

NGHIÊN CỨU TIẾT KIỂM NĂNG LƯỢNG CHO MÁY NÉN KHÍ TRỤC VÍT RESEACH ON ENERGY SAVING FOR SCREW AIR COMPRESSORS

NGÔ NGỌC LÂN, TRẦN VĂN THẮNG*

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: tranvanthang@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Một hệ thống khí nén có thể bao gồm một máy nén duy nhất hoặc nhiều máy nén hoạt động cùng nhau. Máy nén cũng có thể là loại truyền động tốc độ cố định (FSD) hoặc tốc độ thay đổi (VSD). Năng lượng dùng cho thống khí nén thường chiếm từ 10% tới 30% tổng năng lượng tiêu thụ một nhà máy [1]. Do vậy, một giải pháp tiết kiệm năng lượng cho hệ thống khí nén góp phần cải thiện đáng kể đến hiệu quả năng lượng của cả hệ thống sản xuất.

Bài báo đề xuất một giải pháp tiết kiệm năng lượng tương đối hiệu quả đó là lắp đặt thêm biến tần cho các máy nén trục vít tốc độ cố định, hiện đang được sử dụng rất phổ biến trong các nhà máy.

Từ khóa: Máy nén trục vít, biến tần, hệ thống điều khiển máy nén, tiết kiệm năng lượng.

Abstract

A compressed air system can consist of a single compressor or multiple compressors working together. Compressors can also be either fixed speed (FSD) or variable speed (VSD) drive types. The energy used for compressed air systems typically accounts for 10% to 30% of the total energy consumption of a plant [1]. Therefore, an energy-saving solution for an air compressed system contributes to a significant improvement in the energy efficiency of the entire production system.

The article proposes a relatively effective energy-saving solution that is to install inverters for fixed-speed-drive screw compressors, which are currently being used very commonly in factories.

Keywords: Screw compressor, inverter, compressor control system, energy saving.

1. Đặt vấn đề

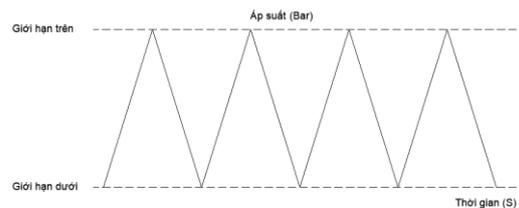
Hệ thống máy nén khí bao gồm một hoặc nhiều máy nén khí hoạt động cùng nhau, các hệ thống đường

ống, bình chứa và các thiết bị khác để cung cấp khí nén tới các thiết bị, dụng cụ.

Máy nén khí là một thiết bị quan trọng nhất của hệ thống khí nén. Nó thường tiêu thụ một lượng điện năng từ 10% tới 30% tổng năng lượng điện tiêu thụ của một nhà máy [1]. Máy nén khí được sử dụng trong công nghiệp chủ yếu là máy nén thể tích, thường gặp hơn cả là máy nén kiểu piston và trục vít.

Máy nén trục vít được sử dụng phổ biến trong các hệ thống khí nén công nghiệp do có lưu lượng lớn, áp suất khoảng 7-8 (Bar). Nó cũng êm hơn, ít rung động hơn và có hiệu suất cao hơn so với máy nén piston. Do vậy, máy nén khí trục vít được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu của nhóm tác giả và sau đây được gọi ngắn gọn là “máy nén khí”.

Chi phí điện năng chiếm khoảng 80% tổng chi phí vòng đời của một máy nén khí [2]. Máy nén khí truyền thống thường được dẫn động bởi động cơ điện không đồng bộ có tốc độ không đổi, áp suất của không khí trong bình chứa đóng vai trò là thông số điều khiển của hệ thống. Áp suất này được giữ sao cho nó chỉ dao động trong một phạm vi nhất định. Thường có hai cách để kiểm soát áp suất.



Hình 1. Sự thay đổi của áp suất trong bình chứa

Cách thứ nhất là khởi động và dừng động cơ liên tục. Khi áp suất không khí thấp hơn hoặc bằng với giới hạn dưới, máy nén sẽ hoạt động cho đến khi áp suất tăng lên tới giới hạn trên thì dừng lại. Áp suất giảm dần do rò lọt hoặc do khí nén được tiêu thụ chạm tới giới hạn dưới, máy nén sẽ hoạt động trở lại. Sự thay đổi áp suất được thể hiện trên Hình 1. Phương pháp này đơn giản và chi phí thấp, nhưng nó chỉ phù hợp với các động cơ công suất nhỏ bởi vì động cơ sẽ được khởi động và dừng liên tục.

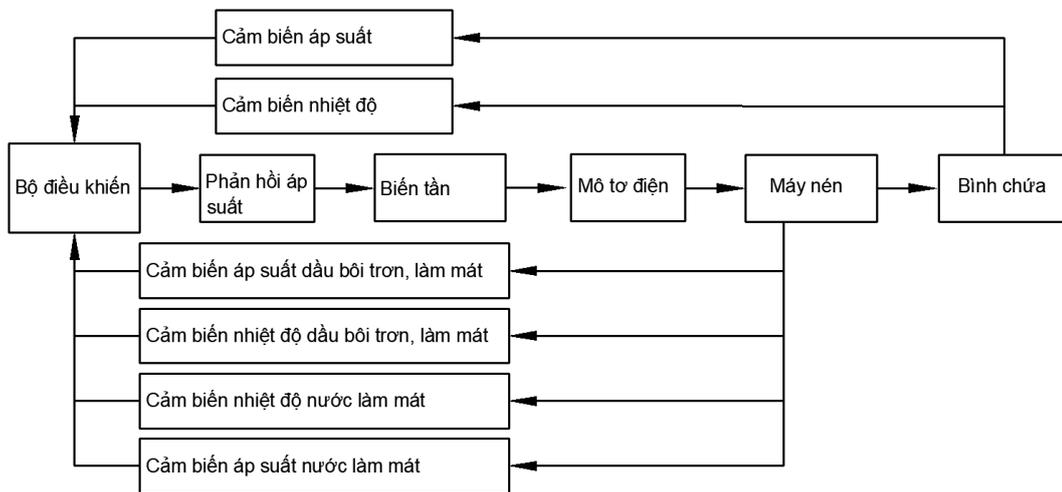
Cách thứ hai là sử dụng một van khống chế áp suất không khí trong bình chứa. Khi áp suất tăng đến giới

hạn trên, van này sẽ điều khiển để đóng van hút của máy nén khí. Khi đó máy nén vẫn được lai bởi động cơ với tốc độ không đổi nhưng không cấp khí nén, do đó áp suất không khí sẽ không tăng thêm. Khi áp suất giảm tới giới hạn dưới, van hút sẽ mở trở lại và máy nén lại cấp khí nên áp suất không khí sẽ tăng trở lại.

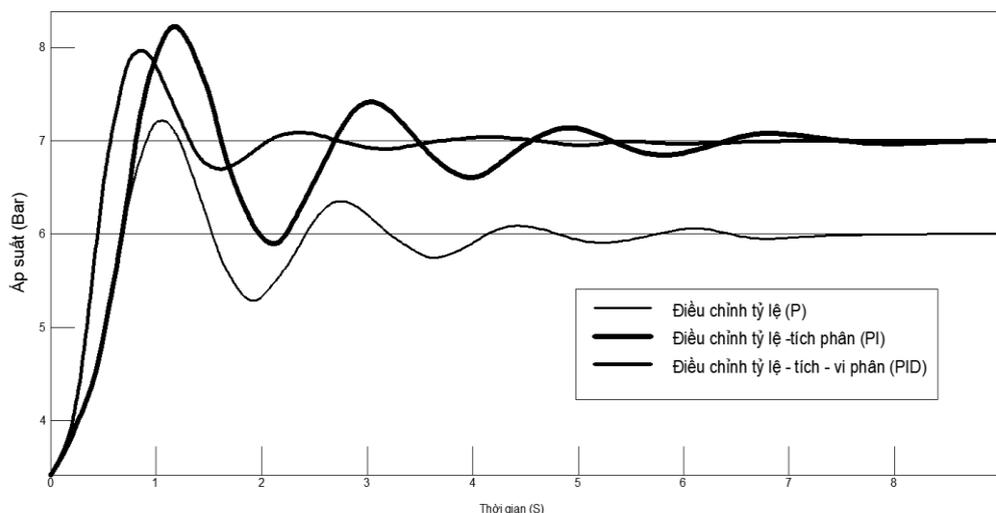
Áp suất không khí thay đổi giống như áp suất của phương pháp đầu tiên; trong trường hợp này động cơ chạy liên tục, phương pháp này được sử dụng cho các động cơ có công suất cỡ vừa và lớn. Đây cũng chính là phương pháp được sử dụng rộng rãi trong tất cả các nhà máy để kiểm soát áp suất khí nén.

Hai phương pháp điều khiển truyền thống trên mặc dù đã đáp ứng được vấn đề điều khiển áp suất trong hệ thống nhưng cũng bộc lộ một số nhược điểm như sau:

- (1) Áp suất không khí trong hệ thống luôn dao động lớn giữa giới hạn trên và dưới;
- (2) Trong quá trình chạy có tải và không tải dòng điện cũng bị dao động liên tục giữa hai giới hạn;
- (3) Việc chạy có tải và không tải liên tục của máy nén khí gây ra dao động điện áp của nguồn điện chung, điều này đặc biệt nghiêm trọng với các máy nén có công suất lớn;
- (4) Máy nén luôn quay với tốc độ tối đa, dẫn đến tăng mài mòn cơ khí, tăng nhiệt độ của các chi tiết và dầu máy nén đồng nghĩa với việc làm giảm tuổi thọ của dầu cũng như của toàn bộ máy nén;
- (5) Máy nén khí chạy với tốc độ cao cộng với sự hoạt động liên tục van áp suất gây tiếng ồn lớn;
- (6) Động cơ truyền động của máy nén khí hoạt



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý điều khiển tốc độ máy nén khí dùng biến tần



Hình 3. Điều chỉnh áp suất sử dụng bộ điều chỉnh PID

động không hiệu quả, tiêu tốn năng lượng dẫn đến hệ số sử dụng công suất thấp.

Vì vậy, cần phải thay đổi phương pháp điều khiển cho các máy nén truyền thống để tiết kiệm năng lượng, ít gây ô nhiễm tiếng ồn cũng như hoạt động tin cậy hơn. Sử dụng bộ điều chỉnh PID để giữ cho áp suất không đổi bằng phương pháp VFD được tích hợp sẵn trên các bộ biến tần chuyên dụng đã chứng minh rằng có thể tiết kiệm tới 40% năng lượng điện tiêu thụ [6].

2. Sử dụng biến tần để điều khiển mô tơ lái máy nén khí trực vít

Với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ điện tử công suất, các inverter được sử dụng rộng rãi để điều chỉnh tốc độ động cơ điện xoay chiều. Trong dự án này, nhóm tác giả đã sử dụng inverter để điều khiển mô tơ điện lái máy nén khí nhằm mục đích duy trì áp suất đầu ra của máy nén luôn không đổi ở các chế độ tải.

Để kiểm soát áp suất không khí trong khi động cơ chạy liên tục, tốc độ quay của động cơ phải được điều chỉnh. Tuy nhiên, động cơ không thể tự thay đổi tốc độ quay khi các thông số của lưới điện là cố định (điện áp, tần số). Phương pháp hiệu quả là sử dụng biến tần để điều chỉnh tần số của nguồn cấp tới động cơ. Sơ đồ hệ thống được thể hiện trên Hình 2.

Tín hiệu phản hồi áp suất được so sánh với giá trị đặt tại biến tần, độ lệch của 2 giá trị này là tín hiệu vào của bộ điều chỉnh PID để điều chỉnh tần số của nguồn xoay chiều cấp tới động cơ không đồng bộ lái máy nén. Động cơ sẽ thay đổi tốc độ một cách tương ứng để đạt được giá trị áp suất đặt [4]. Áp suất khí nén trong bình

chứa được điều khiển bởi bộ điều chỉnh PID được biểu thị trên Hình 3.

3. Thực nghiệm

3.1. Đối tượng

Đối tượng được lựa chọn là hệ thống khí nén của Nhà máy sản xuất nội thất - Công ty Cổ phần Đại Hải Thành tại Khu Công nghiệp Trường Sơn, An Lão, Hải Phòng.

Hệ thống khí nén được trang bị 2 máy nén khí trực vít:

*. *Máy nén khí hiệu Kobelco*

- Công suất 11kW, điện áp 400V, tần số 50-60 (Hz), tốc độ 2800v/p;

- Năm sản xuất: 2000; khởi động Y/Δ;

- Áp suất không khí nén 6-7 (Bar);

- Làm mát bằng không khí bởi 1 quạt gắn đồng trục với động cơ chính;

- Chế độ hoạt động: là máy nén dự phòng, chỉ hoạt động khi máy nén chính bị sự cố hoặc bảo dưỡng. Khi sử dụng riêng máy nén này có khả năng cung cấp 2/3 nhu cầu khí nén của toàn bộ nhà máy.

*. *Máy nén Mitsuseiki*

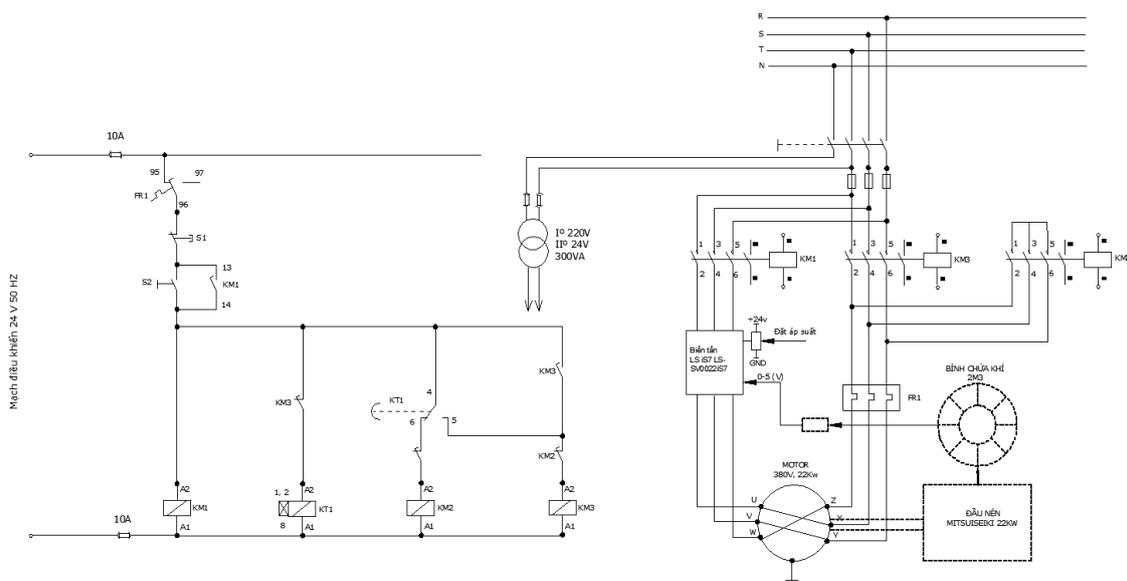
- Công suất 22kW, điện áp 400V, tần số 50-60 (Hz), tốc độ 2800v/p;

- Năm sản xuất: 2005; khởi động Y/Δ;

- Áp suất không khí nén 6-7 (Bar);

- Làm mát bằng không khí bởi 1 quạt độc lập công suất 2,2kW, 400V;

- Có bộ làm khô khí nén bằng máy sấy lạnh công suất 0,75kW, 220V;



Hình 4. Sơ đồ lắp đặt biến tần cho máy nén khí Mitsuseiki 22kW

- Chế độ hoạt động: là máy nén chính cấp khí nén cho toàn bộ nhà máy. Số giờ làm việc 9-12 giờ/ngày; 26 ngày/tháng.

*. Các thiết bị khác

Hệ thống trang bị 1 bình chứa có dung tích 2m³, áp suất làm việc 6-7 (Bar), áp suất thử thủy lực 14bar. Hệ thống đường ống khí nén và các cụm đầu nối nhanh bố trí đến tất cả các vị trí làm việc của 2 phân xưởng có diện tích khoảng 4000m².

3.2. Yêu cầu của nhà máy

- Toàn bộ công việc lắp đặt, hoán cải phải hoàn thành trong 1 ngày (Chủ Nhật);

- Khi hệ thống điều khiển mới bị sự cố, thời gian cho phép chuyển về điều khiển truyền thống phải nhỏ hơn 30 phút và được thực hiện bởi nhân viên bảo trì của nhà máy;

- Thời gian thu hồi vốn đầu tư hoán cải phải ngắn hơn 1 năm;

- Hệ thống hoạt động tin cậy, không cần thêm bất kỳ một sự chăm sóc đặc biệt nào, ít nhất là bằng với tình trạng trước khi hoán cải.

3.3. Tính toán lựa chọn thiết bị

Với bài toán đặt ra như trên, nhóm tác giả sau rất nhiều tính toán và tham khảo đã đưa ra sơ đồ điều khiển máy nén trực vít Mitsuseiki trên Hình 4. Toàn bộ hệ thống động lực của máy nén được giữ nguyên, Hệ thống điều khiển được hoán cải phù hợp. Hai thiết bị chính được lựa chọn để lắp thêm là: Biến tần IS7 LS SV0022iS7-4NO và Cảm biến áp suất dạng số của hãng Omron ISEA30A-01-C

3.4. Cài đặt biến tần LS iS7 chạy PID

Các bước cài đặt biến tần được thực hiện theo hướng dẫn của hãng [7, 8]. Khi cài đặt cần chú ý một số điểm sau:

- Hàm APP21: Chọn “1-(V1)” chọn tín hiệu hồi tiếp từ cảm biến (reference) bằng tín hiệu analog 0-10 (VDC);

- Để tránh động cơ bị nóng hàm APP-30 (tần số tối thiểu) đặt bằng 30Hz;

- Cài đặt thêm chức năng Sleep/ wake-up trong biến tần IS7 khi chạy PID bằng các hàm APP-38, APP-39.

3.5. Kết quả thực nghiệm

Các số liệu trên được đo đạc dựa trên các thông số thực tế của động cơ ở cùng một điều kiện tải trước và sau khi lắp biến tần được liệt kê trong Bảng 1. Trong phần lớn thời gian, động cơ chạy ở tần số 38Hz đã có thể đáp ứng được toàn bộ nhu cầu sử dụng khí của nhà máy.

Bảng 1. Số liệu thực nghiệm

	Điện áp (V)	Dòng điện (A)	Tần số (Hz)	Tốc độ (v/p)	Công suất (kW)
Chưa lắp biến tần	400	32	50	2800	37.56
Có biến tần	300	28	37.49	2216	21.31

Từ Bảng 1, có thể chỉ ra rằng:

- Hệ số giảm của dòng tiêu thụ (I) là:

$$I = \frac{I_1 - I_2}{I_1} 100\% = \frac{32 - 28}{32} 100\% = 12.5\% \quad (1)$$

- Hệ số giảm của điện áp (V) là:

$$V = \frac{V_1 - V_2}{V_1} 100\% = \frac{400 - 300}{400} 100\% = 25\% \quad (2)$$

- Hệ số giảm của Tốc độ (S) là:

$$S = \frac{S_1 - S_2}{S_1} 100\% = \frac{2800 - 2216}{2800} 100\% = 20\%. \quad (3)$$

- Hệ số tiết kiệm năng lượng (η) là:

$$\eta = \frac{P_1 - P_2}{P_1} 100\% = \frac{37.56 - 21.31}{400} 100\% = 43.26\% \quad (4)$$

Rõ ràng rằng hệ thống mới đã chứng tỏ tiết kiệm năng lượng. Ngoài ra nó còn có những ưu điểm khác:

(1) Giảm đáng kể tiếng ồn, thực hiện khởi động và dừng mềm, tránh dòng xung kích cho lưới điện khi máy nén khí khởi động;

(2) Do tốc độ giảm tới 20% nên nhiệt độ của dầu nhờn cũng giảm theo từ 85°C-90°C xuống còn 75°C - 80°C, thời gian thay dầu định kỳ tăng gấp rưỡi từ 1000 giờ lên 1500 giờ;

(3) Áp suất của hệ thống được duy trì gần như không đổi, sai lệch nhỏ hơn 0,05Bar;

(4) Mức độ tự động hóa cao và khắc phục nhược điểm của phương pháp điều chỉnh truyền thống.

4. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu một giải pháp tiết kiệm năng lượng cho máy nén trực vít bằng cách trang bị thêm biến tần cho các máy nén có tốc độ cố định hiện đang được sử dụng rất phổ biến trong các nhà máy. Nhóm

tác giả xin chân thành cảm ơn Ban Giám đốc Công ty Cổ phần Đại Hải Thành đã cùng đồng hành với nhóm tác giả. Hệ thống đã được lắp đặt và đưa vào sử dụng từ tháng 2 năm 2022 cho đến nay. Kết quả thu được rất khả quan và đã đáp ứng được tất cả các yêu cầu của nhà máy. Đặc biệt, hàng tháng công ty đã tiết kiệm được hơn 4000kW.h góp phần rút ngắn thời gian hoàn vốn xuống chỉ còn khoảng 4 tháng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số **DT22-23.27**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ngô Ngọc Lân (2021), *Phân tích hiệu quả năng lượng của hệ thống khí nén*, Nội san Khoa học Công nghệ Khoa Máy tàu biển 20/11/2021
- [2] Ngô Ngọc Lân, *Một giải pháp tiết kiệm năng lượng cho các máy nén khí trục vít*, Nội san Khoa học Công nghệ Khoa Máy tàu biển 01/4/2022
- [3] U.S. Department of Energy, *Energy Efficiency and Renewable Energy, a sourcebook for industry*, Improving Compressed Air System Performance.
- [4] Hoàng Văn Thủy, Trần Văn Thắng, Nguyễn Sỹ Tài (2016), *Hệ thống tự động tàu thủy*, NXB Hàng hải.
- [5] Smaeil Mousavi, Sami Kara*, Bernard Kornfeld (2014), *Energy Efficiency of Compressed Air Systems*, 21st CIRP Conference on Life Cycle Engineering.
- [6] D Venkata Ramana et al (2017). Application of VFDs for improving the energy efficiency of industrial grade air compressor, International Journal of Engineering and Technology (IJET).
- [7] LS Sv-IS7 user manual, https://www.vmc.es/es/system/files/archivos/mn_is7_eng.pdf
- [8] Digital Pressure Switch Operation Manual ZSE30A(F)/ISE30A, <https://www.smcworld.com/assets/manual/en-jp/files/ZISE30A.eng.pdf>

Ngày nhận bài:	24/02/2023
Ngày nhận bản sửa:	10/03/2023
Ngày duyệt đăng:	20/03/2023