



# ĐIỀU KHIỂN BẰNG BỘ BIẾN TẦN CHO CÁC HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG ĐIỆN NĂNG VÀ TỐI ƯU HÓA CÁC DÂY CHUYỀN CÔNG NGHỆ TRONG CÁC MỎ THAN HẦM LÒ

Phạm Trung Sơn<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Đình Tiến<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, 298 Cầu Diễn, Hà Nội, Việt Nam

## THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 11/10/2024

Ngày nhận bài sửa: 20/12/2024

Ngày chấp nhận đăng: 05/01/2025

\*Tác giả liên hệ:

Email: phamtrungson@humg.edu.vn

## TÓM TẮT

Việc thay thế các hệ thống truyền động điện không được điều chỉnh bằng hệ truyền động có thể điều chỉnh ở nhiều khâu công nghệ khác nhau có thể giảm đáng kể mức tiêu thụ năng lượng, tăng tuổi thọ cho các cơ cấu cơ khí trong hệ truyền động và cải thiện chất lượng các chỉ tiêu kỹ thuật của máy móc thiết bị sử dụng trong các dây chuyền công nghệ được quy định trong quy chuẩn khai thác mỏ. Bài báo đưa ra cơ sở khoa học cho việc cần thiết phải áp dụng bộ biến tần trong các hệ truyền động của máy móc thiết bị sử dụng trong các dây chuyền công nghệ của mỏ hầm lò nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng góp phần giảm phát thải khí nhà kính và bảo vệ môi trường, mang lại hiệu quả thiết thực cho sản xuất ngành Than.

**Từ khóa:** Bộ biến tần; Sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả; Mạng cung cấp điện mỏ hầm

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc tiêu thụ năng lượng điện trong các xí nghiệp mỏ đang tăng lên hàng năm. Tuy nhiên, nguồn năng lượng hóa thạch đang chiếm tỷ lệ cao, để cung cấp năng lượng điện lại là các nguồn năng lượng không tái tạo (khí tự nhiên, dầu, than...), trữ lượng của chúng là có hạn. Ngoài ra, nguồn năng lượng này còn tạo ra các vấn đề gây nhiều bức xúc như phát thải các chất có hại vào khí quyển, ô nhiễm môi trường... Các nghiên cứu trong lĩnh vực tạo thêm nguồn năng lượng mới đang được tiến hành tích cực, nhưng tỷ lệ năng lượng được tạo ra theo cách này là rất nhỏ. Theo các chuyên gia châu Âu, chi phí điện năng tiêu thụ hàng năm của một động cơ điện công suất trung bình cao hơn gần 5 lần, so với giá thành của chính nó. Rõ ràng là trong suốt thời gian sử dụng của động cơ (hàng chục năm), chi phí chi trả cho tiêu thụ điện cao hơn

nhiều lần so với chi phí vốn đầu tư. Do đó, việc sử dụng tối ưu năng lượng điện là đặc biệt quan trọng. Vì những lý do kể trên, vấn đề tiết kiệm năng lượng trở nên rất cấp thiết. Để giải quyết vấn đề này, ở các nước phát triển người ta đã xây dựng các chương trình hành động, luật, cơ quan quản lý, điều hành đặc biệt, được ban hành nhằm mục đích tiết kiệm năng lượng và sử dụng năng lượng hiệu quả [1].

Những kết quả nghiên cứu, phân tích cho thấy, có đến 90% tổn thất điện năng thuộc về hệ thống tiêu thụ điện và trong đó đối tượng tiêu thụ điện chính là các hệ thống truyền động điện (khoảng 70%) nên rõ ràng nó có tiềm năng tiết kiệm năng lượng rất lớn [2]. Nhóm động cơ sử dụng phổ biến nhất trong các hệ truyền động điện trong công nghiệp là động cơ không đồng bộ và phần lớn các hệ thống truyền động điện này không kiểm soát

được lượng điện năng tiêu thụ (chiếm khoảng 95%). Trong các mỏ hầm lò, nhóm động cơ công suất lớn, tiêu thụ nhiều điện năng phải kể đến là máy bơm nước, máy nén khí, quạt, trục tải... Việc thay thế hệ truyền động điện không được điều chỉnh bằng hệ truyền động có thể điều chỉnh trong các dây chuyền công nghệ mỏ cho phép tiết kiệm đáng kể lượng điện năng tiêu thụ, giảm tổn thất điện năng, tăng tuổi thọ của các cơ cấu cơ khí trong hệ truyền động và cải thiện chất lượng của tham số được quy định trong các Văn bản pháp quy [3].

Với tốc độ phát triển hiện nay của khoa học công nghệ và điện tử công suất, các công cụ giám sát, điều khiển logic khả trình cũng như các phương tiện điều khiển tự động cho phép áp dụng rộng rãi những thành tựu kỹ thuật này để giải quyết các vấn đề có liên quan đến tiết kiệm năng lượng. Việc sử dụng các phương pháp hiện đại để điều chỉnh tốc độ của máy công tác trong các dây chuyền công nghệ kết hợp với khả năng tự động hóa sâu có thể đảm bảo sử dụng tối ưu các nguồn năng lượng.

## 2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Cơ sở khoa học của việc sử dụng bộ điều khiển tần số

Mục đích nghiên cứu trình bày trong bài báo này nhằm chứng minh lợi ích của việc triển khai áp dụng bộ điều khiển tần số thay đổi (biến tần) để tối ưu hóa quy trình công nghệ trong hệ thống bơm, quạt gió, cũng như tính toán hiệu quả kinh tế của nó cho một hệ thống truyền động điện cụ thể.

Cơ sở của việc áp dụng bộ điều khiển tần số nhằm mang lại hiệu quả kinh tế, kỹ thuật cũng như an toàn được phân tích trên mô hình toán học về mối quan hệ phụ thuộc giữa công suất tiêu thụ và tốc độ động cơ. Năng lượng tiêu thụ trong quạt, bơm tuân theo các định luật tương quan (còn gọi là Định luật của Quạt hay Định luật của Bơm). Định luật tương quan về mối quan hệ giữa các thông số cơ bản của quạt, bơm thường được biểu diễn bằng các phương trình 1, 2 và 3 [5].

$$\frac{Q_a}{Q_b} = \frac{(n_a)}{(n_b)} \quad (1)$$

$$\frac{p_a}{p_b} = \frac{(n_a)^2}{(n_b)^2} \quad (2)$$

$$\frac{P_a}{P_b} = \frac{(n_a)^3}{(n_b)^3} \quad (3)$$

Trong đó:

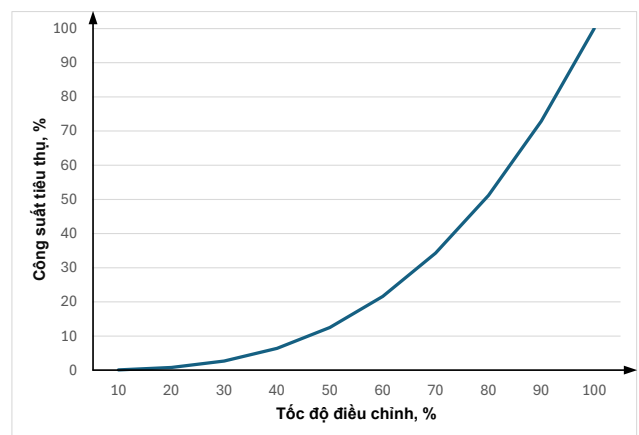
$Q$  – lưu lượng, m<sup>3</sup>/h;

$n$  – tốc độ quay của động cơ, vòng/phút;

$p$  – áp suất quạt, bơm, Pa;

$P$  – công suất điện tác dụng của động cơ, kW.

Rõ ràng, lưu lượng của quạt hay bơm tỷ lệ thuận với tốc độ của nó. Để tạo ra 50% lưu lượng tối đa, quạt phải chạy ở 50% tốc độ tối đa. Do công suất tỷ lệ thuận với lũy thừa bậc ba của tốc độ, nên quạt chỉ cần 12,5% công suất định mức ( $0,5 \times 0,5 \times 0,5 = 0,125\%$  hoặc 12,5%) tại thời điểm vận hành này. Do đó, giảm 50% lưu lượng sẽ dẫn đến giảm 87,5% năng lượng tiêu thụ đầu vào. Một thay đổi nhỏ về tốc độ động cơ có thể gây ra sự thay đổi đáng kể về mức tiêu thụ năng lượng như thể hiện trong Hình 1. Và đây là cơ sở chính để đưa biến tần vào trong các chu trình công nghệ sản xuất.



**Hình 1. Mối quan hệ giữa tốc độ của động cơ và công suất tiêu thụ ở hệ đơn vị tương đối**

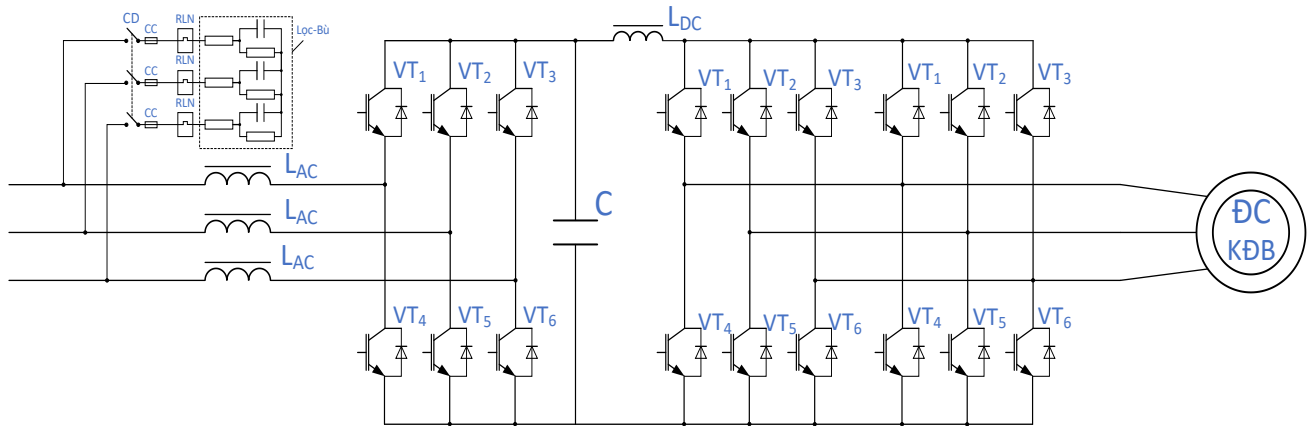
Về bản chất, biến tần đưa vào áp dụng nhằm thay đổi tốc độ của động cơ bằng cách thay đổi tần số và biên độ của điện áp nguồn. Tùy thuộc vào cấu tạo của bộ phận nguồn, biến tần được chia thành hai loại: Biến tần không có kết nối nguồn một chiều (DC) trung gian và bộ biến tần có kết nối DC trung gian [4]. Hiện nay biến tần có kết nối DC trung gian là phổ biến nhất. Bộ biến tần loại này có thể có các loại: Biến tần tự điều chỉnh dòng điện và bộ biến tần điều chỉnh điện áp tự động.

Bộ biến tần điều chỉnh điện áp tự động sử dụng bộ chỉnh lưu cầu ba pha, sử dụng Thyristor hoặc Transistor có cực điều khiển cách ly IGBT (insulated-gate bipolar transistor). Bộ lọc điện áp sử dụng tụ điện, được thiết kế để làm phẳng các gợn sóng điện áp chỉnh lưu. Bộ chỉnh lưu và bộ lọc



tạo thành liên kết DC. Trên Hình 2 đưa ra sơ đồ minh họa của một bộ biến tần điện áp tự động điển hình, các phần tử chính lưu, bộ biến đổi được chế tạo trên các bóng bán dẫn IGBT từ VT1-VT6,

chuyển đổi điện áp từ xoay chiều thành một chiều và ngược lại một chiều thành điện áp xoay chiều với tần số và biên độ có thể điều chỉnh bằng cách sử dụng điều chế độ rộng xung.



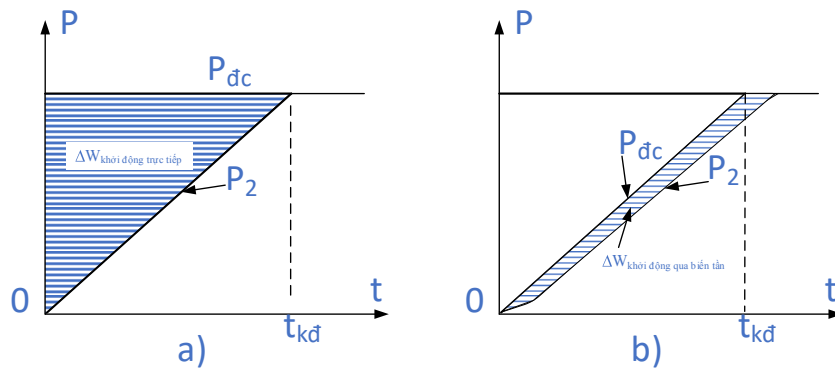
Hình 2. Sơ đồ nối dây mạch lực đơn giản của biến tần

Việc sử dụng bóng bán dẫn IGBT có nhiều ưu điểm, như: Điện áp và dòng điện vận hành cho phép cao; năng lượng dành cho việc điều khiển thấp, tức là việc điều khiển được thực hiện cơ bản bằng điện áp chứ không phải bằng dòng điện, giống như một bóng bán dẫn lưỡng cực. Điều này giúp đơn giản hóa đáng kể các mạch điều khiển bóng bán dẫn. Nhược điểm của bóng bán dẫn IGBT là chúng đắt hơn bóng bán dẫn MOSFET, loại bóng bán dẫn cũng được sử dụng trong bộ biến tần. Các bóng bán dẫn MOSFET rất phù hợp để hoạt động ở tần số trên 20 kHz, điện áp cung cấp đến 500 V, bởi vì ở điện áp thấp, MOSFET có điện trở thấp hơn, trong khi IGBT hoạt động tốt ở tần số lên tới 20 kHz ở điện áp cung cấp từ 1000 V trở lên, phù hợp với các phụ tải công suất lớn sử dụng điện áp cao như trục tải, bơm nước và quạt gió tại các Xí nghiệp mỏ.

Có hai phương pháp điều khiển biến tần cho động cơ, đó là điều khiển vô hướng và điều khiển vec-tơ [4]. Trong điều khiển vô hướng, điện áp nguồn và tần số thay đổi theo định luật  $U_1/f_1^n = \text{const}$ . Điều khiển vô hướng được sử dụng khi không cần độ chính xác cao. Do đó, loại điều khiển này được sử dụng cho các hệ thống truyền động điện công nghiệp nói chung: máy bơm nước, quạt, máy nén khí. Việc thực hiện điều khiển vec-tơ có chi phí cao hơn và với sự hỗ trợ của nó, có thể đạt được chất lượng cao và phạm vi điều khiển lớn.

Biến tần với điều khiển vô hướng có thể điều khiển một động cơ điện hoặc một số hệ truyền động điện vận hành ở chế độ kết nối với nhau. Trong trường hợp này, việc cài đặt bộ chỉnh lưu kết hợp với hệ thống điều khiển tự động cho phép mở rộng chức năng điều khiển, tăng độ tin cậy của hệ thống và tạo điều kiện thuận lợi cho việc quản lý.

Sử dụng biến tần cho phép tiết kiệm năng lượng [4]. Sự khác biệt cơ bản so với truyền động không được điều chỉnh có thể giải thích trên hệ phương trình toán học đã phân tích phía trên (công thức 1-3). Ở bất kỳ thời điểm vận hành nào, nguồn điện năng cung cấp cho hệ thống truyền động chỉ ở mức cần thiết để thực hiện đúng yêu cầu của công nghệ. Đồng thời, tổn thất năng lượng ở mức tối thiểu không chỉ trong hệ truyền động điện mà còn trong tổ hợp của dây chuyền công nghệ (không tạo ra áp suất quá mức trong hệ thống bơm, ép, quạt). Biến tần cung cấp khả năng điều khiển tốc độ mượt mà và tiết kiệm trên phạm vi rộng (ở cùng tải và bất kỳ tốc độ nào, tổn thất trong động cơ điện là không đổi), hệ số công suất cao và ổn định, giúp giảm tổng mức tiêu thụ công suất từ mạng, đặc biệt đối với động cơ được chọn không chính xác, tức là động cơ được lựa chọn có công suất lớn, hoạt động với hệ số mang tải thấp, có hiệu suất và hệ số công suất thấp (Hình 3).



**Hình. 3. Tổn thất điện năng khi khởi động trực tiếp (a) và qua biến tần (b)**

Theo kết quả nghiên cứu thực tế của các nhà khoa học [6] cho thấy khả năng tiết kiệm năng lượng từ việc giảm tốc độ (Bảng 1), thông qua việc sử dụng hệ truyền động biến tần trong động cơ công nghiệp. Những dữ liệu này có thể được sử dụng để ước tính khả năng tiết kiệm năng lượng của động cơ thông qua việc sử dụng bộ truyền động tốc độ thay đổi.

**Bảng 1. Tiềm năng tiết kiệm năng lượng do áp dụng biến tần vào điều khiển tốc độ quạt và bơm [6].**

Tỷ lệ giảm tốc độ, %	Tiềm năng tiết kiệm năng lượng, %
10	22
20	44
30	61
40	73
50	83
60	90

Ưu điểm của biến tần khi thực hiện khởi động và hãm động cơ là êm ái theo các thông số được lập trình trước. Khi vận hành không có biến tần, dòng khởi động của động cơ không đồng bộ vượt quá dòng định mức 5-7 lần và mô-men khởi động cũng vượt quá đáng kể so với định mức. Dòng khởi động cao gây phát nhiệt lớn, làm già hóa cách điện của các cuộn dây stator, có thể dẫn đến sự cố nặng nề. Với các động cơ công suất lớn sẽ gây sụt áp khi khởi động; dòng khởi động lớn làm phát sinh tia lửa và hồ quang, gia nhiệt bề mặt tiếp điểm làm tăng quá trình ô-xy hóa bề mặt tiếp xúc làm giảm hiệu quả truyền dẫn điện và là nguyên nhân gây ra sự cố trầm trọng hơn. Mô men khởi động của động cơ lớn có thể dẫn đến sốc thủy lực, giạt cục cơ cấu

cơ khí, đứt dây đai truyền động... Đây là những lý do chính mà khi sử dụng biến tần có thể tránh được. Động cơ dừng nhẹ nhàng cho phép tránh được hiện tượng điện áp mạng "tăng vọt", làm hư hỏng các phụ tải được đấu nối vào mạng này, tránh hiện tượng xâm thực và búa nước trong hệ thống bơm có áp suất thủy tĩnh cao, mang lại sự giảm tốc êm ái trong quá trình đóng van một chiều. Do đó, với sự trợ giúp của biến tần, không chỉ đạt được tiết kiệm năng lượng mà còn cải thiện chất lượng của công nghệ và tăng tuổi thọ của thiết bị.

Tuy nhiên, khi sử dụng biến tần cũng có một vài nhược điểm như: Mạng cấp điện bị nhiễu sóng hài, quá điện áp trong cuộn dây stator và các quá trình chuyển tiếp sóng trong hệ thống biến tần-động cơ không đồng bộ. Những vấn đề này được khắc phục bằng cách lắp đặt các bộ lọc và tăng khả năng cách điện của cuộn dây. Và nếu mạng phân phối hạ áp được trang bị bộ bù công suất phản kháng thì có khả năng xảy ra hiện tượng cộng hưởng ở tốc độ thấp, do điều kiện làm mát động cơ kém đi nên cần lắp thêm quạt làm mát để hỗ trợ.

Tại các xí nghiệp khai thác mỏ, tiết kiệm năng lượng trong hệ thống máy bơm, quạt và máy nén khí là vấn đề cấp bách vì hai lý do: Thứ nhất, theo các nghiên cứu, 72% điện năng được tiêu thụ bởi động cơ điện và 63% giá trị này được sử dụng trong truyền động điện của máy bơm, quạt và máy nén [6]; Thứ hai, do bơm ly tâm và quạt ly tâm có đặc tính cơ học bậc hai, tốc độ quay tăng lên tỷ lệ thuận với bình phương mômen tải tác dụng lên trục động cơ [5,6]. Vì vậy, công suất ở trục động cơ phụ thuộc bậc ba vào tốc độ quay như đã phân tích ở trên [5,6]. Do đó, ngay cả việc giảm tốc độ động cơ một chút cũng có thể tạo ra mức giảm công suất

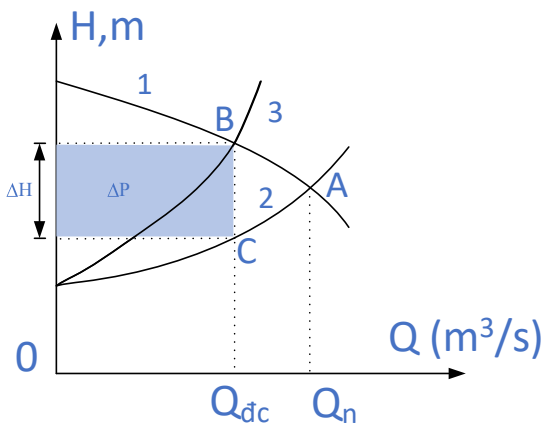


tiêu thụ đáng kể, do đó sử dụng biến tần cho máy bơm ly tâm và quạt... mang lại lợi ích tiết kiệm năng lượng cao.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

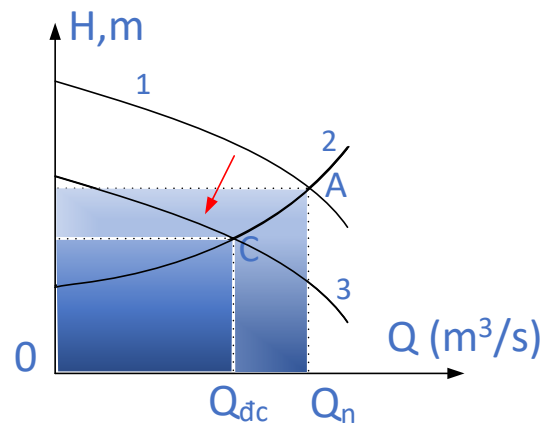
**Về kỹ thuật.** Tại các trạm bơm thoát nước mỏ, lưu lượng bơm thực tế phụ thuộc vào mức nước và lưu lượng nước thoát ra từ các tầng địa chất dưới hầm mỏ. Lưu lượng bơm có thể được điều chỉnh bằng cách thay đổi tốc độ cánh quạt của bơm

hoặc sử dụng các van điều tiết lắp phía sau máy bơm mà không thay đổi tốc độ, hoặc bằng cách sử dụng đường vòng, kết nối máy bơm song song... Trong trường hợp điều tiết, khi tắt cả các van của mạng phân phối đều mở, đặc tính của mạng là đường cong 2 (Hình 4) và điểm A là điểm vận hành của mạng và máy bơm. Khi sử dụng tiết lưu, lực cản thủy lực của đường ống tăng lên, đặc tính của mạng 3 tăng mạnh hơn và điểm B là điểm vận hành của mạng và máy bơm.



**Hình 4. Điều chỉnh bằng tiết lưu**

- 1) đặc tính tự nhiên của mạng; 2) đặc tính tự nhiên của máy bơm; 3) đặc tính của mạng khi điều chỉnh van tiết lưu



**Hình 5. Điều chỉnh lưu lượng bơm khi sử dụng biến tần**

- 1) đặc tính tự nhiên của mạng; 2) đặc tính tự nhiên của bơm; 3) đặc tính của mạng ở tốc độ giảm

Để đảm bảo lưu lượng cung cấp  $Q_{đc}$  thì áp suất tương ứng với điểm C là đủ. Trên đồ thị, vùng tối là tổn thất năng lượng trên các van  $\Delta P$ , chúng phát sinh do áp suất dư thừa  $\Delta H$ . Áp suất quá mức có thể dẫn đến sốc thủy lực trong quá trình khởi động hệ thống và vỡ đường ống.

Trong trường hợp sử dụng biến tần, điểm C (Hình 5) đạt được bằng cách dịch chuyển đặc tính của bơm về gốc tọa độ, đồng thời giảm mức tiêu thụ điện tỷ lệ với tích của Q và H (diện tích của hình chữ nhật 2 nhỏ hơn diện tích của hình chữ nhật 1) và không có tổn thất trên các van.

**Về kinh tế.** Từ kết quả đánh giá thực tế bên trên, kết hợp kết quả đo lường, đánh giá phân tích

của các nhà khoa học như đã trình bày ở Bảng 1 có thể đánh giá được lợi ích kinh tế khi áp dụng cụ thể cho một hệ truyền động Quạt hoặc Bơm trong công nghiệp khai thác mỏ. Năng lượng tiết kiệm của động cơ thông qua sử dụng biến tần có thể được ước tính bằng:

$$\Delta W_{tk} = P_{đm} \cdot T_{max} \cdot S_{tk}, \text{ kW.h} \tag{4}$$

Chi phí tiết kiệm do tiết kiệm được lượng năng lượng tiêu thụ:

$$\Delta C_{tk} = \Delta W_{tk} \cdot c, \text{ đồng} \tag{5}$$

Kết quả đánh giá hiệu quả kinh tế áp dụng biến tần vào điều khiển tốc độ quạt công suất 30kW được trình bày chi tiết trong Bảng 2.



**Bảng 2. Tiềm năng tiết kiệm năng lượng do áp dụng biến tần vào điều khiển tốc độ quạt công suất 30kW**

Tỷ lệ giảm tốc độ; %	Tiềm năng tiết kiệm năng lượng; %	Công suất quạt; kW	Thời gian làm việc cực đại trong năm, Tmax; h	Đơn giá; đồng/kW.h	Số tiền tiết kiệm; đồng
10	22	30	5.000	2.830	93.390.000
20	44	30	5.000	2.830	186.780.000
30	61	30	5.000	2.830	258.945.000
40	73	30	5.000	2.830	309.885.000
50	83	30	5.000	2.830	352.335.000
60	90	30	5.000	2.830	382.050.000

Như vậy, khi áp dụng biến tần chỉ cần giảm tốc độ 10%, có thể tiết kiệm tới 33000 kW.h/năm, tương đương tiết kiệm 93,39 triệu đồng. Với đơn giá chi trả cho một biến tần phòng nổ 30 kW là 54,5 triệu đồng thì chỉ cần 0,58 năm là thu hồi được vốn. Trong nghiên cứu [7], hiệu quả của việc sử dụng biến tần trong điều kiện vận hành sản xuất thực tế của mỏ được chứng minh với thời gian hoàn vốn từ 6-12 tháng. Rõ ràng, việc đầu tư biến tần là rất hiệu quả, tối ưu toàn diện về cả kỹ thuật, an toàn, vận hành linh hoạt và kinh tế.

**Đánh giá chung**, việc sử dụng các hệ truyền động không đồng bộ có tần số thay đổi trong lắp đặt bơm và quạt, máy nén mang lại những ưu điểm sau [8]:

Tiết kiệm năng lượng tới 60%;

Tiết kiệm chi phí vận chuyển sản phẩm do giảm chi phí chung lên tới 25%;

Giảm tỷ lệ sự cố của mạng thủy lực hoặc khí nén bằng cách duy trì áp suất yêu cầu tối thiểu;

Giảm tỷ lệ sự cố của mạng lưới và giảm tỷ lệ sự cố của thiết bị điện bằng cách loại bỏ dòng điện khởi động gây sốc;

Giảm độ ồn do thiết bị công nghệ tạo ra;

Dễ dàng tự động hóa;

Thuận tiện và dễ thực hiện.

#### 4. KẾT LUẬN

➤ Việc thay thế các hệ thống truyền động điện không được điều chỉnh bằng hệ truyền động có thể điều chỉnh ở nhiều khâu công nghệ khác nhau có thể giảm đáng kể mức tiêu thụ năng lượng, tăng tuổi thọ của các cơ cấu cơ khí trong hệ truyền động và cải thiện chất lượng các chỉ tiêu kỹ thuật của máy móc thiết bị sử dụng trong các dây chuyền công nghệ được quy định trong quy chuẩn khai thác mỏ;

➤ Báo cáo đưa ra cơ sở khoa học cho việc cần thiết phải áp dụng bộ biến tần trong các hệ truyền động của máy móc thiết bị sử dụng trong các dây chuyền công nghệ của mỏ hầm lò nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng góp phần giảm phát thải khí nhà kính và bảo vệ môi trường, mang lại hiệu quả thiết thực cho sản xuất ngành Than. □

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <https://tietskiemnangluong.com.vn/tin-tuc/chinh-sach/t31272/5> - Những nội dung đề xuất sửa đổi Luật sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả;
- [2]. Trần Quang Khánh. Giáo trình tiết kiệm điện. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2022.
- [3]. Trần Quang Khánh. Vận hành hệ thống điện. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2009.
- [4]. Thân Ngọc Hoàn; Nguyễn Tiến Ban; Trương Mỹ; Nguyễn Hoàng Hải. Giáo trình hệ thống tự động điều khiển truyền động điện. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2022.
- [5]. Randall W. Whitesides, P.E. Basic Pump Parameters and the Affinity Laws. PDH Center, 2018
- [6]. R. Saidur a, \*, N.A. Rahim b, M. Hasanuzzaman. A review on compressed-air energy use and energy savings. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 1135–1153.



- [7]. Phạm Trung Sơn, Nguyễn Thị Bích Hậu, Nguyễn Đình Tiến. Đánh giá các giải pháp Công nghệ mới nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện ở các công ty khai thác mỏ. *Tạp chí Công nghiệp mỏ*, số 02.2021.
- [8]. Trung tâm hỗ trợ kỹ thuật an toàn công nghiệp. Báo cáo kiểm toán năng lượng Công ty cổ phần than Mông Dương – Vinacomin. *Quảng Ninh*, 2021.

---

## CONTROL BY FREQUENCY CONVERTER FOR ELECTRIC DRIVE SYSTEMS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF ELECTRICITY USE AND OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL LINES IN UNDERGROUND COAL MINES

Son Trung Pham<sup>1,\*</sup>, Tien Dinh Nguyen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Ha Noi, Vietnam

<sup>2</sup>Hanoi University of Industry, 298 Cau Dien, Hanoi, Vietnam

### ARTICLE INFOR

TYPE: Research Article

Received: 02/8/2024

Revised: 18/9/2024

Accepted: 20/9/2024

<sup>1,\*</sup> Corresponding author:

Email: phamtrungson@humg.edu.vn

---

### ABSTRACT

*Replacing unregulated electric drive systems with controlled drive systems in various types of technologies can significantly reduce energy consumption, increase the service life of mechanical mechanisms in the drive system and improve the quality of technical indicators of machinery and equipment used in technological lines as prescribed in the Mining Regulations. The report provides a scientific basis for the necessity of applying frequency converters in the transmission systems of machinery and equipment used in underground mine technological lines to improve the efficiency of electricity use, contributing to reducing greenhouse gas emissions and protecting the environment, bringing practical results to the production of the Coal industry.*

**Keywords:** *Frequency converters; Using energy economically and efficiently; Underground mine power supply network*

---

@ Vietnam Mining Science and Technology Association