời...). Các yếu tố này luôn luôn thay đổi dẫn đến phụ tải của các động cơ cũng rất không ổn định. Điều này có thể khiến hiệu suất của các động cơ điện không cao. Đặc biệt là khi tần suất thay đổi tải lớn, giá trị tải nằm ngoài vùng hiệu suất cao của đồ thị đặc tính tải.

**Bảng 5:** Kết quả lý thuyết ảnh hưởng của tần số của bơm nước lạnh đến COP của Chiller

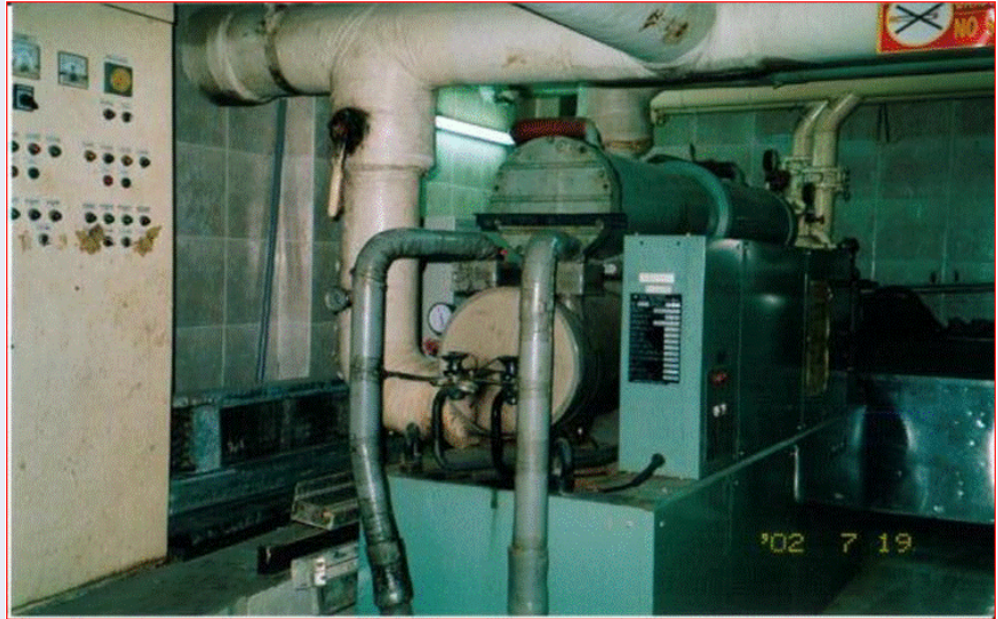
| Tần số bơm (Hz) | $\Delta t$ (°C) | $P_{maynen}$ (kW) | $P_{bom}$ (kW) | Q (kW) | COP   | % COP thay đổi |
|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|--------|-------|----------------|
| 50              | 5.00            | 248.6             | 16.62          | 1320   | 4.977 | 0%             |
| 45              | 5.50            | 248.6             | 12.11          | 1396   | 5.351 | +7.48%         |
| 40              | 6.25            | 248.6             | 8.50           | 1489   | 5.792 | +16.37%        |
| 35              | 6.70            | 248.6             | 7.10           | 1561   | 6.105 | +22.66%        |
| 30              | 7.14            | 248.6             | 5.70           | 1633   | 6.421 | +29.03%        |



**Hình 7:** Hệ số làm việc COP của hệ thống Chiller phụ thuộc vào tần số của bơm



**Hình 8:** Sơ đồ của hệ thống Chiller của khách sạn Palace



Hình 9: Hiện trạng lắp đặt hệ thống Chiller tại Khách sạn Palace

### Ứng dụng biến tần vào điều khiển bơm nước lạnh bình bay hơi và nước giải nhiệt bình ngưng

Sau những khảo sát và phân tích nêu trên, các biến tần (Inverter) đã được lắp đặt cho các động cơ bơm nước lạnh và các động cơ bơm nước giải nhiệt kết hợp với một bộ điều khiển tự động có lập trình PLC (Programmable Logic Controller). Cụ thể là:

- Lắp 4 bộ biến tần cho 2 bơm nước lạnh (mỗi bơm công suất 20 HP) và 2 bơm nước giải nhiệt (mỗi bơm công suất 15 HP) của hệ thống lạnh Water Chiller.
- Lắp hệ thống điều khiển tự động có lập trình (PLC) cho hệ thống lạnh Water Chiller.

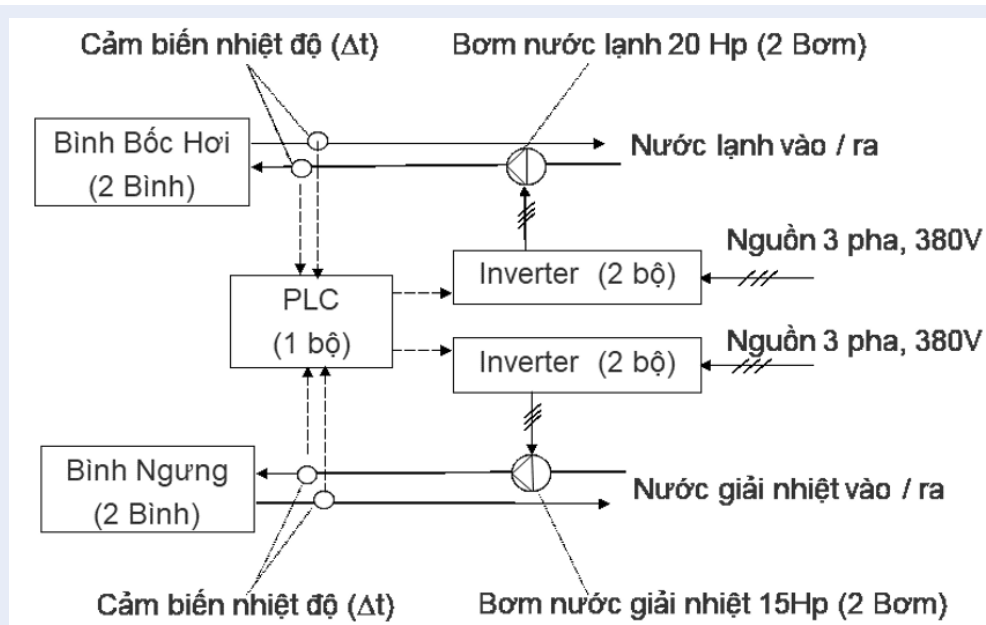
Hình 10 thể hiện sơ đồ hệ thống tự động hóa sử dụng biến tần cho hệ thống lạnh Water Chiller đã được lắp đặt tại khách sạn Palace. Đối với cả hai cụm bình bốc hơi và bình ngưng, tín hiệu nhiệt độ đầu vào và đầu ra của chất tải lạnh hoặc nước giải nhiệt ( $\Delta t$ ) được sử dụng để điều khiển vận tốc vòng của các bơm, từ đó điều khiển lưu lượng nước lạnh đi qua bình bốc hơi hoặc lưu lượng nước giải nhiệt đi qua bình ngưng. Như vậy vận tốc của các bơm sẽ được điều khiển sao cho luôn phù hợp với phụ tải lạnh thực tế (đối với cụm bình bốc hơi) hoặc phù hợp với nhu cầu giải nhiệt (đối với cụm bình ngưng) tại từng thời điểm. Điều này là điểm mấu chốt đem lại hiệu quả tiết kiệm năng lượng cho các bơm.

Hình 11 thể hiện hình Biến tần và bộ PLC (ở góc trên phía phải trong Hình) đã được lắp đặt cho hệ thống

Chiller tại khách sạn Palace.

Hình 12 trình bày sơ đồ nguyên lý sử dụng biến tần để điều khiển lưu lượng nước vào bình ngưng theo phụ tải nhiệt. Khi nhiệt độ nước vào bình ngưng tăng do nhiệt độ môi trường tăng hay nhiệt độ chênh lệch giữa nước vào và ra bình ngưng tăng do tải nhiệt hệ thống tăng, bộ đo nhiệt độ T sẽ ghi nhận sự thay đổi này và đưa tín hiệu về bộ biến tần để điều khiển tăng tần số nhằm tăng lưu lượng của bơm nước giải nhiệt vào bình ngưng, từ đó tăng công suất giải nhiệt cho bình ngưng. Và ngược lại, khi nhiệt độ nước vào bình ngưng giảm hay độ chênh lệch nước vào / ra bình ngưng giảm, bộ đo nhiệt độ T sẽ đưa tín hiệu về biến tần để giảm tần số nhằm giảm công suất và lưu lượng bơm, qua đó tiết kiệm được điện năng tiêu thụ của bơm. Nguyên lý và sơ đồ sử dụng biến tần để điều khiển bơm nước lạnh của bình bay hơi cũng được thực hiện tương tự như trên.

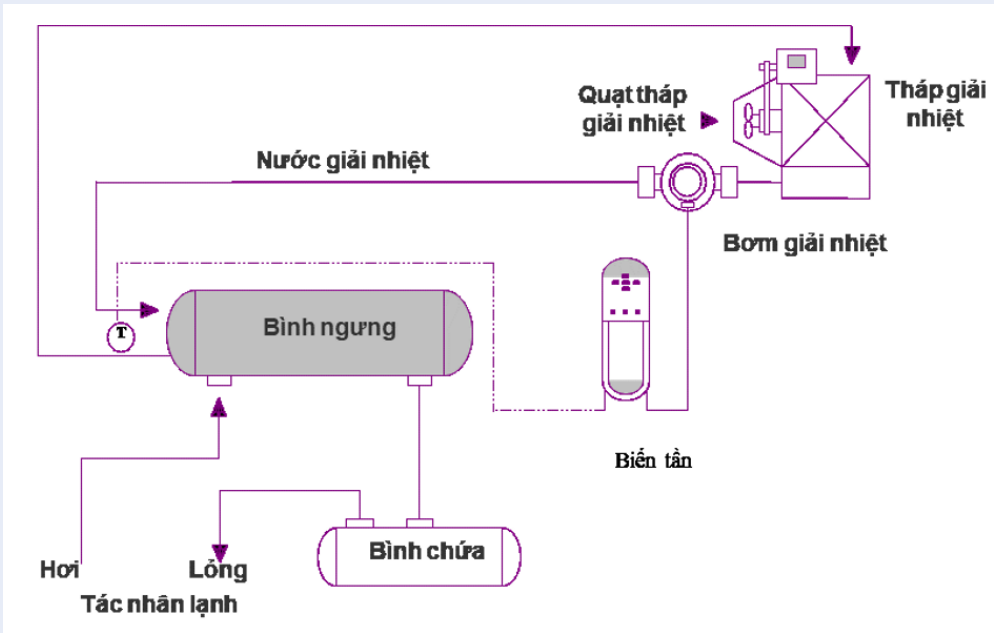
Hình 13 trình bày ma trận điều khiển lưu lượng bơm nước giải nhiệt bình ngưng theo nhiệt độ nước vào bình ngưng và hiệu nhiệt độ nước vào / ra bình ngưng. Ma trận này được lập trình trong bộ điều khiển PLC nhằm đưa tín hiệu điều khiển biến tần. Ví dụ, khi nhiệt độ nước vào bình ngưng là  $31^{\circ}\text{C}$  và chênh lệch nhiệt độ nước vào / ra bình ngưng là  $3^{\circ}\text{C}$ , khi đó chỉ cần 16% lưu lượng của bơm để giải nhiệt cho bình ngưng, ứng với việc chỉ cần chạy 1 bơm ở tần số 31 Hz. Khi nhiệt độ nước vào bình ngưng là  $31^{\circ}\text{C}$  và chênh lệch nhiệt độ nước vào / ra bình ngưng là  $5^{\circ}\text{C}$  hay khi



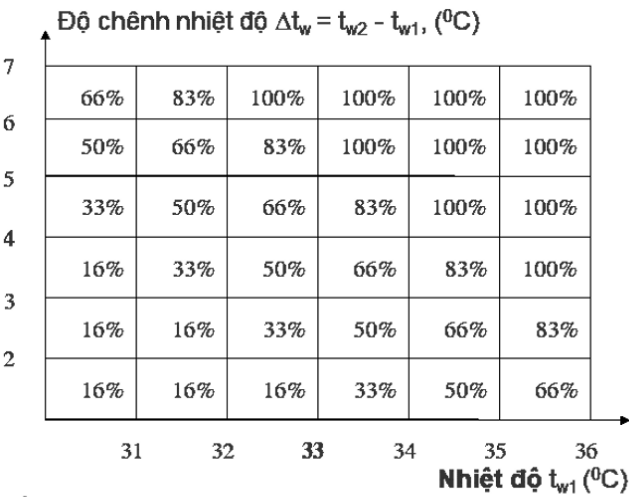
Hình 10: Sơ đồ lắp biến tần để điều khiển bơm nước lạnh và bơm nước giải nhiệt



Hình 11: Biến tần và bộ PLC đã được lắp đặt cho hệ thống Chiller



Hình 12: Sơ đồ nguyên lý sử dụng biến tần để điều khiển lưu lượng nước vào bình ngưng



Điều khiển biến tần:

16% ứng với: Bơm 1 chạy 31Hz  
33% ứng với: Bơm 1 chạy 40Hz  
50% ứng với: Bơm 1 chạy 50Hz

66% ứng với: Bơm 1 chạy 50Hz + Bơm 2 chạy 31Hz  
83% ứng với: Bơm 1 chạy 50Hz + Bơm 2 chạy 40Hz  
100% ứng với: Bơm 1 chạy 50Hz + Bơm 2 chạy 50Hz

Hình 13: Ma trận điều khiển lưu lượng bơm nước giải nhiệt bình ngưng

hiệt độ nước vào bình ngưng là  $34^{\circ}\text{C}$  và chênh lệch nhiệt độ nước vào / ra bình ngưng là  $2^{\circ}\text{C}$ , khi đó cần 33% lưu lượng của bơm để giải nhiệt cho bình ngưng, ứng với việc chỉ cần chạy 1 bơm ở tần số 40 Hz. Cứ tiếp tục như vậy cho đến khi cần 100% lưu lượng của bơm, tương ứng với việc cần chạy 2 bơm ở tần số 50 Hz để đạt chế độ đầy tải. Một ma trận tương tự cũng được lập cho phía bơm nước lạnh của bình bay hơi để đưa vào bộ PLC nhằm điều khiển tần số và lưu lượng bơm nước lạnh.

### Kết quả đạt được

Bảng 6 và Bảng 7 dưới đây trình bày lần lượt điện năng tiêu thụ trung bình từng phòng trước và sau khi lắp biến tần cho hệ thống Chiller. Trong cột ghi chú, những ngày có đánh (\*) là những ngày có sử dụng phòng họp và có tiệc cưới

Kết quả từ 2 Bảng này cho thấy điện năng tiêu thụ trung bình cho mỗi phòng khách sạn trước và sau khi lắp biến tần cho hệ thống Chiller lần lượt là 3,586 kWh/phòng/ngày và 3,074 kWh/phòng/ngày. Như vậy biến tần đã giúp tiết kiệm được 15,37% điện năng tiêu thụ cho hệ thống Chiller của khách sạn Palace.

Nếu lấy giá tiền điện trung bình mà Khách sạn phải trả là 2.666 VNĐ/kWh thì việc lắp biến tần này đã giúp khách sạn tiết kiệm được số tiền điện mỗi năm là:

$(2.000 \text{ kWh/ngày} \times 2.666 \text{ VNĐ/kWh} \times 15,37\%) \times 365 \text{ ngày} = 299.127.866 \text{ VNĐ}$

Khách sạn đầu tư hệ thống biến tần này hết tổng cộng 250 triệu VNĐ, như vậy thời gian hoàn vốn cho hệ thống này là 0,83 năm hay 10 tháng.

Tính về hiệu quả môi trường hệ thống này đem lại:

- Tính toán lượng phát thải khí  $\text{CO}_2$  : 1 kWh điện tương ứng với 0,305kg khí  $\text{CO}_2$  thải ra môi trường. Số kWh điện tiết giảm được trong một năm sau khi lắp hệ thống biến tần:

$2.000 \text{ kWh/ngày} \times 365 \text{ ngày/năm} \times 15,37\% = 112.201 \text{ kWh/năm}$

Vậy hàng năm tiết giảm được lượng khí  $\text{CO}_2$  thải ra môi trường là:

$112.201 \text{ Wh/năm} \times 0,305 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} = 34.221 \text{ kg CO}_2 / \text{năm}$

### KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã phân tích và đánh giá tác động của việc sử dụng biến tần cho bơm nước lạnh đến hiệu suất của hệ thống Chiller. Kết quả thực nghiệm cho thấy khi giảm tần số của bơm nước lạnh, hệ số làm việc (COP) của hệ thống Chiller tăng lên đáng kể. Cụ thể, khi tần số giảm từ 50Hz xuống 30Hz, COP tăng từ 1,987 lên 2,451, tương ứng với mức tăng 23,4%.

Các tính toán lý thuyết cũng khẳng định xu hướng này, với COP lý thuyết tại tần số 30Hz đạt 6,421, cao

hơn nhiều so với COP thực nghiệm. Sự khác biệt giữa kết quả thực nghiệm và lý thuyết chủ yếu do các điều kiện thực nghiệm không hoàn toàn lý tưởng.

Việc ứng dụng biến tần vào hệ thống Chiller tại khách sạn Palace TP. Hồ Chí Minh đã chứng minh hiệu quả tiết kiệm năng lượng đáng kể, giảm tiêu thụ điện năng trung bình từ 3,586 kWh/phòng/ngày xuống còn 3,074 kWh/phòng/ngày, tương ứng với mức tiết kiệm 15,37%. Điều này không chỉ giúp tiết kiệm chi phí vận hành mà còn góp phần giảm lượng khí  $\text{CO}_2$  thải ra môi trường, với lượng khí  $\text{CO}_2$  tiết giảm hàng năm lên đến 34.221 kg.

Như vậy, việc sử dụng biến tần cho bơm nước lạnh trong hệ thống Chiller không chỉ cải thiện hiệu suất năng lượng mà còn mang lại lợi ích kinh tế và môi trường, phù hợp với xu hướng phát triển bền vững. Những kết quả này có thể được áp dụng rộng rãi trong các tòa nhà cao tầng và các khu vực có nhu cầu làm mát lớn, đặc biệt là trong bối cảnh các nỗ lực giảm phát thải carbon và tiết kiệm năng lượng ngày càng được quan tâm.

### XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam kết không có xung đột về lợi ích nào về toàn bộ nội dung trong bài báo.

### ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Nguyễn Thế Bảo: thực hiện phần thực nghiệm tại nội dung Phần 4; xử lý số liệu, viết và chỉnh sửa bản thảo của toàn bài báo. Lê Tấn Phát: thực nghiệm và tính toán lý thuyết Phần 2 và 3.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thế B. Giáo trình điều hòa không khí cho các tòa nhà xanh. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia. Thành phố Hồ Chí Minh; 2024.
2. Deng J, He S, Wei Q, Liang M, Hao Z, Zhang H. Research on systematic optimization methods for chilled water systems in a high-rise office building. Energy and Buildings. 2020;209:109695–109695.
3. Lee JM, Hong SH, Seo BM, Lee KH. Application of artificial neural networks for optimized AHU discharge air temperature set-point and minimized cooling energy in VAV system. Applied Thermal Engineering. 2019;153:726–738.
4. Kyere EB, Jen TC, Tartibu L. Analysis of the Influence of Chilled Water Temperature Setpoint on Thermal Comfort and Energy Consumption. Arabian Journal for Science and Engineering. 2023;49:10409–10429.
5. Huong PTT, Hong HM, Anh LN. The Effect of the Chilled Water Temperature on the Performance of an Experimental Air-cooled Chiller. Vietnam Journal of Mechanics. 2021;42(1):1–11.
6. Đình Tín H. Cơ sở truyền nhiệt và thiết kế thiết bị trao đổi nhiệt. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia. Thành phố Hồ Chí Minh; 2013.
7. Chí HL. Giáo trình Điều Hòa Không Khí. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia; 2010.
8. Trần T, Kỳ. Máy lạnh. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia. Thành phố Hồ Chí Minh; 2004.

**Bảng 6: Điện năng tiêu thụ đo đạc được trước khi lắp biến tần cho Chiller**

| Ngày tháng đo đạc | Số phòng trung bình<br>(phòng/ngày) | Suất tiêu hao trung bình<br>(kWh/phòng/ngày) | Ghi chú |
|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| 31/03             | 17,70                               | 4,450                                        | *       |
| 01/04             | 18,50                               | 3,980                                        |         |
| 02/04             | 30,50                               | 2,724                                        | *       |
| 03/04             | 28,40                               | 2,590                                        |         |
| 04/04             | 32,60                               | 2,363                                        | *       |
| 05/04             | 25,33                               | 3,245                                        |         |
| 06/04             | 20,46                               | 4,310                                        | *       |
| 07/04             | 21,25                               | 5,116                                        | *       |
| 08/04             | 22,30                               | 3,500                                        |         |
| Trung bình        | 24,12                               | 3,586                                        |         |

**Bảng 7: Điện năng tiêu thụ đo đạc được sau khi lắp biến tần cho Chiller**

| Ngày tháng đo đạc | Số phòng trung bình<br>(phòng/ngày) | Suất tiêu hao trung bình<br>(kWh/phòng/ngày) | Ghi chú |
|-------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|---------|
| 04/07             | 29,60                               | 2,710                                        | *       |
| 05/07             | 34,89                               | 2,410                                        | *       |
| 06/07             | 23,41                               | 3,430                                        |         |
| 07/07             | 16,29                               | 4,450                                        |         |
| 08/07             | 27,50                               | 2,530                                        |         |
| 09/07             | 25,80                               | 2,690                                        | *       |
| 10/07             | 25,71                               | 3,310                                        | *       |
| 11/07             | 20,77                               | 3,470                                        | *       |
| 12/07             | 25,43                               | 2,670                                        | *       |
| Trung bình        | 25,48                               | 3,074                                        |         |

# Application of frequency inverter in pump control to increase Chiller system efficiency: Theoretical research, experiment and practical implementation in Vietnam

Nguyen The Bao<sup>1,2,\*</sup>, Le Tan Phat<sup>1,2</sup>

## ABSTRACT

This paper presents the results of using frequency converters for chilled water pumps to improve the efficiency of the Chiller system. Through experiments conducted on the Chiller system at Ho Chi Minh City University of Technology, the results show that when reducing the power frequency supplied to the pump, the coefficient of efficiency (COP) of the Chiller system increases significantly, from COP = 1.987 at 50Hz to COP = 2.451 at 30Hz, corresponding to an increase of 23.4%. Theoretical calculations also confirm this trend with the theoretical COP at 30Hz reaching 6.421, while this coefficient at 50Hz is COP = 4.977, which is an increase of about 29% when changing the frequency from 50Hz to 30Hz. In addition, the experimental results of applying inverters to the actual chiller water pump and cooling pump system at the Palace Hotel in Ho Chi Minh City showed that the average power consumption decreased from 3.586 kWh/room/day to 3.074 kWh/room/day, corresponding to a savings of 15.37%. The results showed that the reduction in average power consumption not only helps save operating costs but also reduces the amount of CO<sub>2</sub> emitted into the environment, in line with the trend of sustainable development. This study shows a great potential in applying inverter technology to old Chiller systems that do not use inverters to save energy without having to invest in purchasing an entire new Chiller system.

**Key words:** Inverter (VSD), Chiller system, Chilled water pump, Energy efficiency (COP), Energy saving

<sup>1</sup>Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam

<sup>2</sup>Ho Chi Minh City National University, Vietnam

## Correspondence

**Nguyen The Bao**, Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam

Ho Chi Minh City National University, Vietnam

Email: thebao@hcmut.edu.vn

## History

- Received: 16-7-2024
- Revised: 27-10-2024
- Accepted: 18-11-2024
- Published Online: 31-12-2024

DOI : <https://doi.org/10.32508/stdjet.v7i4.1411>



## Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Cite this article :** Bao N T, Phat L T. **Application of frequency inverter in pump control to increase Chiller system efficiency: Theoretical research, experiment and practical implementation in Vietnam.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2024, 7(4):2421-2435.