

GIẢI PHÁP TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG ỨNG DỤNG BIẾN TẦN PHÒNG NỔ SỬ DỤNG CHO BĂNG TẢI THAN MỎ HÀM LÒ KHÔNG SỬ DỤNG CẢM BIẾN TẢI TRỌNG

ThS. Phạm Văn Hiếu – Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ- Vinacomin

Tóm tắt: Trên thế giới, biến tần ngày càng được áp dụng rộng rãi trong công nghiệp đã đóng vai trò quan trọng góp phần cải thiện công nghệ sản xuất, tiết kiệm năng lượng và nâng cao chất lượng sản phẩm. Hiện nay, khai thác hầm lò ngày càng xuống sâu, chi phí khai thác tăng cao, trong khi yêu cầu về an toàn, hiệu quả sản xuất ngày càng tăng lên. Tuy nhiên, việc áp dụng biến tần vào sản xuất của các mỏ than vẫn còn hạn chế do chưa thấy rõ hiệu quả của việc sử dụng biến tần. Những câu hỏi luôn được các mỏ đặt ra như: Áp dụng biến tần để làm gì? Áp dụng vào chỗ nào? Mang lại lợi ích gì? Tại sao lại tiết kiệm được năng lượng? Tiết kiệm được bao nhiêu?... Bài báo này sẽ phân nào giải thích những thắc mắc trên thông qua một số giải pháp ứng dụng biến tần để tiết kiệm năng lượng.

Từ khóa: Biến tần, động cơ, mômen, PLC, tốc độ, tải trọng, tần số.

1 Biến tần và nguyên lý hoạt động

Các động cơ điện chuyển đổi năng lượng điện thành cơ năng theo nguyên lý từ trường quay. Đặc điểm của động cơ điện là tốc độ quay cố định theo tần số cấp nguồn và có mômen cố định. Tuy nhiên ở hầu hết các lĩnh vực, nhu cầu về thay đổi tốc độ động cơ rất cần thiết và ngày càng nhiều. Do đó, tốc độ động cơ cố định không còn phù hợp.

Biến tần là thiết bị có thể điều khiển được tốc độ của nhiều loại động cơ như mô tơ điện, động cơ dây quấn hoặc động cơ không đồng bộ nên được sử dụng rộng rãi, nhằm: Điều khiển tốc độ quay của quạt để thay đổi luồng không khí trong các hệ thống điều hoà không khí cỡ lớn (cho các toà nhà); điều chỉnh luồng nước và hoá chất trong công nghiệp chế biến (bằng cách thay đổi tốc độ bơm);... Biến tần cũng được sử dụng trong các ngành công nghiệp có môi trường phức tạp và khó khăn hơn như: Xử lý nước và nước thải; chế biến giấy; đào đường hầm tuy-nen; khoan dầu và khai thác mỏ...

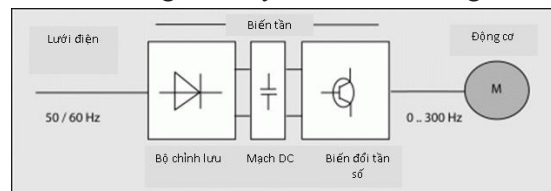
Nguyên lý hoạt động của biến tần: Tốc độ quay của động cơ được điều chỉnh bằng cách thay đổi tần số của nguồn điện cấp cho động cơ. Điện áp ba pha từ mạng lưới cấp vào động cơ tạo ra từ trường quay thông qua cuộn dây Stato trong động cơ. Rôto của động cơ quay theo từ trường quay

đó. Biến tần có nhiệm vụ chuyển tần số lưới điện thành điện áp có dải tần số 0-300 Hz hoặc cao hơn cấp cho động cơ để điều khiển tốc độ động cơ tỉ lệ với tần số. Các bộ phận chính của biến tần như hình 1, bao gồm:

- *Khối chỉnh lưu:* Biến tần được cấp nguồn từ lưới điện thông qua bộ chỉnh lưu. Bộ chỉnh lưu có thể đơn hướng hoặc hai hướng. Khi dùng đơn hướng, biến tần tăng tốc và chạy động cơ bằng cách lấy năng lượng từ lưới điện. Nếu chỉnh lưu hai hướng, biến tần có thể lấy năng lượng quay cơ khí từ động cơ, xử lý nó và gửi trả về lưới điện;

- *Khối mạch DC:* Mạch DC lưu giữ năng lượng điện từ bộ chỉnh lưu để cấp cho biến tần sử dụng. Trong hầu hết các biến tần, năng lượng này được lưu giữ bằng tụ điện công suất lớn;

- *Khối biến đổi tần số:* Khối có nhiệm vụ lấy năng lượng từ mạch DC và cấp cho động cơ. Biến tần sử dụng kỹ thuật điều chế để tạo ra điện áp ba pha xoay chiều cấp ra động cơ, có tần số thay đổi được theo nhu cầu sử dụng. Tần số điện áp cấp ra cao tức là động cơ chạy nhanh hơn và ngược lại.



Hình 1: Sơ đồ khối bên trong biến tần

2 Ưu điểm của biến tần

Biến tần cho phép người sử dụng thay đổi được tốc độ động cơ trên giải rộng, tạo ra rất nhiều lợi thế trong điều khiển tiến trình, giảm ứng suất hệ thống và tiết kiệm được năng lượng:

- *Điều chỉnh tốc độ, có nghĩa là:*

- + Vận hành trơn tru hơn;
- + Điều khiển gia tốc;
- + Vận hành ở các tốc độ khác nhau phù hợp với từng tiến trình;

+ Điều khiển bù theo những yêu cầu biến đổi của tiến trình;

+ Cho phép vận hành chậm lại để phục vụ cho công việc lắp đặt, hiệu chỉnh;

- + Thay đổi tốc độ sản xuất;
- + Cho phép định vị chính xác;
- + Điều khiển mômen, ứng suất.

- *Giảm ứng suất hệ thống, có nghĩa là:*

+ Giảm dòng khởi động, cho phép sử dụng cầu đấu nguồn và cầu chì nhỏ hơn, giảm hiện tượng tải tối đa cho mạng điện;

+ Giảm sốc cơ khí khi khởi động và dừng.

- *Tiết kiệm năng lượng:* Giúp các động cơ tiêu tốn ít năng lượng hơn so với chế độ chạy tốc độ cố định. Ứng dụng cho quạt và bơm có thể tiết kiệm 20-50% điện năng.

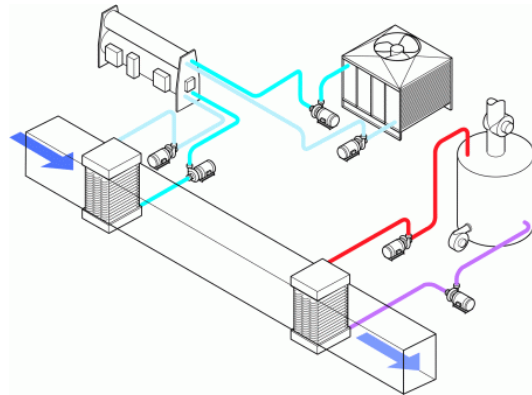
3 Một số ứng dụng điển hình của biến tần

3.1 Ứng dụng biến tần trong hệ thống HVAC tiết kiệm năng lượng

Thị phần lớn nhất trong tiêu thụ điện năng đó là hệ thống sưởi, thông gió và điều hoà không khí cho các toà nhà (Viết tắt là hệ thống HVAC). Ở châu Âu và Bắc Mỹ, tỷ lệ này là 40%. Với giá thành năng lượng ngày càng cao và liên quan đến lượng CO₂ đang ở ngưỡng cảnh báo toàn cầu thì điều cốt yếu là tiến tới sử dụng các thiết bị tiết kiệm năng lượng trong các hệ thống HVAC. Tiềm năng về tiết kiệm năng lượng là rất lớn. Nhân tố chính để bắt đầu tìm kiếm khả năng tiết kiệm đó là chi phí trong suốt thời gian hoạt động của hệ thống HVAC, nơi mà chi phí cho năng lượng chiếm tới 90%, chứ không phải là chi phí

đầu tư ban đầu của hệ thống.

Những thành phần chính của hệ thống HVAC gồm có quạt, bơm và máy nén (hình 2).



Hình 2: Các thành phần chính của hệ thống HVAC

3.1.1 Bơm và quạt

Sử dụng biến tần để điều khiển bơm và quạt, không sử dụng lá chắn, van tiết lưu, hay van on/off để điều khiển sẽ tiết kiệm năng lượng đáng kể nếu yêu cầu đầu ra thấp hơn định mức hoạt động của bơm và quạt trong suốt thời gian hoạt động của hệ thống.

Khi không áp dụng biến tần, động cơ bơm và quạt của hệ thống HVAC luôn hoạt động hết công suất và khi cần thay đổi yêu cầu đầu ra thì hệ thống điều chỉnh lá chắn gió để giảm lượng gió, điều chỉnh van để giảm lưu lượng nước, trong khi năng lượng điện tiêu tốn vẫn không giảm đi, thậm chí còn tăng lên. Với biến tần, nó điều khiển tốc độ bơm và quạt bằng cách thay đổi năng lượng cấp nguồn chứ không sử dụng vật cản gió hoặc cản luồng nước, cũng giống như giảm tốc độ ô tô bằng cách giảm ga chứ không dùng phanh, do đó sẽ tiết kiệm được xăng. Thời gian thu hồi vốn của một biến tần thường là một năm hoặc nhỏ hơn.

Những ưu điểm khác của biến tần ngoài tiết kiệm năng lượng khi điều khiển bơm và quạt:

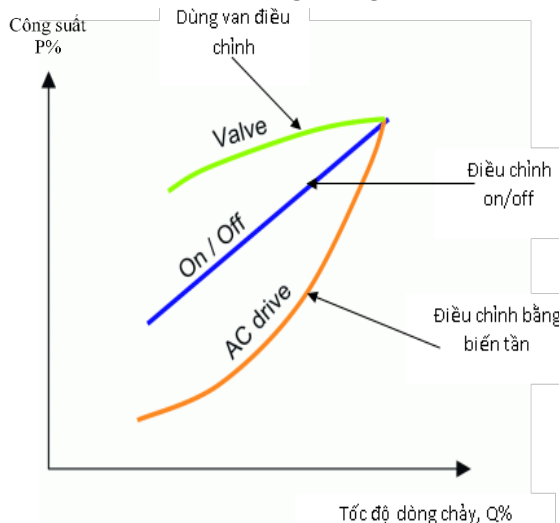
- Đường đặc tính điều khiển rất trơn tru, làm giảm ứng suất cho cơ cấu cơ khí của bơm và quạt, cho đường dẫn khí và nước;
- Giảm lưu lượng bằng cách giảm tốc độ

động cơ chứ không sử dụng lá chắn gió, van tiết lưu nên giảm được tiếng ồn đáng kể;

- Điều chỉnh, thay đổi hệ thống HVAC dễ dàng hơn nhiều nếu sử dụng biến tần.

3.1.2 Máy nén

Máy nén trong hệ thống HVAC thường sử dụng trong máy làm mát nước. Sử dụng biến tần cho máy nén có thể tiết kiệm đáng kể so với kiểu điều khiển on/off truyền thống. Khi không áp dụng biến tần thì hệ thống máy nén luôn hoạt động với công suất tối đa. Khi đạt đến nhiệt độ làm mát thì ngắt đi và lặp lại. Khi áp dụng biến tần, nó điều khiển tốc độ máy nén theo nhu cầu, do đó tiết kiệm được năng lượng.



Hình 3: Biểu đồ so sánh công suất tiêu tán năng lượng điện khi điều khiển bằng biến tần so với điều khiển bằng van tiết lưu và bằng điều khiển on/off

Những lợi ích khác ngoài tiết kiệm năng lượng:

- Giảm được số lần khởi động và dừng, do đó giảm được độ mài mòn của máy nén;
- Giảm ứng suất cho đường ống và các chuyển động cơ khí khi tăng tốc hoặc giảm tốc;
- Giảm độ ồn;
- Có thể sử dụng được máy nén tốc độ cao.

3.2 Ứng dụng biến tần điều khiển băng tải than để tiết kiệm năng lượng

Công tác vận chuyển than trong khai thác

hầm lò chủ yếu thông qua hệ thống các máng cào và băng tải. Hiện nay, đa số các mỏ than ở Việt nam không sử dụng biến tần cho băng tải. Các động cơ luôn chạy với tốc độ định mức không đổi trong khi thực tế lượng than ra không phải lúc nào cũng đều nhau, lúc băng đầy tải, lúc băng non tải và lúc băng không tải. Hiện tượng băng non tải (tùy mức độ nhiều hay ít) diễn ra là phổ biến.

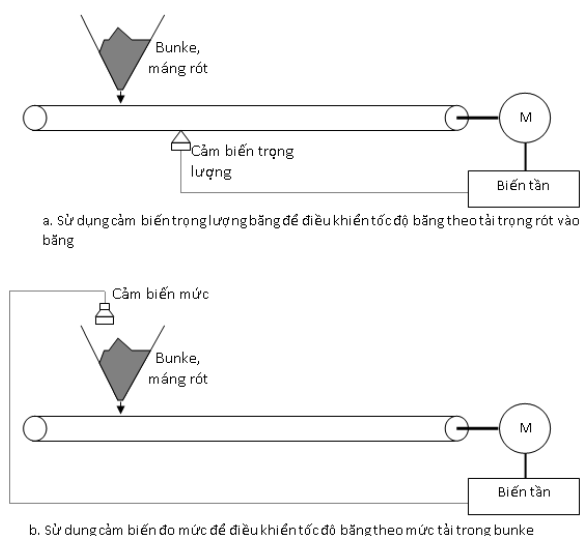
Bài toán đặt ra để giải quyết nhu cầu thực tế trong hoạt động vận chuyển than, đất đá bằng băng tải của quá trình khai thác mỏ là tốc độ và mômen của động cơ thay đổi được, phụ thuộc vào tải mà động cơ phải mang. Khi áp dụng biến tần, công suất mà biến tần phát ra sẽ phù hợp với công suất tải, do đó không bị lãng phí điện năng khi băng hoạt động với tải thấp. Đồng thời, băng tải vận hành hết sức mềm mại, tăng độ bền cơ học, kéo dài tuổi thọ cho dây băng.

Bảng 1. Công suất biến tần phụ thuộc tần số và điện áp

STT	Tần số - Điện áp	Công suất biến tần (%)
1	50 Hz - 380 V	100
2	40 Hz - 274 V	60
3	30 Hz - 228 V	40
4	20 Hz - 152 V	30
5	10 Hz - 76 V	15

Để giải quyết bài toán tiết kiệm năng lượng cho băng tải, mô hình điều khiển tốc độ băng tải theo tải thông dụng hiện nay là sử dụng cảm biến trọng lượng để đo tải trọng của sản phẩm trên tấm băng hoặc sử dụng cảm biến đo mức của bunke cấp liệu vào băng làm tín hiệu phản hồi về biến tần để thay đổi tốc độ băng (hình 4).

Tốc độ băng tải thường được chia thành các mức khác nhau theo tín hiệu phản hồi về, thường là 3, 4, 5 hoặc 6 mức. Kết quả mang lại là khả quan, tuy nhiên, việc tiết kiệm được còn phụ thuộc vào thực tế, tức là hiện tượng băng non tải hơn công suất định mức của động cơ xảy ra nhiều hay ít và thường xuyên hay không.



Hình 4: Một số mô hình điều khiển theo tải phổ biến để tiết kiệm năng lượng hiện nay

4 Giải pháp tiết kiệm năng lượng ứng dụng biến tần phòng nổ sử dụng cho băng tải than mỏ hầm lò không sử dụng cảm biến tải trọng

Việc điều khiển tốc độ băng tải theo tải như trình bày ở trên là rất phổ biến và hiệu quả. Tuy nhiên, sử dụng các cảm biến tải trọng và cảm biến đo mức sẽ tốn chi phí đầu tư lớn và khó triển khai trong điều kiện mỏ hầm lò Việt Nam, do: Các thiết bị phải đáp ứng được các tiêu chuẩn an toàn phòng nổ; môi trường làm việc rất khắc nghiệt, đòi phải có độ bền tốt; chi phí lắp đặt, bảo trì, sửa chữa cũng nhiều hơn nhiều so với ngoài mặt bằng.

Qua quá trình khảo sát thực tế và tham khảo ý kiến một số chuyên gia các hãng sản xuất biến tần, tác giả đã nghiên cứu và đề xuất một ứng dụng mới của biến tần áp dụng cho các băng tải vận chuyển than ở Việt Nam. Đó là giải pháp sử dụng biến tần điều khiển tốc độ băng tải mà không sử dụng đến các cảm biến tải trọng hoặc đo mức phản hồi về, giải quyết được bài toán tiết kiệm năng lượng trong khi giảm chi phí đầu tư ban đầu cũng như các chi phí lắp đặt, bảo trì, sửa chữa.

Ưu điểm của giải pháp:

- Không cần sử dụng đến cảm biến tải trọng, do đó tiết kiệm được chi phí đầu tư thiết bị;

- Lắp đặt dễ dàng, chi phí bảo trì không đáng kể.

Nhược điểm:

- Do phản hồi tải trọng của băng tải thông qua việc tham chiếu dòng điện của biến tần nên mang tính tương đối, không phản ánh chính xác tải thực của băng tải;

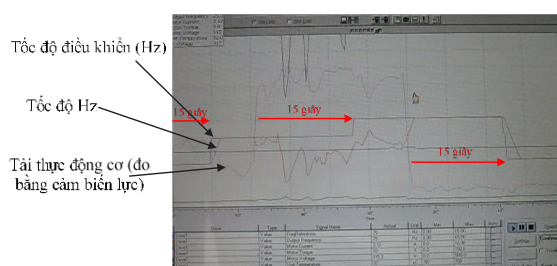
- Cần khảo sát để chọn mức tải điều chỉnh tốc độ cho phù hợp và thường chỉ ổn định hoạt động với ba mức tải trọng khác nhau và cần có khoảng cách phân biệt tải rõ ràng để tránh hiện tượng chuyển mức điều chỉnh tốc độ tải liên tục gây mất ổn định điều khiển.

Trong thực tế các tuyến vận tải chính ở mỏ than Việt Nam, thời gian chạy non tải nhiều, do đó các mức tải khi phân thành ba mức chạy “tải rất ít hoặc không tải”, “non tải” và “đầy tải” cũng đã góp phần tiết kiệm đáng kể điện năng tiêu thụ. Do đó, trong giải pháp này, biến tần được thiết lập để hoạt động với ba cấp tốc độ để có mức phân biệt về tải trọng rõ ràng. Tốc độ thay đổi sau khi tải thực tế vượt ngưỡng liên tục trong khoảng 15 giây. Tham số trễ này có vai trò quan trọng trong việc xác lập mức tải ổn định hiện tại của băng tải thông qua biến dòng điện để loại trừ tải trọng ảo và tải trọng ngắn hạn của băng. Giá trị thời gian trễ này được lựa chọn dựa trên thực nghiệm, thực tế có thể thay đổi dài hơn hoặc ngắn đi tùy theo đối tượng áp dụng cụ thể. Việc cài đặt cho biến tần sử dụng chức năng này được thực hiện trên các menu như với các chức năng khác. Ở chế độ này, biến tần sẽ tự động chạy theo một chương trình riêng cho băng tải được định trước, có thể thay đổi giới hạn phân cấp tốc độ theo tải cho từng cấp. Chẳng hạn, có thể đặt tốc độ băng như sau:

- Khi mômen $\geq 80\%$ thì tần số dòng điện là 50 Hz – chế độ đầy tải;

- Khi $20\% < \text{mômen} < 80\%$ thì tần số dòng điện là 40 Hz – chế độ non tải;

- Khi mômen $\leq 20\%$ thì tần số dòng điện là 20 Hz – chế độ tải rất thấp hoặc không tải.



Hình 5: Kết quả ứng dụng biến tần điều khiển tốc độ bằng tải theo tải (mô hình thực nghiệm biến tần và bộ tạo tải giả động cơ 3 pha 15 kW/380 V)

Biểu đồ trên cho thấy, sau tải tăng ổn định trong 15 giây, bộ điều khiển tăng tốc độ biến tần từ mức không tải lên mức non tải. Khi tải vọt lên mức cao nhất, sau khoảng 15 giây tốc độ biến tần tăng lên mức đầy tải 50 Hz. Khi tải lại giảm xuống mức thấp nhất, sau 15 giây tốc độ biến tần hạ xuống mức non tải.

5 Kết luận

Với giải pháp điều chỉnh tốc độ biến tần theo tải như đã trình bày ở trên, tuy việc điều chỉnh chỉ

đạt ba mức tải khác nhau, không trơn tru như sử dụng cảm biến trọng lực, nhưng đã mang lại những hiệu quả nhất định:

- Tiết kiệm điện năng đáng kể khi tình trạng thời gian chạy non tải và không tải kéo dài;
- Chi phí lắp đặt rẻ hơn nhiều so với cảm biến trọng lực, chi phí bảo trì không đáng kể;
- Tăng độ bền, tuổi thọ cho dây băng và cơ cấu cơ khí do tự điều tiết hạ tốc độ khi non tải;

Vì số lượng đầu vào, ra sử dụng rất ít (1 đầu ra tương tự, 1 đầu vào tương tự, 1 đầu ra DO và 2 đầu vào DI) nên đối với biến tần phòng nổ hiện có ở các mỏ hầm lò Việt Nam, có thể dễ dàng tích hợp thêm bộ điều khiển nhỏ hoặc sử dụng bộ điều khiển PLC (Programmable Logic Controller) hiện có của mỏ để thực hiện bài toán điều khiển thay đổi tốc độ băng tải theo tải mà không cần tín hiệu phản hồi từ bên ngoài (như cảm biến trọng lực, mức), tiết kiệm tối đa chi phí đầu tư, lắp đặt mà vẫn đảm bảo được bài toán tiết kiệm năng lượng, rất tiện lợi khi sử dụng trong mỏ hầm lò.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo kiểm toán năng lượng Công ty Than Dương Huy - TKV. *Viện Cơ khí Năng lượng và Mỏ - Vinacomin*, 2017.
2. **Jordan H.E.** Energy-Efficient Electric Motors and Their Applications. *USA*, 1994.
3. Inverter Energy Saving Course Materials. *Mitsubishi Corporation*, 2016.