

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CUNG CẤP ĐIỆN HỢP LÝ CHO CÁC PHỤ TẢI CỦA MỎ HÀM LÒ SÂU TIÊU THỤ ĐIỆN NĂNG LỚN

PHẠM TRUNG SƠN

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

E-mail: phamtrungson_istu_ru@mail.ru

1. Tổng quan

Hiện nay, cơ giới hóa và điện khí hóa đang được triển khai ở mức độ cao tại các mỏ than hầm lò. Việc sử dụng các tổ hợp máy khâu đồng bộ với dàn chống tự hành đã dẫn đến sự gia tăng đáng kể phụ tải điện và lượng điện năng tiêu thụ. Khai thác khoáng sản dưới các tầng sâu khiến cho chiều dài mạng cấp điện cả ở cấp điện áp cao và thấp ngày càng gia tăng, các phụ tải điện không đồng đều, không đồng bộ,... dẫn đến giảm độ tin cậy và hiệu quả làm việc của hệ thống cung cấp điện. Điều này phụ thuộc vào hai yếu tố: tổ chức sản xuất (xu hướng tăng cường mở rộng hoạt động khai thác, hợp nhất và củng cố các mỏ, tăng phương tiện và thiết bị khai thác hiện đại trong các khu khai thác); sự phức tạp đáng kể của điều kiện địa chất mỏ trong quá trình chuyển đổi công nghệ sang khai thác ở các mức sâu hơn.

Khi hiện đại hóa công nghệ khai thác trong mỏ hầm lò thì ngoài lượng điện năng tiêu thụ tăng cao, các chỉ tiêu về chất lượng điện năng thường không đảm bảo, điều này làm cho các mỏ phải tăng cường các giải pháp đảm bảo an toàn song song với tăng cường các yêu cầu về kỹ thuật và công nghệ. Sự gia tăng về số lượng phụ tải khi xuống sâu đặt ra các yêu cầu mới cho hệ thống cung cấp điện, điều mà không dễ thực hiện thành công với tình trạng hiện tại của các xí nghiệp mỏ.

Phụ tải tiêu thụ điện chính tại các mỏ hầm lò là các phụ tải đặt cố định, bao gồm: Quạt gió, trục tải, bơm thoát nước, các trạm bơm nhũ tương,... và di động, bao gồm: các trạm biến áp (TBA) khu vực, các thiết bị trong các khu khai thác (lò chợ, lò chuẩn bị...). Công suất của các phụ tải điện lớn nhất trên bề mặt mỏ thường vào khoảng 5÷8 MW (các máy nâng, quạt thông gió chính) và 1÷2 MW là các phụ tải trong hầm lò (bơm, hệ thống thoát

nước, các thiết bị vận tải). Hiện nay, hàng năm độ sâu khai thác trong các mỏ tăng trung bình 10÷15 m. Mỏ càng xuống sâu thì số lượng và công suất lắp đặt của hệ thống máy nâng, quạt thông gió và bơm thoát nước sẽ càng tăng theo.

Bài báo này tiến hành phân tích, đánh giá và đề xuất các giải pháp kỹ thuật, công nghệ phù hợp nhằm tối ưu hóa công tác vận hành, nâng cao độ tin cậy, chất lượng điện năng và hiệu quả làm việc của hệ thống cung cấp điện ở các mỏ hầm lò sâu, có tổng công suất phụ tải lớn.

2. Phân tích và đánh giá tình trạng cung cấp điện hiện nay ở các mỏ hầm lò có độ sâu lớn.

Hiện nay, các mỏ hầm lò xuống sâu đang có sự gia tăng đáng kể về công suất của các động cơ máy nâng, quạt thông gió và các tổ hợp thiết bị khai thác,... Phần lớn lượng điện năng tiêu thụ cho sản xuất trong hầm lò chiếm tới 60 % tổng lượng điện tiêu thụ của xí nghiệp. Vì vậy, một trong những hướng chính trong phát triển kỹ thuật là phải sử dụng tiết kiệm năng lượng khi có sự gia tăng đáng kể số lượng thiết bị trong hệ thống cung cấp điện.

Các nghiên cứu [1], [4], [5], [7] đã chỉ ra rằng: độ lệch và dao động điện áp có tác động lớn nhất đến hiệu suất của thiết bị điện trong hầm lò. Tuy nhiên, hiện nay độ lệch điện áp trên thanh cái của các TBA mỏ lại thường dao động ở mức -10 % và trong một số trường hợp có thể đến -15 %, so với định mức.

Nguyên nhân gây nên dao động điện áp trên thanh cái 6 kV của TBA chính trong hầm lò là do các động cơ đồng bộ và không đồng bộ có công suất lớn khởi động trực tiếp và cũng còn do có sự thay đổi đáng kể về chế độ làm việc có tính chất không đồng đều của máy móc, thiết bị trong chu vận hành.

Vì vậy, khi tính toán thiết kế và xây dựng các sơ đồ cung cấp điện trong và bên ngoài mỏ thì các giải pháp đảm bảo giá trị yêu cầu của điện áp cung cấp và mức độ dao động của nó cần được xem xét cẩn thận, đồng thời cần chọn phương thức khởi động của động cơ, chế độ làm việc của chúng,... sao cho tối ưu. Cũng cần phải tìm kiếm các giải pháp kỹ thuật để có được một hệ thống cung cấp điện hợp lý, hiện đại cho các mỏ, đảm bảo để thiết bị hoạt động tiêu thụ điện năng ở mức thấp nhất.

3. Đề xuất các giải pháp cung cấp điện hợp lý cho các mỏ hầm lò có độ sâu lớn

Các giải pháp cung cấp điện hợp lý cho các mỏ hầm lò có độ sâu lớn liên quan đến việc đảm bảo mức điện áp theo yêu cầu để cung cấp điện cho các phụ tải. Giá trị giới hạn về điện áp và dao động điện áp ở các cấp điện áp chủ yếu được thực hiện bằng cách duy trì ổn định điện áp trên các thanh cái của TBA. Các giải pháp đó có thể chia thành ba nhóm sau:

- Nhóm thứ nhất - Các giải pháp làm thay đổi hoạt động của các thiết bị trong nhà máy phát điện hoặc TBA vùng;

- Nhóm thứ hai - Các giải pháp điều chỉnh điện áp khi có sự thay đổi chế độ làm việc của phụ tải;

- Nhóm thứ ba - Các giải pháp nhằm tăng khả năng truyền tải nguồn công suất trong mạng cấp điện.

Đối với các xí nghiệp công nghiệp cũng như ở các mỏ, giải pháp phù hợp hơn cả, dễ dàng triển khai, áp dụng là các nhóm giải pháp thứ hai, thứ ba.

Nhóm giải pháp thứ hai liên quan đến việc điều chỉnh điện áp tại các máy biến áp trong TBA chính của mỏ. Biện pháp được thực hiện bằng cách sử dụng các thiết bị điều chỉnh điện áp dưới tải với phạm vi điều chỉnh lên tới $\pm(15\div 20)\%$. Hiệu quả đặc trưng của giải pháp này là không chỉ giữ mức độ sai lệch điện áp trong giới hạn cho phép, mà còn làm giảm mức điện năng tiêu thụ. Khi điện áp trên thanh cái của TBA giảm thì ngoài việc làm giảm độ tin cậy của hệ thống cung cấp điện, có thể làm tăng thêm tổn thất điện năng và tiêu thụ nhiều năng lượng điện hơn. Việc điều chỉnh điện áp trên thanh cái của TBA chính có ảnh hưởng lớn đến chất lượng điện cung cấp cho các phụ tải khác nhau nằm ở cả trên mặt bằng và trong hầm lò. Các phụ tải điện này có thể khác nhau về giá trị độ lệch điện áp cho phép, tùy thuộc vào chế độ hoạt động và đặc tính riêng của chúng [4], [8].

Tại các khu khai thác của mỏ và tại các nơi có số lượng phụ tải tập trung, phụ thuộc vào công nghệ, chúng có biểu đồ phụ tải và tiêu thụ điện năng khác nhau. Hiệu ứng điều tiết, điều chỉnh điện áp tổng thể của các nút tải phụ thuộc vào đặc

tính của từng phụ tải điện và sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa chúng được xác định bằng các phương pháp thích hợp. Để tối ưu việc điều tiết, điều chỉnh điện áp cần phải sử dụng các thiết bị đáp ứng nhu cầu biến động của phụ tải.

Để tăng hiệu quả sử dụng máy móc và tổ hợp khai thác cần chú ý đến các biện pháp nhằm duy trì sự ổn định điện áp và giảm mức độ dao động điện áp trong mạng cấp điện mỏ. Những biện pháp có thể áp dụng là:

- Thiết bị điều chỉnh điện áp tự động cho MBA cấp điện cho các phụ tải là động cơ không đồng bộ công suất lớn mà không có hệ thống điều khiển truyền động cơ khí (ví dụ: hộp số,...) làm việc phụ thuộc vào điện áp mạng;

- Sử dụng hệ thống truyền động cơ khí có điều chỉnh cho các máy công tác. Đây là giải pháp ít ảnh hưởng đến các thông số vận hành của mạng, tuy nhiên lại đòi hỏi chi phí đáng kể;

- Lựa chọn thiết bị công nghệ và hệ thống truyền động điện phù hợp với phương thức vận hành, phù hợp với phụ tải điện. Sự thành công của giải pháp này phụ thuộc vào kinh nghiệm của người thiết kế và cần phải giám sát, điều chỉnh trong quá trình vận hành;

- Hợp lý hóa quy trình công nghệ để đảm bảo biểu đồ phụ tải ít biến động trong ca và trong ngày sản xuất. Để thực hiện biện pháp này, cần trang bị cho hệ thống cung cấp điện các công cụ giám sát kỹ thuật phù hợp, công việc này ảnh hưởng trực tiếp đến các biện pháp quản lý năng lượng hiệu quả và điều phối hệ thống.

Hiệu quả của việc thực hiện các phương pháp của nhóm thứ hai trong điều kiện mỏ có thể thấy rõ trên cơ sở tính toán các tham số của mạng cung cấp cho một đối tượng cụ thể.

Do đó, khi sử dụng cấp điện áp 6 kV làm cấp điện áp chính của mạng điện mỏ trong hầm lò cần đánh giá mức độ thay đổi điện áp giữa các phụ tải ở cuối các tầng khai thác [1], [5], [7]. Độ lệch điện áp và tổng tổn thất điện áp trong mạng cung cấp điện được xác định theo biểu thức:

$$\Sigma \Delta U = (\Delta U_{\text{đdk110}} + \Delta U_{\text{BAC}} + \Delta U_K + \Delta U_{\text{C6kV}} + \Delta U_{\text{BAKV}}) \quad (1)$$

Trong đó: $\Delta U_{\text{đdk110}}$ - Tổn thất điện áp ở đường dây trên không (110 kV) của nguồn điện ngoài mỏ; ΔU_{BAC} - Tổn thất điện áp trong MBA chính; ΔU_K - Tổn thất điện áp trong cuộn kháng điện (nếu có); ΔU_{C6kV} - Tổn thất điện áp trong cấp cung cấp cho phụ tải điện của hệ thống cung cấp điện 6kV hầm lò; ΔU_{BAKV} - Tổn thất điện áp trong MBA khu vực.

Các MBA trong hệ thống, có thể tự động điều chỉnh điện áp (có bộ điều áp dưới tải) hoặc đặt cố định điện áp (MBA không có bộ tự động điều áp

dưới tải) để bù một phần tổn thất điện áp trong các phần tử của mạng. Việc tăng điện áp ở đầu ra của các MBA không được trang bị các phương tiện điều chỉnh điện áp có thể đạt ở mức $\pm 5\%$. Đối với các điều kiện như vậy, biểu thức để xác định mức điện áp tại nút phụ tải, có tính đến việc bù điện áp có thể xảy ra, sẽ là:

$$U_{dm} = (U_{tt} - \Delta U_{đk110} - \Delta U_{BAC} + \Delta E_{BAC} - \Delta U_K - \Delta U_{C6KV} - \Delta U_{BAKV} + \Delta E_{BAKV}). \quad (2)$$

Trong đó: U_{dm} - Điện áp định mức của nguồn điện; ΔE_{BAC} ; ΔE_{BAKV} - Tương ứng là độ tăng điện áp trên các MBA chính và MBA khu vực.

Do mức điều chỉnh điện áp trên MBA chính của mỏ bị giới hạn ở mức không vượt quá 5% giá trị định mức, nên có thể kết luận rằng việc cung cấp điện với điện áp đảm bảo chất lượng là cần thiết (đặc biệt là khi không có bộ điều áp dưới tải) cho các mỏ hầm lò có độ sâu lớn và công suất phụ tải lớn.

Nhóm giải pháp thứ ba bao gồm một tập hợp các giải pháp kỹ thuật nhằm cải thiện hiệu quả làm việc của hệ thống cung cấp và phân phối điện trong hầm lò [1], [5], [7]. Việc giảm mức tổn thất điện áp trong các đường dây được đảm bảo bằng cách tăng khả năng truyền tải thông qua một số giải pháp kỹ thuật trong quá trình thiết kế, trong đó các giải pháp chính là:

- Thay thế cáp cáp điện bằng cáp có tiết diện lớn hơn;
- Gia tăng số lượng cáp cáp điện song song;
- Bù công suất phản kháng (bù ngang) cho hệ thống cáp điện có các hệ truyền động cơ khí không có điều chỉnh với chế độ làm việc cố định, không đổi;
- Sử dụng giải pháp cáp điện áp cao hơn cho mạng phân phối;
- Bù dọc theo các tham số tương ứng của mạng cung cấp điện.

Việc tăng khả năng truyền tải công suất lớn hơn cho các tuyến cáp thông qua nhóm các giải pháp trên được khuyến khích cho các mỏ khi tiến hành cải tạo hoặc thiết kế mới. Việc thay thế cáp điện hiện có bằng cáp có tiết diện lớn có liên quan đến việc tiêu thụ nhiều kim loại màu, đồng thời việc đặt đường cáp truyền tải mới (cáp chính) đòi hỏi vốn đầu tư lớn, do đó chỉ có thể được khuyến nghị trong trường hợp không thể tăng công suất trên các đường cáp truyền tải hiện có.

Việc bù công suất phản kháng (CSPK) trong các hệ thống cung cấp điện mỏ là một biện pháp bắt buộc để tăng công suất truyền tải trong mạng lưới điện của các xí nghiệp công nghiệp. Việc thiếu thiết bị bù CSPK sẽ dẫn đến làm tăng dòng tải trên hệ thống cung cấp điện do có thêm dòng

phản kháng làm việc. Ngoài ra, việc bù CSPK cho phép giảm tổn thất điện năng, tăng hệ số công suất cho mạng và giảm độ lệch điện áp của phụ tải. Việc đóng hoặc cắt số lượng tụ điện bù sẽ có tác dụng thay đổi độ lệch điện áp tại điểm kết nối theo giá trị, % [3]:

$$\Delta U_{bu} = [(X_L \cdot Q_{bu}) / (10 \cdot U \cdot U_{dm})]. \quad (3)$$

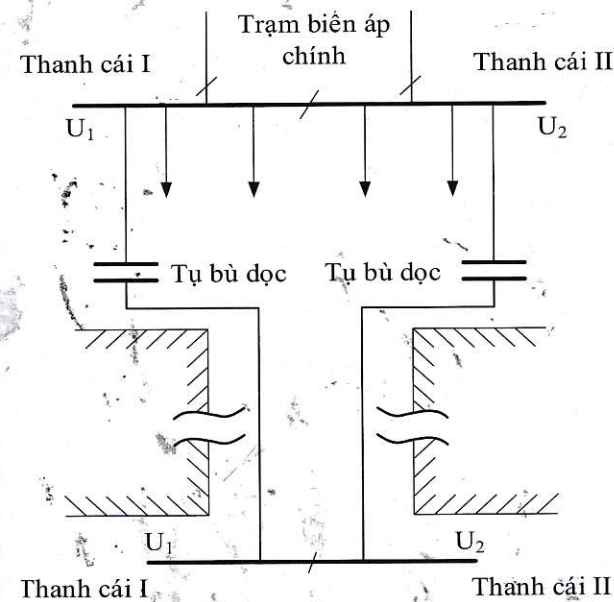
Trong đó: X_L - Điện kháng của mạng tương ứng đến điểm đấu nối tụ điện; U - Giá trị điện áp tại điểm kết nối với tụ bù (tính đến thời điểm đóng tụ); U_{dm} - Điện áp định mức của mạng; Q_{bu} - Công suất của tụ bù được lắp đặt.

Kinh nghiệm cho thấy rõ hiệu quả của việc áp dụng giải pháp bù cho các mạng điện trong khu khai thác. Đây là giải pháp hiệu quả nhất khi áp dụng cho mạng điện có cấp điện áp thấp, nơi có chiều dài mạng cáp điện và có phụ tải công suất lớn được kết nối vào mạng [2]. Đối với các mạng điện cao áp trong hầm lò, hiệu quả của biện pháp này bị giảm do hiệu ứng điều tiết (điện áp) không đáng kể, đồng thời có sự hiện diện của một số lượng lớn các phụ tải có hệ số công suất cao (bơm công suất lớn, quạt,...).

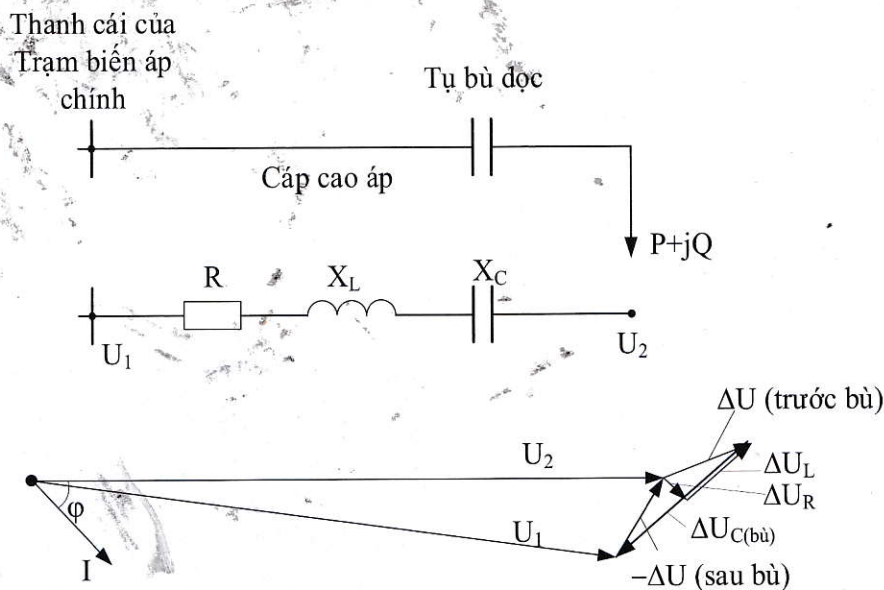
Việc áp dụng giải pháp sử dụng cáp điện áp cao hơn trong mạng cáp điện dưới hầm lò ở các mỏ cũng là một biện pháp rất hiệu quả. Hiện nay ở nhiều mỏ hầm lò trên thế giới người ta đã đưa vào sử dụng cáp điện áp 10 kV để thay thế cho cáp điện áp 6 kV. Các kết quả nghiên cứu, phân tích [6] cho thấy, việc chuyển đổi sang cáp điện áp 10 kV trong điều kiện khai thác mỏ hầm lò hiện nay là hợp lý và kịp thời. Tăng cấp điện áp cho mạng phân phối cao áp trong hầm lò của mỏ lên 35 kV cũng đã được áp dụng ở một vài nước. Người ta đang nghiên cứu và đánh giá một cách chi tiết, để chứng minh tính khả thi về mặt kỹ thuật, hiệu quả về mặt kinh tế và đặc biệt là vấn đề an toàn điện đối với mạng điện cao áp khi đưa vào sử dụng trong hầm lò.

Hiện tại, việc nâng cấp điện áp 6 kV sang cấp điện áp cao hơn chưa được áp dụng ở các mỏ Việt Nam. Điều này chủ yếu là do các mỏ chưa có đủ các điều kiện kỹ thuật và kinh tế để nâng cấp điện áp sang cấp điện áp cao hơn.

Một trong những lựa chọn mang lại hiệu quả là áp dụng giải pháp bù dọc cho mạng cung cấp điện trong hầm lò. Tuy nhiên, khi áp dụng cần tính toán phân tích tỉ mỉ, để có chi phí vốn đầu tư phù hợp, đảm bảo chất lượng điện áp theo yêu cầu của các phụ tải. Khi đóng điện cho các tụ bù, điện áp tại các cực của phụ tải trong mạng tăng một lượng ΔU (xem H.2) và với các thông số tương ứng, có thể cung cấp cho phụ tải một điện áp có giá trị vượt quá điện áp nguồn cung cấp.



H.1. Cung cấp năng lượng cho các tầng sâu có áp dụng giải pháp lắp đặt tụ bù dọc



H.2. Nguyên tắc tăng điện áp cho phụ tải điện bằng phương pháp bù dọc

➤ Điện áp trên thanh cái của TBA nằm trung tâm của mỏ hầm lò tỷ lệ thuận với giá trị dòng tải, giá trị điện áp này thay đổi lập tức ngay khi dòng tải thay đổi nếu mạng cấp điện được lắp thêm tụ bù dọc;

➤ Việc lắp đặt tụ bù dọc đặc biệt hiệu quả trong việc giảm dao động điện áp khi trong mạng

Do đặc thù của công nghệ khai thác, một số phụ tải có công suất lớn làm việc không ổn định, công suất tiêu thụ của phụ tải biến đổi mạnh nên để ổn định điện áp làm việc có thể sử dụng giải pháp bù dọc bằng tụ điện trong mạng cấp điện.

Giải pháp bù dọc có thể cải thiện chất lượng điện áp (giảm dao động điện áp, giảm hệ số bất đối xứng và tăng điện áp trên cực phụ tải).

Chúng có những ưu điểm nhất định so với các phương pháp ổn định điện áp khác, đó là:

➤ Công suất lắp đặt của tụ bù dọc nhỏ hơn công suất của các thiết bị bù khác, tổn thất về công suất không đáng kể và dễ vận hành. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành khó bảo vệ các tụ điện khỏi dòng điện ngắn mạch, xuất hiện dao động cộng hưởng của các thành phần sóng hài,... Khi sử dụng tụ bù dọc sẽ giảm được tổn thất năng lượng trên đường dây. Sơ đồ cung cấp năng lượng cho các tầng sâu của mỏ sử dụng giải pháp bù dọc được thể hiện trong hình H.1;

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_t \cdot R_{\text{cap}} \cdot \cos \varphi + \sqrt{3} \cdot I_t \cdot X_{L,\text{cap}} \cdot \sin \varphi - \sqrt{3} \cdot I_t \cdot X_{C,\text{bù}} \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

4. Kết luận

Khai thác khoáng sản dưới các tầng sâu khiến cho chiều dài mạng cấp điện cả ở cấp điện áp

cấp điện có các động cơ công suất lớn và thường xuyên khởi động hoặc khi chúng kết nối với các MBA hàn.

Dung kháng của tụ điện trong trường hợp này không chỉ bù cho điện kháng của đường dây mà còn có tác dụng giảm điện áp trên điện trở tác dụng như sau:

cao và thấp ngày càng gia tăng, các phụ tải điện không đồng đều, không đồng bộ,... dẫn đến giảm độ tin cậy và hiệu quả làm việc của hệ thống cung cấp điện.

Trong bài báo này, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu phân tích, đánh giá và đề xuất các giải pháp phù hợp nhằm mục đích tối ưu hóa công tác vận hành, nâng cao độ tin cậy, chất lượng điện năng và hiệu quả làm việc của hệ thống cung cấp điện ở các mỏ hầm lò sâu, có tổng công suất phụ tải lớn. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Anh Nghĩa, Trần Bá Đề. Giáo trình Điện khí hoá mỏ. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải. Hà Nội. 1997.

2. Phạm Trung Sơn. Nghiên cứu sử dụng thiết bị bù công suất phản kháng tại nút phụ tải nhằm mục đích điều chỉnh ổn định điện áp, nâng cao các chỉ tiêu kỹ thuật và kinh tế. Hội nghị KHKT Mỏ Toàn quốc lần thứ 26. Móng Cái. 8-2018.

3. Phạm Trung Sơn. Nghiên cứu đưa sâu nguồn điện cao áp tới gần phụ tải dưới các tầng khai thác mỏ than hầm lò vùng Quảng Ninh. Hội nghị KHKT Mỏ Toàn quốc lần thứ 25. Cửa Lò 8-2016.

4. Duran R.C., McGranaghan M.F., Waynebeaty H. Electrical power systems quality/McGraw-Hill. New York, 1996. P. 265.

5. Виноградов В.С., Мирошкин П.П. и др. Электрооборудование и электроснабжение горнорудных предприятий: справочное издание./; под общ. ред. В.С. Виноградова. Москва. Недра, 1983. - 335 с.

6. Маркушевич Н.С. Регулирование напряжения и экономия электроэнергии. М.: Энергоатомиздат, 1984. - 104 стр.

7. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. 1979.изд. Энергия, - 408 стр.

8. Шишкин Н.Ф., Антонов В.Ф. Основные направления электрификации современных шахт. - М.: Наука, 1981. -116 с.

Ngày nhận bài: 24/02/2019

Ngày gửi phản biện: 16/04/2019

Ngày nhận phản biện: 29/06/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/08/2019

Từ khóa: lưới điện mỏ; chất lượng điện năng; độ tin cậy cung cấp điện; điều chỉnh điện áp; tổn thất điện áp

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

SUMMARY

The paper focuses on studying about three groups of solutions to increase the energy efficiency, reliability and power quality of the power supply system for underground mines that are reaching a deeper level of exploitation. The research and analytical solution of these groups have improved the reliability, power quality and working efficiency of the underground power supply system. The selection of the optimal solution has to based on a detailed assessment of the current technical, technological and operational status of each mine's electrical system.

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG...

(Tiếp theo trang 71)

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

SUMMARY

The article analyzes the standards of some countries with a long-standing coal mining industry in the world regulating the maximum allowable concentration of dust in underground mines; analyzing the missing indicators in the National Technical Regulation on safety in underground coal mining - QCVN 01: 2011/BCT of the Ministry of Industry and Trade and assessing the actual dust pollution in the air of some coal mines in Vietnam. We have built scientific and practical bases for determining the maximum allowable dust concentration in underground coal mining, the proposed draft of the maximum allowable dust concentration at work area in underground coal mines in Vietnam.