

ĐÁNH GIÁ CÁC GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ MỚI NHẪM NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG ĐIỆN Ở CÁC CÔNG TY KHAI THÁC MỎ

PHẠM TRUNG SƠN, NGUYỄN THỊ BÍCH HẬU

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

NGUYỄN ĐÌNH TIẾN

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

E-mail: phamtrungson_istru_ru@mail.ru

TÓM TẮT

Chi phí điện năng chiếm một tỷ trọng đáng kể trong chi phí khai thác một tấn than. Vì vậy, trong thời gian qua, nhiều doanh nghiệp đã áp dụng nhiều giải pháp công nghệ mới trong dây chuyền sản xuất để giảm chi phí điện năng. Bài báo đánh giá hiệu quả của việc áp dụng các giải pháp này trong thực tế, từ đó đưa ra các đề xuất để áp dụng rộng rãi các giải pháp này nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện tại các mỏ.

Từ khóa: công nghệ hiện đại, hiệu quả điện năng, mạng điện công ty khai thác mỏ, tiết kiệm điện năng, điện tử công suất, biến tần.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chi phí điện năng chiếm một tỷ trọng đáng kể trong giá thành một tấn than khai thác. Trong các mỏ hầm lò, điện năng tiêu thụ của các thiết bị cố định như trạm quạt, trạm bơm chính và các máy móc thiết bị di động khác (máy khai thác, máy vận tải) chiếm khoảng 85÷90%, các thiết bị điện khác tiêu thụ khoảng 10÷15% điện năng chung toàn mỏ. Trên các mỏ lộ thiên, điện năng tiêu thụ của máy xúc, máy khoan, thiết bị vận tải và bơm nước chiếm khoảng 87÷92%, còn các thiết bị tiêu thụ điện khác chiếm khoảng 8÷13%. Đã có nhiều nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến chi phí điện năng trong mạng điện mỏ và đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng và hạ giá thành sản phẩm, mang lại hiệu quả cho sản xuất [1-5].

Để đáp ứng nhu cầu gia tăng sản lượng, trong những năm qua các công ty khai thác mỏ đã đưa vào áp dụng nhiều giải pháp công nghệ mới trong sản xuất. Tuy nhiên, đi đôi với việc áp dụng công nghệ hiện đại thì vấn đề nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng cần được quan tâm đúng mức. Bài báo đưa ra một số đánh giá, qua đó đưa ra các khuyến nghị khi triển khai áp dụng các giải pháp công nghệ mới nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng ở các công ty khai thác mỏ.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Các giải pháp công nghệ mới nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng

Để nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng, các giải pháp về tổ chức sản xuất và áp dụng công nghệ mới bao gồm:

Tổ chức vận hành hợp lý các thiết bị điện mỏ, trong đó có nghiên cứu biểu đồ phụ tải thực tế để có kế hoạch sửa chữa định kỳ hợp lý, điều hành phụ tải cho phù hợp, có cơ chế khen thưởng, khuyến khích và xử phạt đúng mức với người vận hành thiết bị;

Điều khiển tự động các thiết bị công nghệ, các tuyến băng, trạm quạt và trạm bơm phù hợp với công nghệ sản xuất;

Ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật, áp dụng các hệ điều khiển tự động mới, thay thế các linh kiện điện tử bằng các linh kiện bán dẫn, các bộ điều khiển tiếp điểm bằng các bộ điều khiển không tiếp điểm;

Tăng cường chất lượng cung cấp điện, độ tin cậy cung cấp điện;

Đề xuất các sơ đồ, giải pháp cung cấp điện hợp lý và nâng cao cấp điện áp;

Tự động bù công suất phản kháng, nhằm ổn định hệ số công suất cosφ;

Giám sát và quản lý trực tiếp các đơn vị sử dụng điện.

2.2. Hiệu quả việc áp dụng các giải pháp công nghệ mới

2.2.1. Bù tự động bằng các thiết bị điều khiển hiện đại

Giá trị của hệ số công suất phụ thuộc vào đặc điểm của phụ tải. Hệ số công suất đối với phụ tải phổ biến là các động cơ không đồng bộ thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Mối quan hệ của hệ số cos φ theo tỉ lệ mang tải của động cơ không đồng bộ

	Tỉ lệ mang tải, %	Cos φ	Tang φ
Động cơ không đồng bộ thông thường	0	0,17	5,80
	25	0,55	1,52
	50	0,73	0,94
	75	0,80	0,75
	100	0,85	0,62

Khi vận hành với điều kiện tải trong thực tế khác nhau thì hệ số cosφ khác nhau, điều này làm xấu các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật trong hệ thống cung cấp điện.

Theo “Thông tư Quy định về mua, bán công suất phản kháng” có hiệu lực từ ngày 10/12/2014 của Bộ Công Thương, người sử dụng điện sẽ bị phạt tiền nếu hệ số công suất dưới mức cho phép [6,7].

Tiền mua công suất phản kháng là số tiền mà người mua điện phải trả cho bên bán điện để bù đắp cho các khoản chi phí phát sinh thêm do bên mua điện sử dụng quá lượng công suất phản kháng quy định được tính theo công thức sau [6,7]:

$$T_q = T_p * k\% \tag{1}$$

Trong đó: T_q – tiền mua công suất phản kháng;

T_p – tiền mua công suất tác dụng (chưa tính thuế giá trị gia tăng);

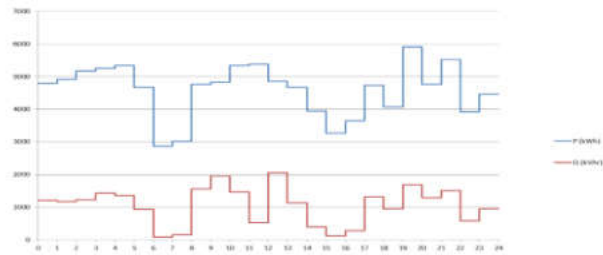
k – hệ số bù đắp chi phí do bên mua điện sử dụng quá lượng công suất phản kháng quy định, %. Hệ số k được xác định theo Bảng 2.

Bảng 2. Quy định về mua bán công suất phản kháng [7].

Hệ số công suất Cosφ	k (%)	Hệ số công suất Cosφ	k (%)
Từ 0,9 trở lên	0	0,74	21,62
0,89	1,12	0,73	23,29
0,88	2,27	0,72	25
0,87	3,45	0,71	26,76
0,86	4,65	0,7	28,57
0,85	5,88	0,69	30,43
0,84	7,14	0,68	32,35
0,83	8,43	0,67	34,33
0,82	9,76	0,66	36,36
0,81	11,11	0,65	38,46
0,8	12,5	0,64	40,63
0,79	13,92	0,63	42,86
0,78	15,38	0,62	45,16
0,77	16,88	0,61	47,54
0,76	18,42	0,6	50
0,75	20	Dưới 0,6	52,54

Trường hợp nếu cosφ của hệ thống điện nhỏ hơn 0,9, khách hàng sẽ phải đóng tiền mua công suất phản kháng. Cosφ càng thấp thì hệ số phạt càng cao [7].

Để đánh giá hiệu quả của việc áp dụng biện pháp bù công suất phản kháng, bài báo đánh giá cụ thể hiện trạng cho khu vực Trảng Khê, Công ty than Ưng Bí. Biểu đồ phụ tải ngày điển hình tại Trạm biến áp chính của mỏ được thể hiện trên hình H. 1.



H.1. Biểu đồ phụ tải ngày điển hình khu vực Trảng Khê, Công ty than Ưng Bí

Phụ tải trung bình:

$$P_{tb} = \int_0^T \frac{P dt}{T} = \frac{\sum_{i=1}^{24} P_i t_i}{24} = \frac{110094}{24} = 4.588 \text{ (kW)}$$

Áp dụng công thức để đánh giá hiệu quả bù, với giả thiết các phụ tải được huy động làm việc đầy tải, đạt được hệ số cosφ = 0,85, nếu thực hiện bù

lên $\cos\varphi = 0,9$ thì có thể tiết kiệm được lượng tiền cần mua công suất phản kháng là:

$$T_q = T_p * k\% = 4588 * 303 * 24 * 2000 * 5,88\% = 3.923.598.873,6 \text{ đồng/năm}$$

trong đó: $T_p = P_{lb} * T * a$, đồng

T – thời gian làm việc trong năm đã trừ đi số ngày nghỉ chủ nhật và ngày nghỉ lễ, h/năm;

a – đơn giá điện trung bình tại Xí nghiệp công nghiệp, đồng/kW.h.

Công suất cần bù khi hệ số công suất $\cos\varphi = 0,85$, bù lên $\cos\varphi = 0,9$ là:

$$Q_{bù} = P_{tb}(tg\varphi_{tbr} - tg\varphi_{tbs}) = 4588(0,61-0,48) = 596,44 \text{ kVAR}$$

Như vậy cần 02 bộ tụ bù 300 kVAR, cấp điện áp 6,0 kV. Giá trị trường của 01 bộ tụ bù 300 kVAR, trung bình 22.700.000 đồng. Do đó, vốn đầu tư trong trường hợp này:

$$V = \text{Số bộ} * \text{đơn giá} = 2 * 22.700.000 = 45.400.000 \text{ đồng.}$$

Lợi ích kinh tế đạt được, với điều kiện coi một bộ tụ khấu hao trong 01 năm:

$$L = T_q - V = 3.923.598.873,6 - 45.400.000 = 3.878.198.873,6 \text{ đồng/năm}$$

Nếu giả thiết các phụ tải được huy động làm việc với 50% tải, có hệ số $\cos\varphi = 0,73$, nếu thực hiện bù lên $\cos\varphi = 0,9$ thì có thể tiết kiệm được lượng tiền cần mua công suất phản kháng là:

$$T_q = T_p * k\% = 4588 * 303 * 24 * 23,29\% = 15.540.921.388,8 \text{ đồng}$$

Công suất cần bù khi hệ số công suất $\cos\varphi = 0,73$, bù lên $\cos\varphi = 0,9$ là:

$$Q_{bù} = P_{tb}(tg\varphi_{tbr} - tg\varphi_{tbs}) = 4588(0,93 - 0,48) = 2.064,6 \text{ kVAR}$$

Như vậy cần 07 bộ tụ bù 300 kVAR, cấp điện áp 6,0 kV. Vốn đầu tư trong trường hợp này:

$$V = \text{Số bộ} * \text{đơn giá} = 7 * 22.700.000 = 158.900.000 \text{ đồng.}$$

Lợi ích kinh tế đạt được, với điều kiện coi một bộ tụ khấu hao trong 01 năm:

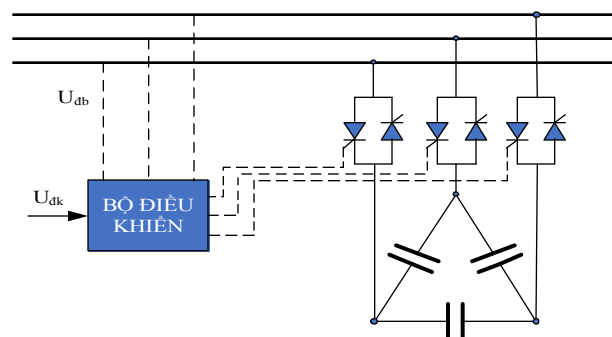
$$L = T_q - V = 15.540.921.388,8 - 158.900.000 = 15.382.021.388,8 \text{ đồng/năm}$$

Như vậy, rõ ràng việc sử dụng tụ bù để bù công suất phản kháng không những làm tăng chất lượng điện năng mà còn mang lại hiệu quả kinh tế rất lớn.

Các thiết bị điều khiển bù tự động được áp dụng phổ biến, bao gồm: Bù tự động theo thời gian; bù tự động theo dòng phụ tải; bù tự động theo điện áp; tự động điều chỉnh công suất bù linh hoạt bằng thiết bị điện tử công suất.

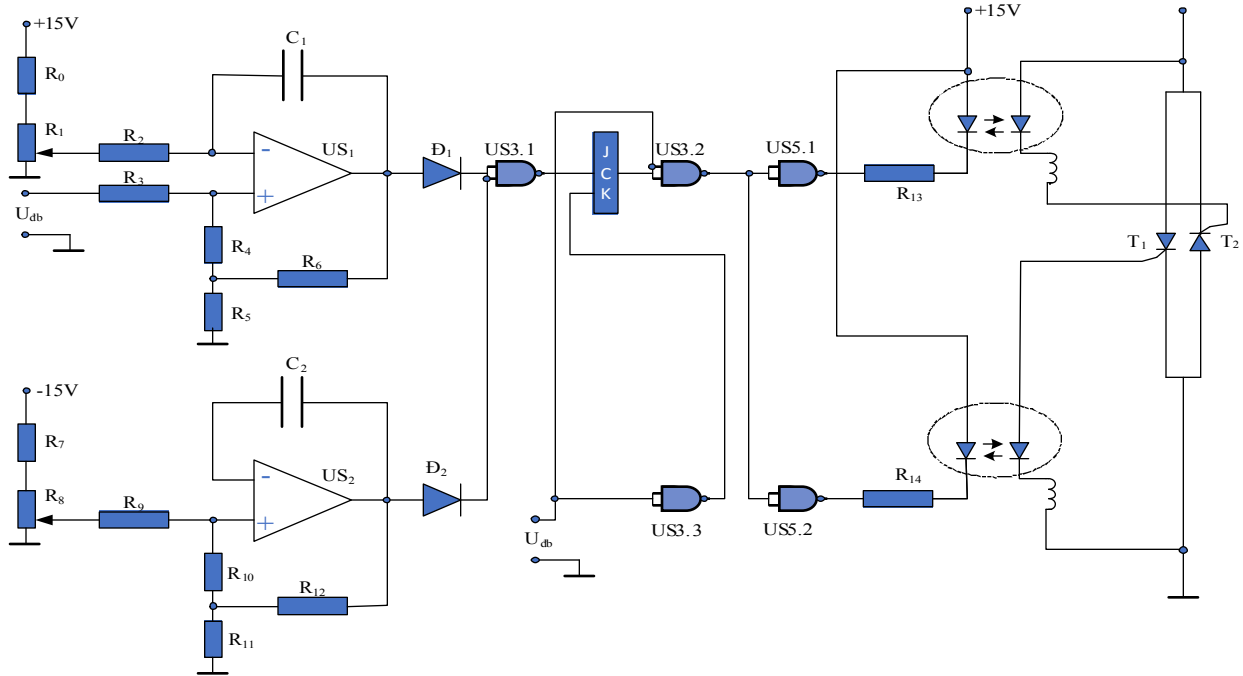
Nhược điểm chung của tất cả các bộ bù bằng tụ hay bằng máy điện đồng bộ là: Không thể điều chỉnh công suất bù một cách liên tục, vô cấp, tốc độ phản ứng chậm. Trong khi đó, hiệu quả sử dụng điện năng bao hàm việc giảm điện năng tiêu thụ và đảm bảo ổn định chất lượng điện áp, chỉ đạt được khi công suất bù của tụ vừa đủ với yêu cầu của phụ tải, tránh hậu quả của hiện tượng bù thiếu hay bù thừa. Do vậy, cần thiết phải có thiết bị điều chỉnh thường xuyên công suất bù theo phụ tải. Dựa trên đặc điểm tiêu thụ dòng của các bộ biến đổi dùng van bán dẫn thyristor, xí nghiệp có thể dùng các bộ biến đổi loại này làm các bộ nguồn công suất phản kháng thông qua việc điều chỉnh góc mở các van thyristor.

Đối với các phụ tải có tính chất biến đổi phức tạp như máy xúc, máy hàn..., muốn bù $\cos\varphi$ thì biện pháp thông thường là sử dụng khởi động từ đóng cắt nhiều lần, với các dòng xung kích lớn khiến các tiếp điểm của khởi động từ nhanh hỏng. Do vậy, giải pháp hiệu quả để cải thiện chất lượng điện áp là bù cục bộ với bộ chuyển mạch dùng thyristor có các ưu điểm: Tác động nhanh, không tạo xung kích dòng và áp, độ tin cậy cao. Với điều kiện mỏ Việt Nam theo đánh giá của Viện KHCN Mỏ thì một trong những sơ đồ phù hợp được mô tả trên hình H.2 và mạch điều khiển như trên hình H.3.



H.2. Sơ đồ nguyên lý bù động công suất phản kháng điều khiển bằng Thyristor

Việc ứng dụng các thiết bị bù công suất phản kháng chất lượng cao điều khiển bằng thyristor đã trở thành một nhu cầu cấp thiết nhằm nâng cao tính ổn định và hiệu quả sử dụng của hệ thống cung cấp điện nói chung cũng như đối với các phụ tải có công suất phản kháng thay đổi nhanh theo công nghệ khai thác mỏ nói riêng.



H.3. Sơ đồ mạch điều khiển chuyển mạch bằng Thyristor

2.2.2 Ứng dụng hệ truyền động điện tử công suất

Các hệ truyền động của máy xúc, máy khoan, băng tải, bơm nước... tiêu thụ điện năng rất lớn, thường xuyên khởi động và hãm. Nhằm mục đích giảm tiêu thụ điện năng, nâng cao chất lượng điều khiển, cần hoàn thiện các hệ điều khiển truyền động điện.

Sự phát triển nhanh chóng của kỹ thuật điện tử công suất đã cho phép ứng dụng các hệ truyền động động cơ điện xoay chiều với các tính năng điều chỉnh cao, đó là các bộ khởi động mềm (tổn hao năng lượng thấp) áp dụng cho động cơ máy bơm, máy nén khí và đặc biệt là các bộ điều chỉnh công suất (bộ biến tần), sử dụng cho máy khoan, máy xúc, băng tải.

So với phương pháp truyền thống điều khiển công suất máy điện quay, dùng cuộn kháng hay điện trở phụ thì các bộ biến đổi dùng van bán dẫn gây tổn hao điện năng nhỏ hơn rất nhiều, chất lượng điều chỉnh cao hơn và chi phí sử dụng thấp hơn.

> Nguyên lý tiết kiệm điện năng khi sử dụng biến tần.

Thông thường, công suất trên trục động cơ tỷ lệ với mômen cản: $P_2 = M_c \cdot \omega$ [8].

Khi sử dụng biến tần vào điều chỉnh tốc độ động cơ thì công suất trên trục không những thay đổi

theo mômen cản mà còn thay đổi theo tốc độ được điều chỉnh:

$$P_{2BT} = M_c \cdot \omega_{BT} \tag{2}$$

trong đó: ω_{BT} - tốc độ thay đổi khi sử dụng biến tần.

Tỉ số công suất cơ trên trục động cơ :

$$\frac{P_{2BT}}{P_2} = \frac{\omega_{BT}}{\omega} \rightarrow P_{2BT} = P_2 \frac{\omega_{BT}}{\omega} \tag{3}$$

Nếu giả thiết hiệu suất của động cơ ($\eta = \eta_{BT}$) là không thay đổi khi có sử dụng hoặc không sử dụng biến tần thì động cơ tiêu thụ một công suất từ lưới điện trong hai trường hợp là $P_1 = \frac{P_2}{\eta}$;

$$P_{1BT} = P_1 \frac{\omega_{BT}}{\omega} \tag{4}$$

Như vậy, nếu sử dụng biến tần điều khiển tốc độ động cơ thì sẽ giảm được công suất tiêu thụ từ lưới điện so với khi không sử dụng biến tần theo tỉ số $\frac{\omega_{BT}}{\omega}$.

> Đánh giá hiệu quả kinh tế khi sử dụng biến tần tại mỏ điển hình.

Do điều kiện vùng mỏ Quảng Ninh rộng lớn, tuy nhiên về công nghệ sử dụng trong khai thác không có nhiều sự khác biệt, do đó trong nghiên cứu này chọn mỏ Cọc Sáu làm mỏ điển hình để đánh giá. Theo các số liệu thống kê, hiện tại Công ty than Cọc Sáu đang sử dụng một số lượng biến tần khá lớn.

Khi động cơ làm việc non tải, khảo sát thực tế cho thấy với tốc độ cài đặt tương ứng, kết quả tiêu thụ điện đối với các phụ tải này được thống kê trong Bảng 3.

Bảng 3. So sánh hiện trạng sử dụng công suất ở các trạng thái vận hành khác nhau

Công suất tiêu thụ khi không sử dụng biến tần với hệ số mang tải; kW			Công suất tiêu thụ khi sử dụng biến tần với hệ số mang tải; kW		
1,0	0,8	0,5	1,0	0,8	0,5
2.375	1.900	1.187,5	2.375	1.520	593,75

Chênh lệch công suất khi tải và tốc độ giảm 50% là $\Delta P = P - P_{BT} = 1.187,5 - 593,75 = 593,75 \text{ kW}$

Nếu giả thiết trong một ngày vào những giờ ca 3 và vào hai ngày nghỉ cuối tuần, tốc độ động cơ được điều chỉnh giảm 50%, với tải 50% thì lượng điện năng tiết kiệm được là:

$$\Delta A = \Delta P_{50\%} \cdot 224 \text{ h/tháng} \cdot 12 \text{ tháng} = 593,75 \cdot 224 \cdot 12 = 1.596.000 \text{ kWh}$$

Quy đổi ra tiền điện với giá điện công nghiệp hiện hành $C_0 = 2.000 \text{ đ/kWh}$ thì sau một năm, nếu sử dụng biến tần, mỏ Cọc Sáu tiết kiệm được:

$$C = C_0 \cdot \Delta A = 2.000 \cdot 1.596.000 = 3.192 \cdot 10^6 \text{ đồng}$$

Giá trung bình của biến tần trên thị trường là $a = 1 \text{ triệu đồng/1kW}$. Vậy vốn đầu tư cho tổng công suất biến tần cần lắp đặt cho mỏ Cọc Sáu là:

$$V = \sum P_{BT} \cdot a = 2.375 \cdot 1.000.000 = 2.375 \cdot 10^6 \text{ đồng}$$

Thời gian thu hồi vốn đầu tư :

$$T = \frac{V}{C} = \frac{2.375 \cdot 10^6}{3.192 \cdot 10^6} = 0,74 \text{ năm}$$

Như vậy, qua kết quả tính toán sơ bộ có thể thấy rõ khi năng suất làm việc giảm thì việc áp dụng biến tần vào điều khiển các khâu công nghệ là hết sức hợp lý, năng suất làm việc càng giảm thì hiệu quả tiết kiệm năng lượng càng cao. Với những xí nghiệp bố trí các quá trình công nghệ không hợp lý, hiệu suất thấp thì việc bố trí biến tần vào điều

kiển có thể mang lại lợi ích kinh tế lớn ngay năm đầu tiên áp dụng.

Sử dụng biến tần để điều chỉnh tốc độ động cơ còn có những lợi thế sau:

- Hạn chế dòng khởi động nên tiết kiệm được điện năng, làm giảm xung giạt cơ học nâng cao tuổi thọ thiết bị;

- Với những thiết bị có đặc tính tải thay đổi thường chạy non tải như băng tải, khi sử dụng biến tần sẽ nâng cao được hệ số công suất $\cos\phi$, do đó điện áp đặt vào cực của động cơ giảm làm giảm tổn thất điện năng trong lõi sắt từ, tăng hiệu suất sử dụng điện;

- Với những thiết bị như bơm nước, máy nén khí..., biến tần điều chỉnh tốc độ động cơ cho phù hợp với yêu cầu tải thực tế, giảm được công suất tiêu thụ;

- Nâng cao khả năng tự động hóa quá trình điều khiển và giám sát;

Ngoài ra khi sử dụng biến tần, thiết bị còn được bảo vệ thông qua các bảo vệ quá tải, ngắn mạch, chạm đất, mất pha.

Việc áp dụng thành công biến tần vào một số phân xưởng của mỏ Cọc Sáu đã chứng tỏ với sự phát triển nhanh của công nghệ bán dẫn đã giảm thiểu đáng kể chi phí điện năng.

3. KẾT LUẬN

Trong những năm qua các công ty khai thác mỏ đã áp dụng nhiều giải pháp công nghệ mới vào sản xuất. Qua đánh giá trên có thể thấy là khi áp dụng các giải pháp công nghệ này rõ ràng đã nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng, góp phần tăng năng suất, sản lượng than khai thác, cải thiện điều kiện làm việc của người lao động, nâng cao mức độ an toàn và hiệu quả sản xuất, kinh doanh của các xí nghiệp. Tuy nhiên, bên cạnh các giải pháp công nghệ cần chú trọng các giải pháp quản lý, vận hành, đào tạo cán bộ hợp lý ở tất cả các khâu của xí nghiệp. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Hữu Phúc. Nghiên cứu các giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng ở các xí nghiệp khai thác than vùng Quảng Ninh. Luận án Tiến sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 2009.
2. Trần Duy Minh. Nghiên cứu hiện trạng sử dụng thiết bị điện mỏ lộ thiên và đề xuất các giải pháp hữu hiệu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng ở các mỏ lộ thiên vùng Quảng Ninh. Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 2005.
3. Nguyễn Đình Thống. Nghiên cứu hiện trạng sử dụng thiết bị điện mỏ hầm lò và đề xuất các giải pháp hữu hiệu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng ở các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh. Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 2005.

4. Nguyễn Văn Quân. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp hữu hiệu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng ở các mỏ vùng Uông Bí, Quảng Ninh. Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 2008.
5. Đỗ Như Ý. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp hữu hiệu nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng điện năng ở các mỏ lộ thiên vùng Cẩm Phả, Quảng Ninh. Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, 2008.
6. <https://www.ev.com.vn/d6/news/Quy-dinh-ve-mua-ban-cong-suat-phan-khang-9-134-14582.aspx>
7. <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Thuong-tu-15-2014-TT-BC-T-mua-ban-cong-suat-phan-khang-Bo-Cong-Thuong-231986.aspx>.
8. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, Nguyễn Thị Hiền. Truyền động điện. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật. Hà Nội, 2001.

EVALUATION OF NEW TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO IMPROVE EFFICIENCY OF ELECTRICITY USE IN MINING COMPANIES

ABSTRACT

The cost of electricity accounts for a significant proportion of the cost of one ton of coal mining. Therefore, in recent years, a lot of many enterprises have applied many new technological solutions in production lines to reduce electricity costs. The article evaluates the efficiency of the application of these solutions in practice, from which recommendations to widely apply these ones to improve electricity efficiency at the mines.

Keywords: *advanced technology, power efficiency, mining company electrical network, energy saving, power electronics, inverter.*

Ngày nhận bài: 21/06/2020

Ngày gửi phản biện: 18/08/2020

Ngày nhận phản biện: 25/10/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/3/2021

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*