

DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.049

ỔN ĐỊNH ĐỘ QUÁ NHIỆT KHO LẠNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐÓNG, MỞ BÌNH HỒI NHIỆT

Nguyễn Minh Chấn^{1*}, Nguyễn Hoàng Dũng² và Ngô Trúc Hưng³

¹Khoa Điện - Điện Tử, Trường Cao đẳng nghề Sóc Trăng

²Khoa Tự động hóa, Trường Bách khoa, Trường Đại học Cần Thơ

³Khoa Tự động hóa, Trường Bách khoa, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Minh Chấn (email: nmchac@svc.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 31/10/2022

Ngày nhận bài sửa: 23/11/2022

Ngày duyệt đăng: 22/03/2023

Title:

Temperature stabilization of cold storage using open and close methods for regenerative process

Từ khóa:

Điều khiển kho lạnh, độ quá nhiệt, hơi môi chất, logic mờ, môi chất R22, PID

Keywords:

Cold storage control, fuzzy logic, PID, Overheating, refrigerant vapor, R22 refrigerant

ABSTRACT

Controlling single-stage cold storage using a refrigeration cycle with R22 refrigerant often faces some difficulties such as stabilizing the cold storage temperature and superheating the refrigerant vapor back to the compressor. Therefore, this study proposes a solution for stable control of cold storage temperature and superheating of refrigerants based on the PID (A proportional integral derivative controller) algorithm integrated into PLC (Programmable Logic Controller). The HMI (Human machine interface) screen was used to monitor and control the temperature. In this case, the refrigerant suction pressure signal back to the compressor is interpolated and compared with the temperature on the surface of the refrigerant suction pipe to the compressor, thereby giving rule opening and closing of the heat exchanger. The results have shown that the PID controller ensures the desired cold storage temperature stability (-9°C to -11°C), but the low superheating can cause the compressor to flood back. Therefore, the refrigerant vapor superheat will be controlled within a safe range in the next study.

TÓM TẮT

Điều khiển kho lạnh 1 cấp sử dụng chu trình khô với môi chất R22 thường đối mặt với một số khó khăn như ổn định nhiệt độ kho lạnh và độ quá nhiệt hơi môi chất hút về máy nén. Do đó nghiên cứu này đề xuất giải pháp điều khiển ổn định nhiệt độ kho lạnh và độ quá nhiệt của môi chất dựa trên giải thuật PID (A proportional integral derivative controller) được tích hợp trên PLC (Programmable Logic Controller) kết hợp với việc đóng mở bình hồi nhiệt. Màn hình HMI (Human machine interface) được dùng để giám sát và điều khiển nhiệt độ. Trong trường hợp này, tín hiệu áp suất hơi môi chất về máy nén được nội suy và so sánh với nhiệt độ trên bề mặt ống dẫn môi chất trên ống hút môi chất về máy nén, tính ra độ quá nhiệt hệ thống lạnh, từ đó đưa ra quy luật đóng mở bình hồi nhiệt. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, bộ điều khiển PID đảm bảo ổn định nhiệt độ kho lạnh mong muốn (-9°C đến -11°C) nhưng độ quá nhiệt thấp có thể gây ngập dịch máy nén. Do đó trong nghiên cứu này, độ quá nhiệt hơi môi chất sẽ được kiểm soát nằm trong giới hạn an toàn.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là nước nông nghiệp, các mặt hàng xuất khẩu chủ yếu là: gỗ, rau quả tươi, cao su, hồ tiêu, gạo, thủy hải sản, các sản phẩm rau củ quả qua chế biến,... Để đảm bảo chất lượng sản phẩm khi xuất khẩu thì khâu sơ chế, bảo quản đóng vai trò hết sức quan trọng. Trong đó dùng biện pháp trữ đông để bảo quản được xem là phương pháp cơ bản nhất. Ngoài ra, sấy thăng hoa giúp vật liệu sấy giảm độ ẩm đến giá trị bảo quản, phương pháp này giúp hàm lượng chất dinh dưỡng được giữ ở mức cao nhất. Đặc biệt, là màu sắc sản phẩm hầu như không đổi so với sản phẩm tươi, có thể áp dụng với các loại nông sản như: khoai lang, mít, chuối, các loại rau ăn lá,... (Cương & Tân, 2018). Nhưng quan trọng nhất là trong lĩnh vực chế biến thủy hải sản xuất khẩu, việc bảo quản thủy hải sản ở nhiệt độ thấp là rất cần thiết. Ở Việt Nam, hiện tại hầu hết các nhà máy chế biến thủy sản đều sử dụng hệ thống làm lạnh sử dụng máy nén hơi để bảo quản lưu kho trước chế biến và cấp đông sau khi chế biến thành phẩm. Do đó điện năng tiêu thụ trong hệ thống lạnh chiếm 85% lượng điện tiêu thụ của nhà máy (Hoàng, 2016). Việc vận hành hiệu quả hệ thống lạnh sẽ góp phần giảm điện năng tiêu thụ, hạ được giá thành sản phẩm, tăng tính cạnh tranh khi đưa ra thị trường. Quá trình làm lạnh sản phẩm là quá trình liên tục, nếu xảy ra vấn đề làm gián đoạn việc làm lạnh ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng sản phẩm (Hoàng, 2016). Vấn đề đặt ra là làm sao vận hành vừa an toàn vừa tiết kiệm năng lượng nói chung và điện năng nói riêng. Để thực hiện được công việc đó thì người vận hành phải có kiến thức về kỹ thuật lạnh cơ bản, động cơ điện không đồng bộ.

Hệ thống lạnh có các phương pháp điều khiển dựa vào đặc tính cơ của động cơ điện không đồng bộ, dựa vào các thiết bị hệ thống lạnh để điều khiển. Trong hệ thống lạnh thiết bị tiêu thụ điện năng lớn nhất là máy nén, và máy nén cũng là một trong những thiết bị quan trọng nhất của hệ thống lạnh (Dũng & Dũng, 2009).

Các phương pháp điều khiển máy nén cơ bản được sử dụng chủ yếu: Cải thiện đặc tính động cơ điện như tăng hệ số công suất của lưới điện, điều khiển động cơ theo trạng thái có phản hồi (Hiền và ctv., 2019). Điều khiển máy nén theo phụ tải nhiệt như điều khiển ON/OFF, điều khiển nhảy cấp, điều khiển liên tục (Lợi, 2010). Điều khiển động cơ dựa trên bộ điều khiển PID đòi hỏi người vận hành có kinh nghiệm để cài đặt thông số Kp, Ki và Kd. Do đó, một số trong nghiên cứu sử dụng bộ điều khiển bộ điều khiển mờ (Fuzzy control) để điều khiển đối

tượng trên. Những phương pháp đề xuất ở trên chỉ đáp ứng được nhiệt độ bay hơi đạt theo yêu cầu, nhưng chưa đề cập đến mối quan hệ giữa áp suất hút về máy nén với tần số điện cấp cho động cơ điện máy nén. Câu hỏi đặt ra là “*Với mỗi giá trị tần số điện cấp cho động cơ máy nén thì áp suất môi chất hút về máy nén là bao nhiêu?*”.

Chu trình lạnh sử dụng cho hệ thống là chu trình khô nén 1 cấp, hơi môi chất khi hút về máy nén phải là hơi bão hòa khô hoàn toàn. Tuy nhiên vẫn còn một lượng lỏng bị cuốn khi máy nén hút về gây ra hiện tượng ngập dịch máy nén (làm cho máy nén pít tông bị va đập thủy lực, dầu bôi trơn bị đông mất khả năng bôi trơn) đây là một vấn đề hết sức nghiêm trọng trong quá trình vận hành hệ thống lạnh. Để khắc phục tình trạng trên, khi thiết kế người ta gắn thêm bình hồi nhiệt vào hệ thống để làm lạnh lỏng môi chất trước khi vào tiết lưu và làm quá nhiệt hơi trước khi về máy nén. Theo tính toán thì nhiệt độ quá lạnh, quá nhiệt $\Delta t = (5 \div 10)^{\circ}\text{C}$.

Tuy nhiên, trong hệ thống lạnh này sử dụng tiết lưu điều chỉnh lưu lượng môi chất do cảm biến nhiệt được đặt bên ngoài đường hút máy nén. Do sự tổn thất áp suất ở dàn bay hơi, máy nén hoạt động ở tốc độ cao làm cho lưu lượng môi chất cấp cho máy nén không đủ, dẫn đến máy nén hoạt động non tải gây nên hiện tượng tổn thất (Dũng & Dũng, 2009).

Với các hệ thống lạnh thông thường tại Việt Nam khi vận hành đúng quy trình, bảo dưỡng hợp lý có thể giảm chi phí năng lượng từ 15% trở lên, giúp cho doanh nghiệp tăng khả năng cạnh tranh và giảm phát thải khí nhà kính (Deng et al., 2021).

Hơn nữa, trong quá trình điều khiển hệ thống lạnh, phần lớn các nghiên cứu chỉ tập trung vào đối tượng điều khiển là nhiệt độ kho lạnh mà chưa quan tâm đến độ quá nhiệt của hệ thống lạnh. Điều khiển bằng phương pháp ON/OFF máy nén tuy dễ thực hiện, nhưng độ chính xác thấp, nhiệt độ kho lạnh không ổn định (Hòa, 2007). Phương pháp điều khiển PID, khi tham số của quá trình điều khiển thay đổi thì các thông số của bộ điều khiển PID cần phải được tính toán cài đặt lại và người dùng phải có hiểu biết, kinh nghiệm tốt mới có thể tìm được các giá trị của các tham số này, đây là hạn chế của bộ điều khiển PID. Thêm vào đó, việc sử dụng chỉ số nhiệt độ làm đối tượng điều khiển chưa thực sự chính xác trong khi hệ thống lạnh hoạt động thì mối liên hệ giữa áp suất và nhiệt có mối quan hệ chặt chẽ.

Để vận hành hệ thống lạnh tiết kiệm được năng lượng có thể áp dụng các phương pháp tích trữ nhiệt lượng thừa (nhiệt âm) dưới các dạng dung môi lưu

trữ như glycol (Thuận và ctv., 2018), đóng băng CO₂ (Wu et al., 2018) hoặc cũng có thể chôn lấp đường ống dẫn môi chất để đảm bảo nhiệt độ được ổn định. Ngoài ra, một số kỹ thuật điều khiển được áp dụng để làm giảm năng lượng sử dụng nhưng vẫn đảm bảo cho hệ thống hoạt động an toàn (Sakalli et al., 2017). Để nâng cao tính hiệu quả khi điều khiển kho lạnh, các giải pháp điều khiển thông minh được áp dụng (Bortolini et al., 2019). Một vấn đề cần lưu ý nữa là quá trình môi chất lạnh sôi phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Do đó để đảm bảo vận hành vừa đạt yêu cầu vừa an toàn và tiết kiệm năng lượng là vấn đề rất quan trọng trong hệ thống lạnh. Do đó giải pháp điều khiển kho lạnh bằng phương pháp ổn định độ quá nhiệt vừa đảm bảo nhiệt độ kho lạnh vừa đảm bảo an toàn khi vận hành hệ thống này. Trong nghiên cứu hiện tại, bộ điều khiển PID kết hợp với logic mờ được tích hợp trong PLC S7-1200 dựa trên ngôn ngữ cấp cao SLC (Structure control language) để điều khiển ổn định nhiệt độ kho lạnh được đề xuất. Đồng thời, các bộ điều khiển truyền thống khác như PID được dùng để đối sánh với giải pháp đề xuất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp và điều kiện nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu được sử dụng để thực hiện đề tài: Làm thực nghiệm ghi nhận lại một số

thông số đầu vào (tần số, nhiệt độ, áp suất,...); Phương pháp so sánh, đối chiếu khi vận hành.

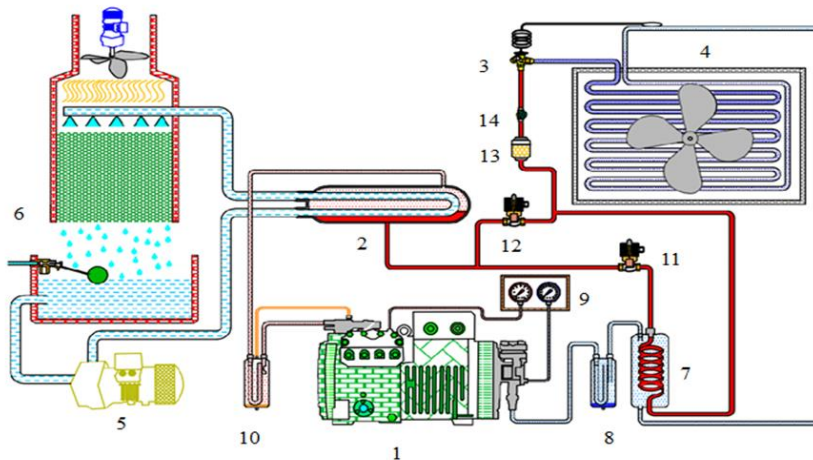
Thiết bị, công cụ để thực hiện đề tài: Kho lạnh công suất 3 tấn, biến tần 3kW, PLC S7-1200, màn hình HMI Wecon PI8014-R, cảm biến áp suất, cảm biến nhiệt độ và các vật liệu phụ trợ khác.

Các phần mềm sử dụng: Phần mềm lập trình Siemens (TIA Portal V15), phần mềm thiết kế màn hình HMI Wecon.

Thực nghiệm này là hoàn thiện tối ưu điều khiển một mô hình kho lạnh có công suất 3 tấn với các yêu cầu sau: (i) tự động ổn định được áp suất hút về máy nén tránh được trường hợp ngập dịch máy nén khi môi chất lạnh chưa sôi hết do tiết lưu điều tiết qua dàn bay hơi quá nhiều hoặc giảm tốc độ máy nén tới mức tối ưu khi môi chất lạnh bị quá nhiệt hơi môi chất, (ii) so sánh nhiệt độ kho lạnh và độ quá nhiệt vận hành ở cơ chế PID trên S7-1200 với cơ chế vận hành ổn định độ quá nhiệt.

2.2. Lắp đặt hệ thống lạnh

Lắp đặt hệ thống đường ống dẫn môi chất và hệ thống điều khiển kho lạnh theo (Hình 1), cho hệ thống hoạt động nạp môi chất lạnh R22 và chuẩn các thông số theo yêu cầu.



Hình 1. Sơ đồ kết nối đường ống kho lạnh

- | | | | |
|-----------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| 1: Máy nén | 8. Bình tách lỏng | 2: Bình ngưng tụ | 9. Đồng hồ đo áp suất |
| 3. Van tiết lưu nhiệt | 10. Bình tách dầu | 4. Dàn bay hơi | 11. Van điện từ 1 |
| 5. Bơm nước | 12. Van điện từ 2 | 6. Tháp giải nhiệt | 13. Phin lọc |
| 7. Bình hồi nhiệt | 14. Mất gas | | |

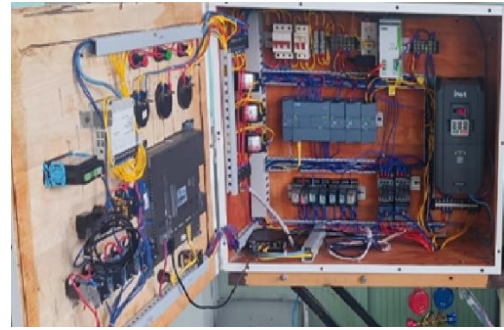
Nguyên lý hoạt động của hệ thống lạnh, dựa vào độ quá nhiệt của kho lạnh, tín hiệu điều khiển sẽ xuất ra để đóng, mở van điện từ 1 và van điện từ 2. Môi

chất lạnh sẽ thay đổi chiều chuyển động trước khi vào van tiết lưu. Trong trường hợp, độ quá nhiệt lớn hơn 5°C thì môi chất sau ngưng tụ (2) sẽ đi qua van

điện từ 2 (12) vào van tiết lưu (3). Với trường hợp ngược lại, độ quá nhiệt nhỏ hơn 5°C thì môi chất lạnh trước khi về nén cần được làm nóng (quá nhiệt môi chất), khi đó môi chất lạnh sau ngưng tụ (2) sẽ đi qua van điện từ (11), đi vào bình hồi nhiệt (7) làm nóng môi chất sau khi bay hơi (4) trước khi về máy nén.



Hình 2. Bố trí thiết bị bên ngoài tủ điện

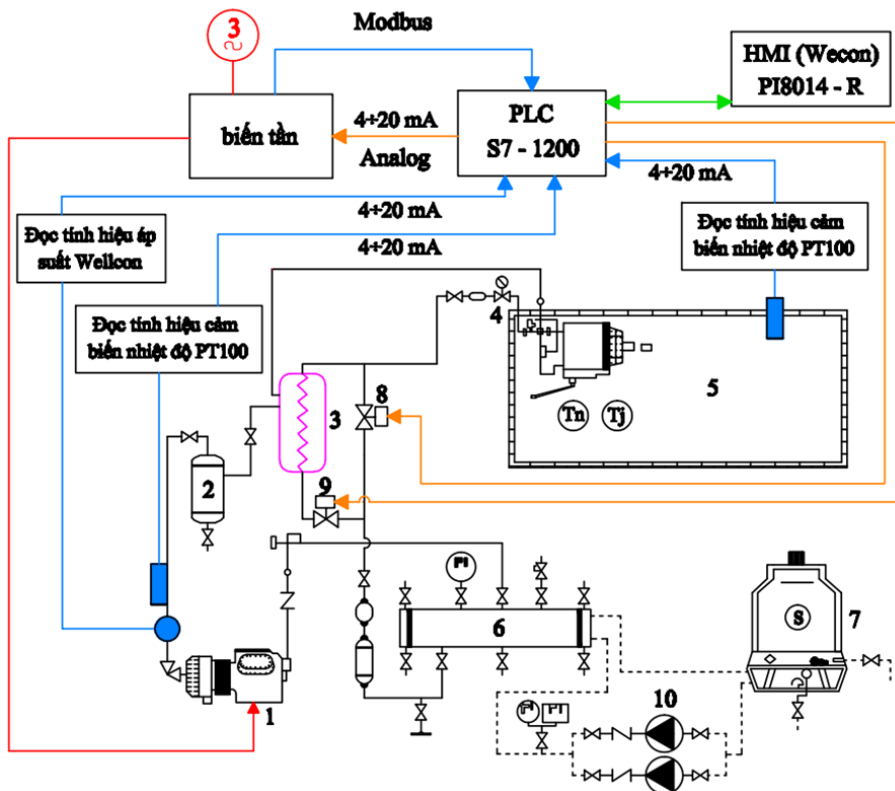


Hình 3. Bố trí thiết bị bên trong tủ điện

Lắp đặt tủ điện điều khiển hệ thống. Dựa vào thông kê các thiết bị cần có để phục vụ điều khiển kho lạnh, tiến hành bố trí các thiết bị vào tủ điện theo vị trí và yêu cầu của từng thiết bị như (Hình 2, Hình 3).

2.3. Viết chương trình điều khiển

Dựa vào nguyên lý điều khiển ở (Hình 4) tiến hành viết chương trình điều khiển trên PLC S7-1200



Hình 4. Sơ đồ điều khiển kho lạnh

- 1. Máy nén 6. Bình ngưng tụ 2. Bình tách lỏng 7. Tháp giải
- 3. Bình hồi nhiệt 8. Van điện từ 2 4. Van tiết lưu 9. Van điện từ 1
- 5. Kho lạnh 10. Bơm nước

Điều khiển bằng phương pháp PID thì tín hiệu cấp cho van điện từ 2 (8) luôn mở. Cảm biến nhiệt độ đặt tại kho lạnh truyền tín hiệu về PLC, tại đây PLC sẽ so sánh nhiệt độ kho lạnh đạt được với nhiệt độ cài đặt, xuất tín hiệu điều khiển cho biến tần, cấp tần số điện cho động cơ máy nén cho động cơ máy nén hoạt động.

Điều khiển bằng phương pháp ổn định độ quá nhiệt. Máy nén vẫn hoạt động theo tần số PID do biến tần cấp, van điện từ 1 (9), van điện từ (8) được đóng mở theo độ quá nhiệt. Cụ thể, độ quá nhiệt lớn hơn 5°C thì van điện từ 2 (8) mở, độ quá nhiệt nhỏ hơn 5°C thì van điện từ 1 (9) mở.

2.4. Xác định áp suất hút theo tần số điện

Xác định được áp suất hút của máy nén ở các tần số điện khác nhau, tiến hành nội suy ra nhiệt độ môi chất lạnh được hút về máy nén. Từ đó tính được độ quá nhiệt của hệ thống. Dựa vào độ quá nhiệt để thực hiện lệnh đóng, mở bình hồi nhiệt.

Đặc thù hệ thống kho lạnh là nhiệt độ bay hơi của môi chất phụ thuộc áp suất bay hơi, do đó để quá nhiệt cần thực nghiệm và tính toán lại bộ điều khiển cho phù hợp.

Sau khi kết nối và nạp chương trình để điều khiển sẽ tiến hành thu thập các số cơ bản để làm cơ sở cấp tín hiệu đầu vào cho chương trình điều khiển.

Thu dữ liệu khi nhiệt độ kho (t_{kho}) lớn hơn -10°C

Bảng 1. Thông số vận hành t_{kho}>-10°C

STT	f(Hz)	p ₀ (bar)	t _{dv} (°C)	t _{kho} (°C)
1	50	1.2	24.1	18.7
2	45	1.2	14.5	6.7
3	40	1.3	11.1	2.9
4	35	1.5	8.4	-0.7
5	30	1.7	5.6	-3.7
6	25	2.0	3.3	-6.2
7	20	2.2	1.8	-7.7
8	15	2.4	1.1	-8
9	10	3.3	1.1	-7.3

Trong đó:

f(Hz): Tần số điện động cơ

p₀(bar): Áp suất hút về máy nén

t_{dv}(°C): nhiệt độ bề mặt ống trên đường về máy nén

t_{mc}(°C): nhiệt độ môi chất lạnh trên đường về máy nén

t_{qn}(°C): độ quá nhiệt của kho lạnh

Từ giá trị áp suất hút về máy nén P₀ ta tra đồ thị lgp-h của môi chất R22 xác định được nhiệt độ bay hơi tại thời điểm đang đo áp dụng (công thức 1).

$$t_{mc} = 0,69896p_0^3 - 7,67184p_0^2 + 35,0781p_0 - 69,6291 \quad (1) \quad t_{qn} = t_{dv} - t_{mc} \quad (2)$$

Từ nhiệt độ bay hơi của môi chất lạnh và nhiệt độ trên bề mặt ống dẫn môi chất trên đường hút về máy nén tính được độ quá nhiệt hệ thống bằng (công thức 2) cho kết quả như sau:

Bảng 2. Độ quá nhiệt khi vận hành t_{kho}>-10°C

f (Hz)	p ₀ (bar)	t _{mc} (°C)	t _{dv} (°C)	t _{qn} (°C)	t _{kho} (°C)
50	1.2	-37	24.1	61.1	18.7
45	1.2	-37	14.5	51.5	6.7
40	1.3	-35	11.1	46.1	2.9
35	1.5	-32	8.4	40.4	-0.7
30	1.7	-29	5.6	34.6	-3.7
25	2.0	-24.3	3.3	27.6	-6.2
20	2.2	-22.4	1.8	24.2	-7.7
15	2.4	-20.2	1.1	21.3	-8
10	3.3	-12	1.1	13.1	-7.3

Qua Bảng 1, Bảng 2 nhận thấy rằng khi giảm tần số điện:

- Áp suất hút môi chất tăng, trong khi áp suất nén giảm làm cho tỷ số nén của máy nén giảm.

- Do nhiệt độ của kho lạnh chưa đạt đến ngưỡng cài đặt (-10°C) nên độ quá nhiệt hệ thống lớn hơn 10°C.

- Nhiệt độ của kho được duy trì ở tần số 15Hz, khi đó máy nén hoạt động với tần số lớn hơn 15Hz thì công suất lạnh lớn hơn tải nhiệt của kho.

- Hiệu điện thế cấp vào động cơ giảm dần trong khi dòng điện tăng dần lên.

Dữ liệu nhiệt độ kho lạnh (t_{kho}) nhỏ hơn -10°C như ở Bảng 3 và độ quá nhiệt của kho lạnh như ở Bảng 4

Bảng 3. Thông số vận hành t_{kho}<-10°C

STT	f(Hz)	p ₀ (bar)	t _{dv} (°C)	t _{kho} (°C)
1	50	1.2	-2.2	-2.2
2	45	1.2	-2.7	-2.7
3	40	1.3	-3.6	-3.6
4	35	1.5	-4.6	-4.6
5	30	1.7	-6	-6
6	25	2	-13.5	-13.5
7	20	2.2	-17.8	-17.8
8	15	2.4	-16.6	-16.6
9	10	3.3	-11.6	-11.6

Kết quả thực nghiệm ở Bảng 3 và Bảng 4 cho thấy khi giảm tần số điện:

- Áp suất hút môi chất tăng, trong khi áp suất nén giảm làm cho tỷ số nén của máy nén giảm
- Nhiệt độ kho lạnh nhỏ hơn nhiệt độ cài đặt (-10°C), hệ thống vận hành quá nhiệt trong dải tần số (50÷25Hz), vận hành an toàn trong dải tần số (25÷20Hz) và vận hành ẩm trong dải tần số nhỏ hơn 20Hz
- Nhiệt độ của kho được duy trì ở tần số 25Hz, khi đó máy nén hoạt động với tần số lớn hơn 25Hz thì công suất lạnh lớn hơn tải nhiệt của kho.
- Hiệu điện thế cấp vào động cơ giảm dần trong khi dòng điện tăng dần lên.

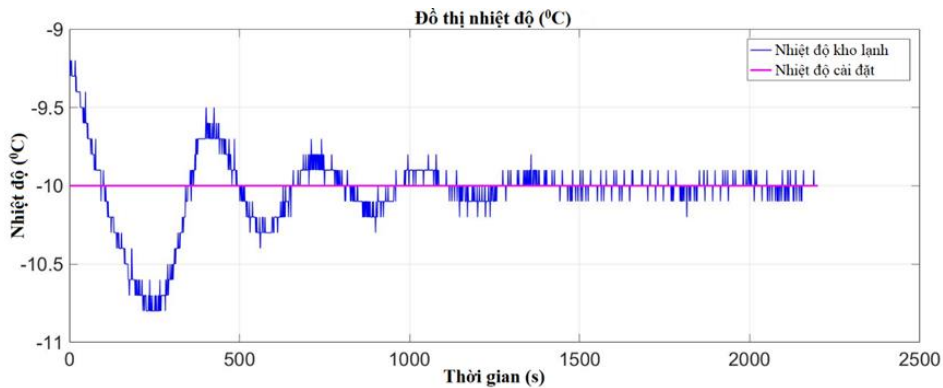
Bảng 4. Độ quá nhiệt khi vận hành kho < -10°C

f (Hz)	p ₀ (bar)	t _{mc} (°C)	t _{dv} (°C)	t _{qn} (°C)	t _{kho} (°C)
50	1.2	-37	-2.2	34.8	-10
45	1.2	-37	-2.7	34.3	-12
40	1.3	-35	-3.6	31.4	-13.7
35	1.5	-32	-4.6	27.4	-15.1
30	1.7	-29	-6	23	-16
25	2	-24.3	-13.5	10.8	-16.3
20	2.2	-22.4	-17.8	4.6	-16
15	2.4	-20.2	-16.6	3.6	-15.3
10	3.3	-12	-11.6	0.4	-10.3

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Vận hành ở cơ chế PID trên PLC S7-1200

Khi kết nối phần cứng hệ thống theo yêu cầu, viết chương trình và nạp vào PLC để hoạt động

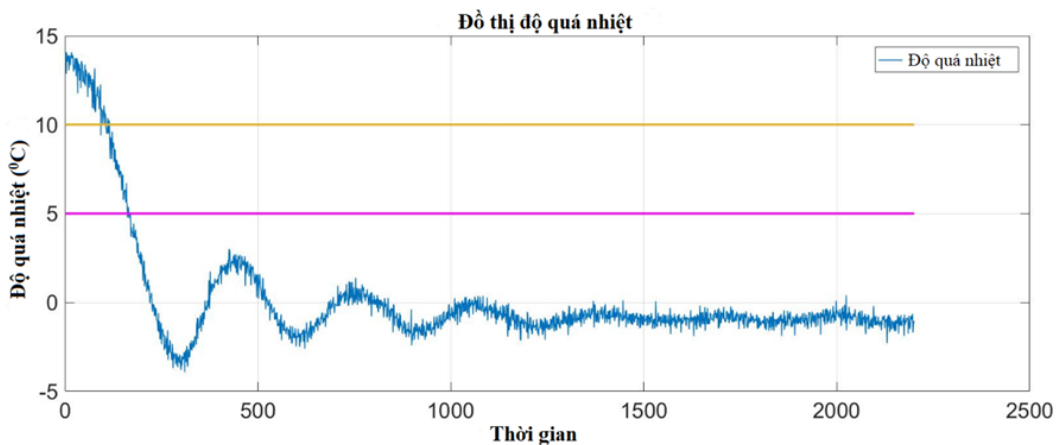


Hình 3. Nhiệt độ kho lạnh vận hành ở cơ chế PID

Dựa vào đồ thị nhiệt độ kết luận rằng độ vọt lố 0.8 (-10.8/-10), thời gian xác lập 1000 giây.

Nhiệt độ của kho lạnh được duy trì ổn định sau khoảng thời gian vận hành. Nhiệt độ kho được duy trì gần như ổn định.

Khi đó độ quá nhiệt kho lạnh được mô tả như Hình 4.



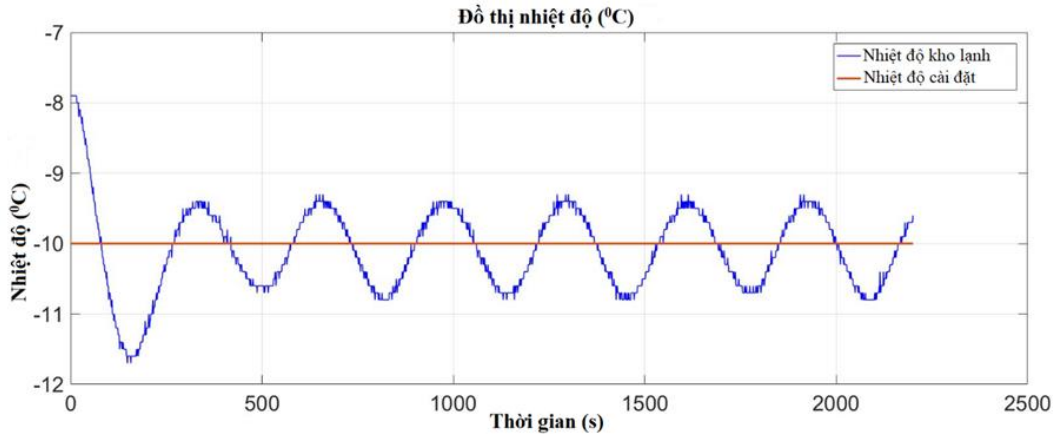
Hình 4. Độ quá nhiệt vận hành ở cơ chế PID

Qua kết quả thực nghiệm ở Hình 3, Hình 4 cho thấy mặc dù nhiệt độ kho lạnh khi vận hành rất ổn định, tuy nhiên độ quá nhiệt hệ thống nhỏ hơn giới hạn cho phép, có thể xảy tình trạng ngập lỏng khi

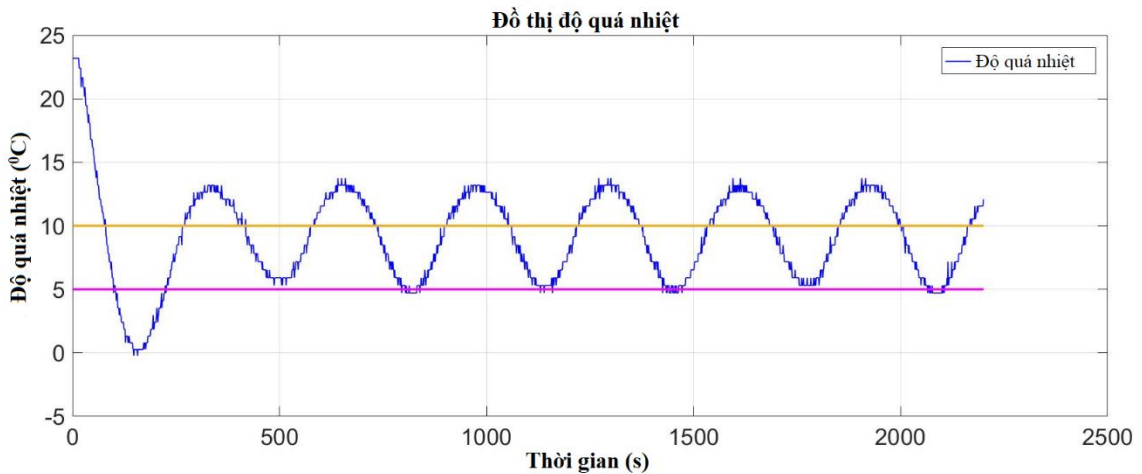
vận hành. Đây là yếu tố rất quan trọng để đảm bảo vận hành an toàn trong kho lạnh.

3.2. Vận hành ở cơ chế ổn định độ quá nhiệt

Chuyển chế độ qua chương trình vận hành ổn định độ quá nhiệt đạt được kết quả sau:



Hình 5. Nhiệt độ kho lạnh vận hành ở cơ chế ổn định độ quá nhiệt



Hình 6. Độ quá nhiệt vận hành ở cơ chế ổn định độ quá nhiệt

Nhìn chung nhiệt độ của kho khi đạt giá trị cài đặt thì vẫn có dao động trong biên độ nhỏ.

Độ quá nhiệt của hệ thống luôn được duy trì trong khoảng giới hạn cho phép, đạt theo yêu cầu nghiên cứu đề ra.

Qua kết quả thực nghiệm như trên cho thấy khi vận hành ở chế độ PID nhiệt độ kho lạnh được duy trì ổn định nhưng độ quá nhiệt thấp (vận hành âm) có khả năng gây ngập dịch cho máy nén. Vận hành ở chế độ ổn định độ quá nhiệt thì độ quá nhiệt được

duy trì trong giới hạn cho phép nhưng nhiệt độ kho không ổn định.

Bảng 5. So sánh các cơ chế điều khiển

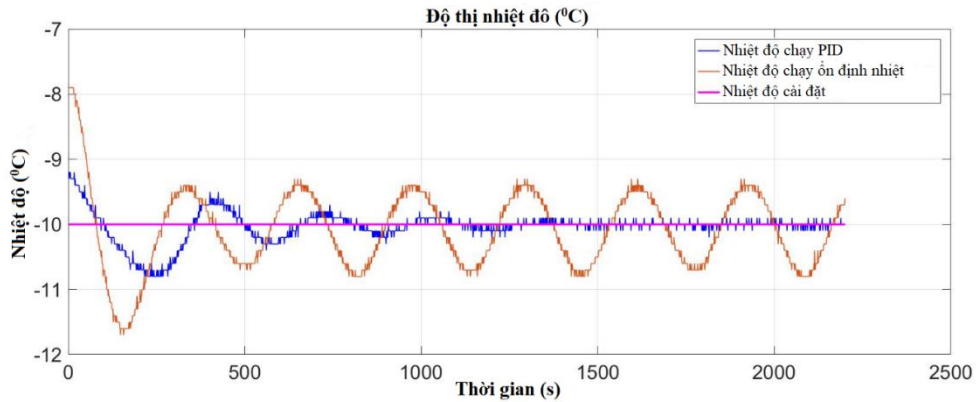
Chế độ vận hành	PID	Ổn định độ quá nhiệt
Nhiệt độ kho	Ổn định	Không ổn định
Độ quá nhiệt	Vận hành âm	Ổn định

Tuy nhiên trong quá trình thực nghiệm kho lạnh sử dụng máy nén pít tông để làm lạnh, khi hệ thống hoạt động ở tần số nhỏ hơn 15Hz, tốc độ chuyển động của pít tông nhỏ hơn quán tính chuyển động

của hệ thống làm cho máy nén bị rung lắc mạnh. Mặt khác khi chuyển động ở tốc độ thấp thì độ lệch áp suất giữa P_k và P_0 nhỏ nên khả năng bôi trơn cho pít tông không đạt.

Từ kết quả đo đạt thực tế, nghiên cứu cho thấy rằng:

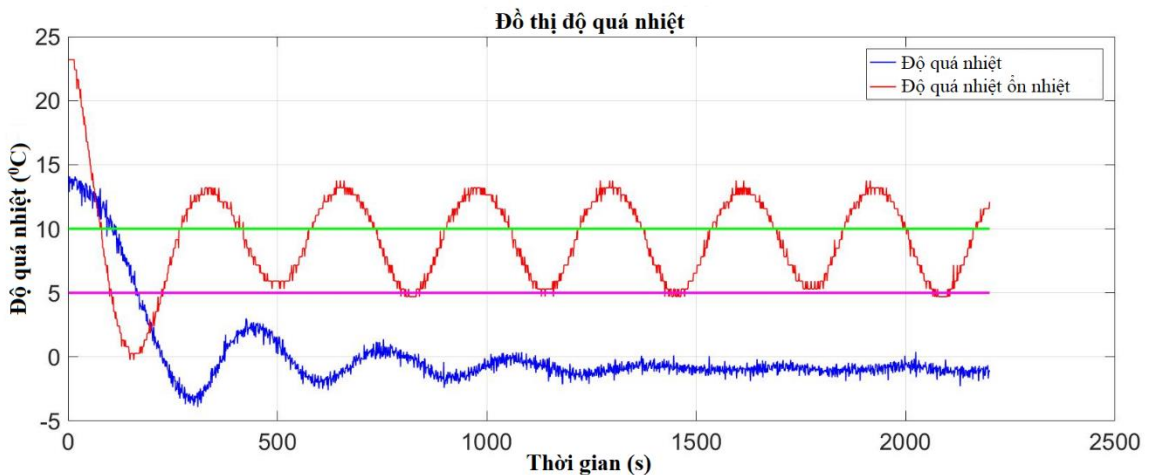
So sánh nhiệt độ điều khiển khi sử dụng phương pháp PID và phương pháp ổn định độ quá nhiệt ở (Hình 7). Nhiệt độ kho lạnh sau thời gian hoạt động thì phương pháp điều khiển sử dụng bộ PID, ổn định hơn rất nhiều so với phương pháp ổn định độ quá nhiệt. Tuy nhiên, Điều khiển bằng phương pháp ổn định độ quá nhiệt, nhiệt độ kho lạnh có dao động, nhưng vẫn nằm trong giới hạn cho phép ($-9^{\circ}\text{C} \div -11^{\circ}\text{C}$).



Hình 7. So sánh nhiệt độ giữa hai phương pháp điều khiển

Từ (Hình 8) nhận định rằng, độ quá nhiệt của phương pháp điều khiển sử dụng PID sau thời gian vận hành, thì độ quá nhiệt nhỏ hơn giới hạn cho phép ($5 \div 10^{\circ}\text{C}$), điều này làm cho máy nén ngập dịch rất nguy hiểm. Phương pháp điều khiển nhiệt độ kho

lạnh bằng cách đóng mở bình hồi nhiệt theo độ quá nhiệt, giúp kiểm soát được độ quá nhiệt ổn định trong giới hạn cho phép. Vận hành kho lạnh bằng phương pháp này giúp kho lạnh vận hành an toàn hơn.



Hình 8. So sánh độ quá nhiệt giữa hai phương pháp điều khiển

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Khi sử dụng bộ điều khiển PID thì nhiệt độ kho lạnh rất ổn định, tần số điện cấp cho động cơ thay đổi và duy trì theo nhiệt độ kho lạnh, nên giúp hệ

thống tiết kiệm năng lượng hơn. Phương pháp này chỉ chú trọng ổn định nhiệt độ kho lạnh, trong khi vận hành kho lạnh có nhiều đối tượng để ổn định. Do đó khi vận hành trong thời gian dài thì độ quá nhiệt hệ thống giảm nhỏ hơn giới hạn cho phép có thể gây ngập dịch làm hư hỏng máy nén.

Bộ điều khiển ổn định độ quá nhiệt tuy nhiệt độ kho lạnh có dao động hơn so với phương pháp điều khiển PID, nhưng giá trị dao động không lớn. Đặc biệt phương pháp này giúp hệ thống luôn vận hành với độ quá nhiệt ổn định trong giới hạn cho phép.

4.2. Kiến nghị

Để khắc phục tình trạng máy nén hoạt động ở tần số thấp gây ra hiện tượng rung lắc và pít tông không

được bôi trơn, nên sử dụng máy nén trục vít để vận hành sẽ khắc phục được tình trạng này.

Nghiên cứu này chỉ thay đổi tốc độ máy nén, nên áp dụng phương pháp thay đổi tốc độ máy nén kết hợp với thay đổi độ mở tiết lưu để đạt kết quả tốt hơn trong vận hành kho lạnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bortolini, M., Faccio, M., Galizia, F. G., Nedaei, M., & Pilati, F. (2019). Towards Optimum Energy Utilization by Using the Inverters for Industrial Production. In *Procedia Manufacturing*, Elsevier B.V, 712–720.
- Deng, Q., Zhongbin, Z., & Xinhao, H. (2021). Thermoeconomic and Environmental Analysis of an Inverter Cold Storage Unit Charged R448A. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 45.
- Hoàng, Đ. H. (2016). *Các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong hệ thống lạnh công nghiệp*. Bộ Công Thương.
- Hòa, L. X. (2007). *Giáo trình kỹ thuật lạnh*. Trường Đại học Sư phạm Thành phố Hồ Chí Minh.
- Lợi, N. Đ. (2010). *Tự động hóa hệ thống lạnh*. Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.
- Dũng, N.T., & Dũng, T. V. (2009). *Tự Động Điều khiển các quá trình nhiệt - lạnh*. Nhà xuất bản Đại học quốc gia TP HCM.
- Cuong, N. V., & Tân, N. H. (2018). *Giáo trình kỹ thuật sấy và bảo quản nông sản thực phẩm*. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
- Sakalli, Özgün, Hüsnü Kerpiççi, and Lütfullah Kuddusi. (2017). A Study on Optimizing the Energy Consumption of a Cold Storage Cabinet. *Applied Thermal Engineering*, 112, 424–30.
- Hiền, N. T.T., Thu, N. L. H., & Oanh, V. T. (2019). Xây dựng mô hình phân hồi trạng thái điều khiển động cơ không đồng bộ. *TNU Journal of Science and Technology*, 204(11), 47–51.
- Thuận, V. Đ., Thành, Đ. V., & Thịnh, P. V. (2018). Nghiên cứu giải pháp tiết kiệm năng lượng hệ thống lạnh và ứng dụng trong nhà máy bia. *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*, 181(05), 31-34
- Wu, Dongxia et al. (2018). Experimental Study of Temperature Characteristic and Energy Consumption of a Large-Scale Cold Storage with Buried Pipe Cooling. *Applied Thermal Engineering*, 140, 51–61.