Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, số 47, 7-2014, tr.56-61

CƠ - ĐIỆN MỎ (trang 56-68)

THUẬT TOÁN DÒNG ĐIỆN TIÊN LƯỢNG TRONG NGUỒN CHỈNH LƯU CÓ HIỆU CHỈNH HỆ SỐ CÔNG SUẤT

CUNG QUANG KHANG, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Tóm tắt: *Với các nguồn chỉnh lưu có hiệu chỉnh hệ số công suất sử dụng kỹ thuật điều khiển số, việc tính toán giá trị đặt luôn được thực hiện trong mỗi chu kỳ chuyển mạch. Rào cản lớn trong kỹ thuật này là tần số chuyển mạch giới hạn do đó làm hạn chế tốc độ xử lý của các vi điều khiển hay các bộ xử lý số (DSP). Bài báo trình bày tóm tắt thuật toán điều khiển theo dòng điện tiên lượng trong nguồn chỉnh lưu có hiệu chỉnh hệ số công suất. Thuật toán này nhằm giảm thiểu khối lượng tính toán giá trị dòng đặt, do đó tăng tốc độ xử lý áp dụng trong điều khiển số. Có thể sử dụng các vi điều khiển với giá thành thấp để ứng dụng cho thiết kế nguồn chỉnh lưu công suất lớn trong công nghiệp mỏ và luyện kim với hệ số công suất hiệu chỉnh xấp xỉ 1 nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng.*

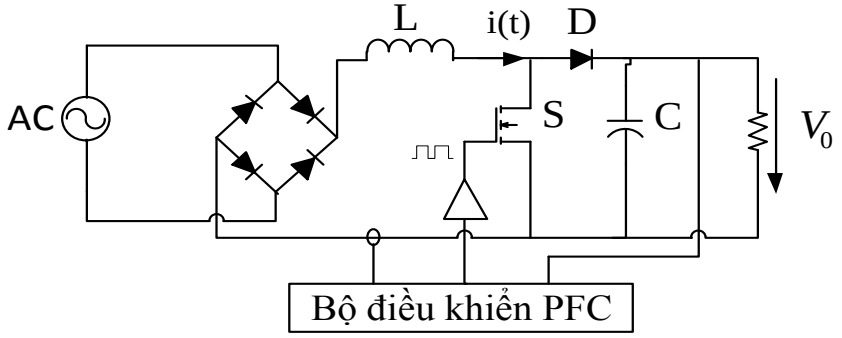
1. Đặt vấn đề

Nguồn một chiều chỉnh lưu có hệ số công suất lớn (xấp xỉ 1 gọi tắt là PFC- Power Factor Correction) được nghiên cứu nhiều trên thế giới do nhu cầu tiết kiệm năng lượng.

Các dạng cơ bản trong chỉnh lưu có điều khiển áp dụng công nghệ PFC là: chỉnh lưu giảm áp (buck-converters, chỉnh lưu tăng áp (boost converter), hoặc hỗn hợp (buck-boost converter). Các kết quả nghiên cứu cho thấy chỉnh lưu tăng áp (điện áp một chiều DC sau chỉnh lưu cao hơn điện áp nguồn) phù hợp nhất cho việc áp dụng công nghệ nâng cao hệ số công suất.

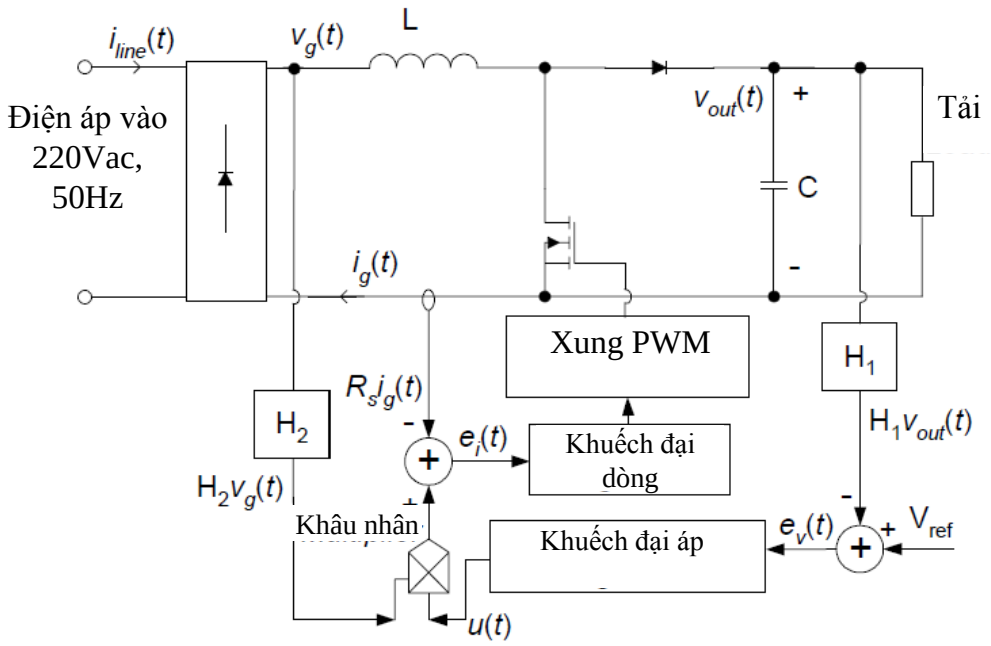
Sơ đồ cơ bản chỉnh lưu PFC 1 pha được biểu diễn trên hình 1.

Trong sơ đồ, điện cảm L đóng vai trò tạo sức điện động tăng áp $V_0 = V + L\frac{di}{dt}$, transitor hoạt động như một khoá đóng ngắt chuyển mạch tần số cao tạo thành phần $L\frac{di}{dt}$. Như vậy, điện áp ra sau điốt lớn hơn điện áp nguồn và điều chỉnh bằng xung điều khiển khoá. Xung điều khiển khóa thường được tạo ra bằng phương pháp điều chế độ rộng xung PWM (Pulse Wide Modulation). Có thể xây dựng luật điều khiển sẽ đảm bảo dòng điện và điện áp luôn trùng pha nhau và kết hợp điều chỉnh độ méo sóng hài sẽ cho hệ số công suất xấp xỉ 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý chỉnh lưu PFC một pha

Sơ đồ nguyên lý điều khiển với kỹ thuật tương tự được nêu trên hình 2:



Hình 2. Nguyên lý điều khiển tương tự chỉnh lưu PFC 1 pha

Có thể phát triển nguyên lý này cho các chỉnh lưu 3 pha đáp ứng nhu cầu cho tải công suất lớn.

Điều khiển tương tự đã được áp dụng phổ biến trong các nguồn chỉnh lưu PFC. Do sự phát triển của kỹ thuật vi xử lý, các bộ xử lý số tín hiệu (DSP – Digital Signal Proccesor) và công nghệ FPGA(Field Programmable Gate Array - chip có dãy cổng lập trình) dẫn đến việc chọn giải pháp điều khiển số là xu hướng tích cực.

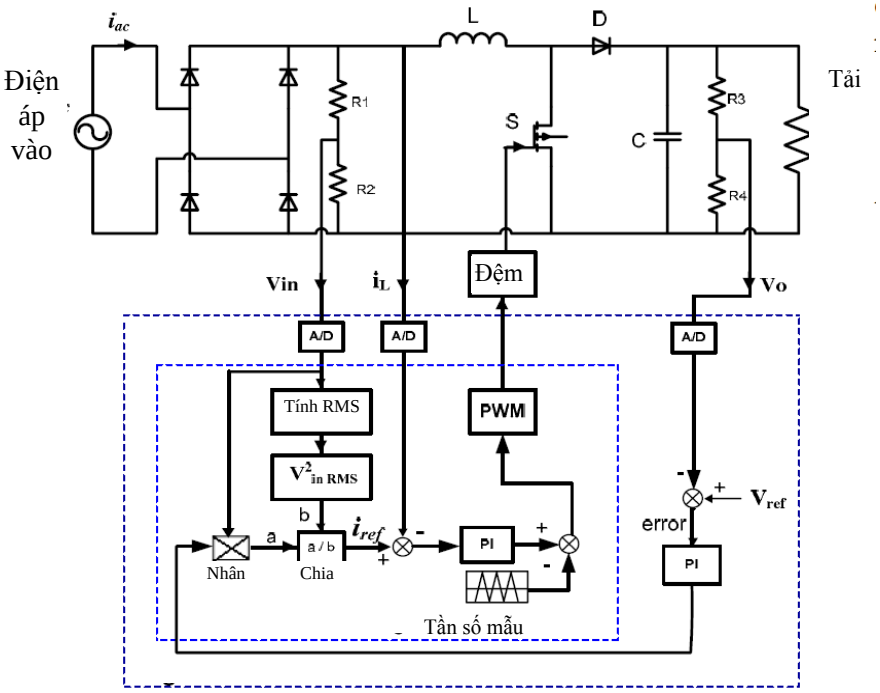
Tuy nhiên, hầu hết các phương pháp điều khiển kỹ thuật số thông thường dựa trên các luật ở kỹ thuật tương tự với định dạng số. Trong việc thực hiện kỹ thuật số thông thường các phép nhân và chia được thực hiện bởi phần mềm. Do tất cả các tính toán được thực thi trong mỗi chu kỳ chuyển mạch, nên đòi hỏi phải có một bộ điều khiển kỹ thuật số với tốc độ cao. Một số cải tiến cũng được áp dụng, tuy nhiên khi tăng tần số chuyển mạch thì khối lượng tính toán tăng nhanh là một rào cản việc áp dụng điều khiển số.

2. Thuật toán điều khiển theo giá trị dòng tiên lượng

Để tận dụng triệt để tính ưu việt điều khiển kỹ thuật số, phương pháp điều khiển tiên lượng đang được nghiên cứu và triển khai thực hiện trong kỹ thuật chỉnh lưu PFC và nghịch lưu. Để giảm khối lượng tính toán, giá trị điều khiển độ rộng xung ở thời điểm tiếp theo d(n+1) sẽ được tính toán dự đoán trên cơ sở giá trị trước đó d(n) và các cảm biến về dòng điện qua điện cảm L, điện áp vào và điện áp ra. Để làm rõ thuật toán điều khiển dòng tiên lượng, dưới đây khảo sát 02 giải thuật thường được áp dụng là thuật toán điều khiển dòng trung bình và thuật toán điều khiển dòng ngưỡng.

2.1. Thuật toán giá trị dòng trung bình

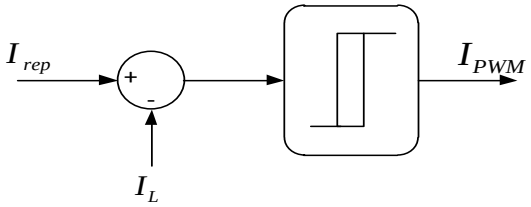
Trên hình 3 là sơ đồ nguyên lý chỉnh lưu PFC với điều khiển số thuật toán trị trung bình của dòng điện. Trong thuật toán này, xung điều khiển PWM có độ rộng được tính toán dựa trên các giá tri đã số hoá (A/D) của điện áp vào sau chỉnh lưu V_{in} , điện áp ra V_o và dòng qua điện cảm i_L. Các bộ nhân, chia, bình phương và khâu tích phân tỷ lệ (PI) đều thực hiện bằng phần mềm. Giá trị độ rộng xung PWM điều khiển phải được quyết định trong chu kỳ chuyển mạch. Do vậy, bộ điều khiển DSP cần phải có khả năng tính toán tốc độ cao, dẫn đến giá thành cao. Nếu giảm tần số chuyển mạch của S thì gặp vấn đề về điện cảm L và chất lượng hệ thống giảm.



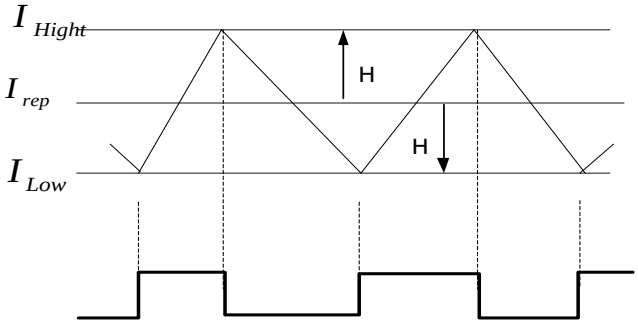
Hình 3. Chỉnh lưu PFC với điều khiển số thuật toán trị trung bình dòng điện

2.2. Thuật toán điều khiển ngưỡng (đặc tính trễ)

Để thực hiện tạo xung PWM, trong thuật toán này giá trị dòng điện quy chiếu tính toán và dòng điện qua điện cảm i_L được đưa vào khâu so sánh trễ trong dải ngưỡng cao, thấp (hình 4). Độ rộng của dải so sánh là 2H. Khi tăng tần số chuyển mạch độ rộng của dải sẽ giảm. Tuy nhiên, lúc đó khối lượng tính toán sẽ tăng nhanh.



(a) Khâu so sánh ngưỡng



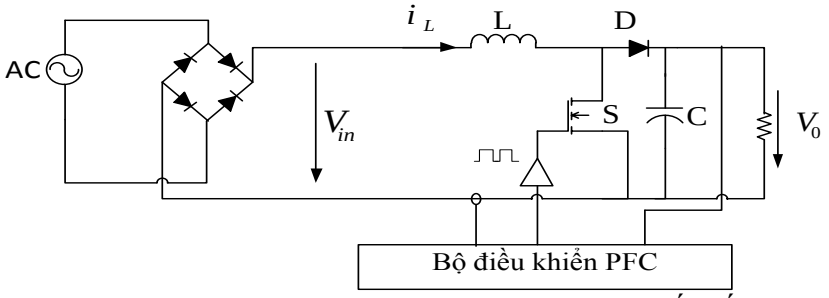
(b) Tạo xung PWM

Hình 4. Thuật toán điều khiển ngưỡng

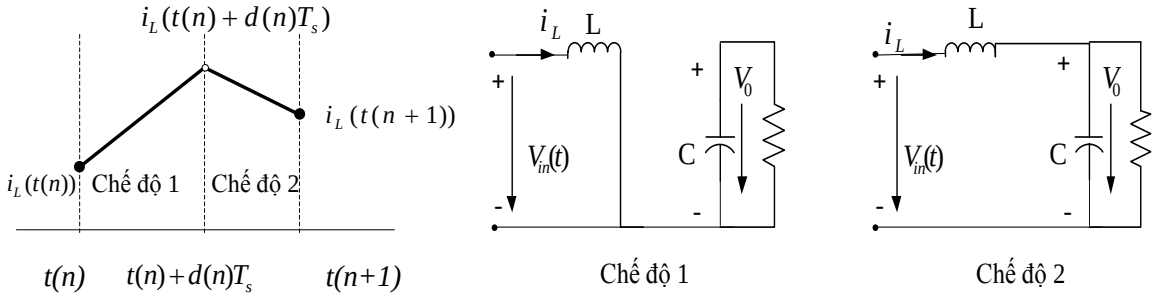
2.3. Thuật toán điều khiển giá trị dòng tiên lượng

Khảo sát sơ đồ chỉnh lưu PFC như hình 5, ta thấy khi khoá S hoạt động chuyển mạch với tần số f_s . Các điện áp vào V_{in}, điệp áp ra V_o được coi như không thay đổi trong thời gian chu kỳ chuyển mạch T_s.

Ta sẽ có 02 trạng thái mạch được xác lập có thể mô tả bằng sơ đồ tương đương trên hình 6.



Hình 5. Chỉnh lưu PFC tăng áp, điện cảm L nối tiếp



Hình 6. Mạch điện tương đương trong 2 chế độ chuyển mạch

Khi khoá S đóng mạch, ta có:

$$V_{in}(t) = L\frac{di_L}{dt}, với\ t(n) \le t < t(n) + d(n)T_s, . \quad (1)$$

Khi khoá S mở, dòng điện qua điện cảm sẽ được tính toán theo biểu thức sau:

$$\frac{di_L}{dt} = V_{in}(t) - V_o(t), với\ t(n) + d(n)T_s \le t < t(n+1), \quad (2)$$

trong đó: $V_{in}(t)$, $V_o(t)$ tương ứng là điện áp vào và ra, t(n) và t(n+1) thời điểm bắt đầu của chu kỳ chuyển mạch đóng thứ n và (n+1), d(n) là độ rộng xung PWM hay chính là thời gian khoá S đóng, T_s là chu kỳ chuyển mạch.

Do tần số chuyển mạch lớn hơn nhiều lần tần số lưới nên, các phương tình trên được sai phân hoá thành:

$$V_{in}\big(t(n)\big) = L\frac{i_L(t(n) + d(n).T_s) - i_L\big(t(n)\big)}{d(n).T_s}, \quad (3)$$

$$V_{in}\big(t(n)\big) - V_o\big(t(n)\big) = L\frac{i_L\big(t(n+1)\big) - i_L(t(n) + d(n).T_s)}{d(n).T_s}, \quad (4)$$

Dòng qua cuộn L trong khoảng thời gian ngắt khoá S, t(n)+d(n).T_s, có thể tính được từ (3):

$$i_L(t(n) + d(n).T_s) = i_L\big(t(n)\big) + \frac{1}{L}.V_{in}(t(n).d(n).T_s, \quad (5)$$

Dòng qua cuộn L khi bắt đầu thời điểm thứ (n+1) chuyển mạch S đóng, t(n+1), có thể tính được từ (4):

$$i_L\big(t(n+1)\big) = i_L(t(n) + d(n).T_s) + \frac{1}{L}.(V_{in}\big(t(n)\big) - V_o\big(t(n)\big).\big(1 - d(n)\big).T_s, \quad (6)$$

Từ (5) và (6) ta sẽ xác định được dòng điện ở đầu thời điểm (n+1) theo giá trị đo lường đầu thời điểm n trước đó:

$$i_L\big(t(n+1)\big) = i_L\big(t(n)\big) + \frac{1}{L}.V_{in}\big(t(n)\big).T_s - \frac{1}{L}.V_o\big(t(n)\big).\big(1 - d(n)\big).T_s, \quad (7)$$

Do vậy, luật rời rạc hoá của biểu thức (7) sẽ là:

$$i_L\big(t(n+1)\big) = i_L\big(t(n)\big) + \frac{1}{L}.V_{in}(n).T_s - \frac{1}{L}.V_o(n).\big(1 - d(n)\big).T_s, \quad (8)$$

Biểu thức này cho thấy có thể dự tính dòng điện qua điện cảm ở chu kỳ sau qua các giá trị ở đầu chu kỳ trước. Do vậy, ta có thể xác định được độ rộng xung d(n) từ biểu thức (8):

$$d(n) = \frac{L}{T_s}.\frac{i_L(n+1) - i_L(n)}{V_o} - \frac{V_o - V_{in}(n)}{V_0}, \quad (9)$$

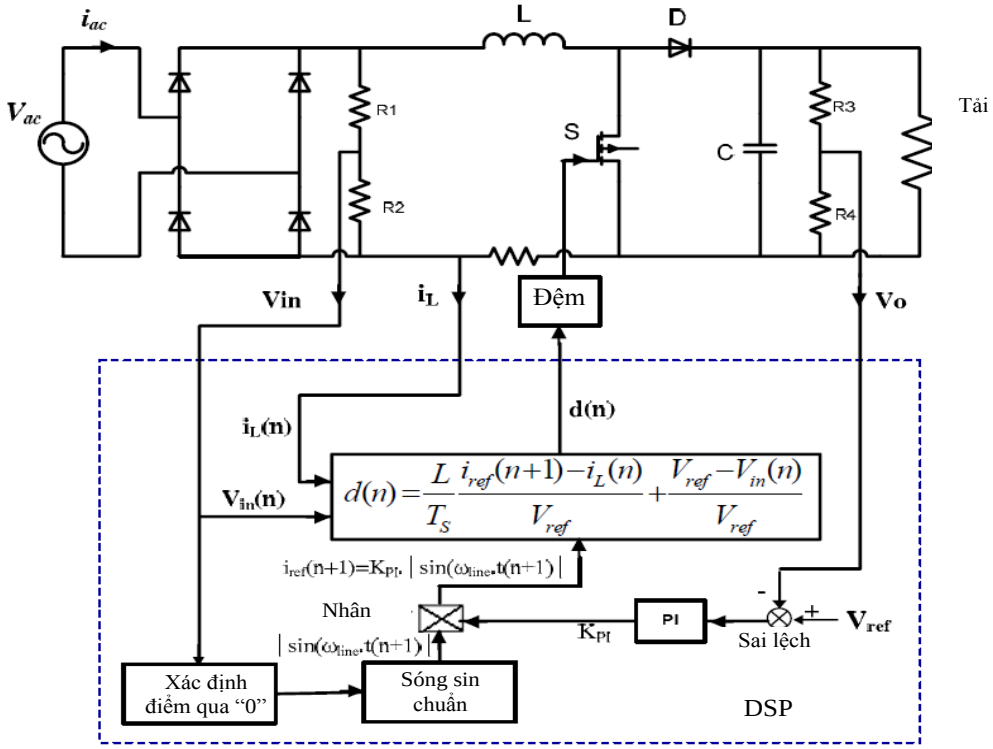
Trong điều khiển chỉnh lưu PFC, dòng điện qua L tính toán $i_L(n+1)$ bắt buộc phải có dạng được quy chiếu bởi giá trị đặt i_{ref} sao cho dạng dòng điện đồng pha với điện áp vào, điện áp ra cũng điều chỉnh đạt giá trị đặt V_{ref}, do vậy ta có:

$$d(n) = \frac{L}{T_s}.\frac{i_{ref}(n+1) - i_L(n)}{V_{ref}} - \frac{V_{ref} - V_{in}(n)}{V_{ref}}, \quad (10)$$

Dòng điện quy chiếu được xác định theo biểu thức sau:

$$i_{ref}(n+1) = K_{PI}.|\sin(\omega t(n+1))|, \quad (11)$$

Trong đó K_{PI} là giá trị đỉnh tính ở đầu ra khâu khuếch đại sai lệch giữa điện áp ra V_o và điện áp đặt V_{ref}.



Hình 7. Đề xuất áp dụng thuật toán tiên lượng dòng điện cho bộ chỉnh lưu có hiệu chỉnh hệ số công suất

3. Kết luận

Việc nghiên cứu, thiết kế bộ nguồn chỉnh lưu 1 pha PFC áp dụng phương pháp điều khiển số thuật toán dòng tiên lượng có những ưu điểm như sau:

- Do sử dụng vi điều khiển số hay các bộ xử lý số DSP để điều khiển độ rộng xung PWM nên sơ đồ mạch đơn giản, giảm thiểu số lượng linh kiện, mạch hoạt động ổn định và chính xác.

- Thuật toán dòng tiên lượng cho phép giảm số lượng tính toán. Do vậy có khả năng tăng tần số chuyển mạch làm cho điều khiển dễ dàng, tổn thất năng lượng thấp, giảm các giá trị L, C tức là kích thước linh kiện nhỏ gọn, dễ tích hợp.

- Việc thiết lập các thông số bảo vệ cực đại trong vi điều khiển đơn giản, không phụ thuộc vào các yếu tố vật lý.

- Sản phẩm có thể ứng dụng cho các thiết bị điện sử dụng điện một chiều với hiệu suất của nguồn đạt giá trị cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Compliance Testing to the IEC 1000-3-2 (EN 61000-3-2) and IEC 10000-3-3 Standard.

[2]. WWanfeng Zhang, Guang Feng, Yan Fei, Bin Wu, "New Digital Control Method for Power Factor Correction", IEEE Transaction on INDUCTRIAL ELECTRONICS, vol.53.

[3]. FF.J.Azcondo Ade Castro, V.M Lopez, O. Garcia, "Power Factor Correction without Current sensor based on Digital Current Rebuilding", IEEE Transaction on INDUCTRIAL ELECTRONICS, vol.25.

SUMMARY

PFC rectifier with algorithm preditive current control

Cung Quang Khang, *Hanoi University of Mining and Geology*

For digital power factor correction (PFC) control methods, the duty cycle is calculated in every switching period. One main implementation barrier is the limited switching frequency, due to the limited processor speed. In this paper a predictive digital PFC control method is proposed to solve this problem. The proposed control method generates all the duty cycles in advance, based on the reference current and sensed inductor current, input voltage and output voltage. It requires only one multiplication and three addition operations for digital implementation, so that the proposed PFC control method can be implemented (by using a low cost DSP or microprocessor to achieve high switching frequency). A power factor correction rectifier, can use in mining industry.

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG KỸ THUẬT NGĂN NGỪA HIỆN TƯỢNG… *(tiếp theo trang 55)*

6. Kết luận

Bài báo thông qua việc nghiên cứu điều kiện địa chất và các yếu tố ảnh hưởng đến hiện tượng lở gương trong lò chợ khai thác cơ giới hóa đồng bộ của Công ty than Khe Chàm nhằm đề xuất giải pháp xử lý ngăn ngừa hiện tượng lở gương bằng cách bơm hóa chất DMT-601A/B của Trung Quốc qua lỗ khoan vào các khe nứt của khối than để gia cố. Trong các lò chợ khai thác cơ giới hóa đồng bộ ở các mỏ vùng Sơn Đông, Sơn Tây Trung Quốc sử dụng hóa chất này để gia cố vỉa than mềm yếu, bở rời đã cho thấy hiệu quả tốt, làm cho gương lò chợ ổn định dẫn đến quá trình khấu than được tiến hành liên tục và làm tăng hiệu quả trong khai thác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Công ty than Khe Chàm-TKV, 2009. Tài liệu về điều kiện địa chất lò chợ khai thác cơ giới hóa đồng bộ của Công ty than Khe Chàm, trang 1÷25.

[2]. Đồng Thục Kiến, Tôn Ích Kiến, 2012. Ứng dụng kỹ thuật gia cố gương lò chợ khai thác cơ giới hóa đồng bộ mỏ than Tra Thành-Từ Châu. Tạp chí quản lý và kỹ thuật tài nguyên - Trung Quốc, trang 62 (bản tiếng Trung).

SUMMARY

Study on the utilization of the chemicals DMT-601 A/B for preventing landslides in the fully mechanized longwall at Khe Cham coal company

Vu Trung Tien, Do Anh Son; Nguyen Van Quang

Hanoi University of Mining and Geology

During the coal exploitation process at the longwall faces, due to soft and loose coal, there have been the face failures, causing many difficulties in coal mining activities, moving support and leading to the interrupted technological links, not only affecting on the labor productivity, mining production and working plan but also making unsafe for people working in mine. The study and application of alternatives for solving the problems of face failures is essential to maintain normal operations for the mine and ensure the safe working conditions for workers.