

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MA TRẬN ĐIỆN CẢM MÔ PHÒNG ĐỘNG CƠ CAO ÁP TRONG PHÂN TÍCH CHẤT LƯỢNG ĐIỆN ÁP LƯỚI ĐIỆN 6 KV MỎ LỘ THIÊN VÙNG QUẢNG NINH

TS. LÊ XUÂN THÀNH, PGS.TS. NGUYỄN ANH NGHĨA
 Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Cùng với việc mở rộng quy mô sản xuất, động cơ cao áp cùng với các thiết bị điện tử công suất như biến tần, các bộ khởi động mềm đang được sử dụng rộng rãi trong lưới điện 6 kV ở các mỏ lộ thiên.

Những thiết bị này làm ảnh hưởng đáng kể tới chất lượng điện áp nói riêng cũng như chất lượng điện năng nói chung.

Để đánh giá ảnh hưởng của các thiết bị nói trên đối với các phụ tải điện 6 kV, chúng ta có thể mô phỏng động cơ đồng bộ cao áp bằng phép biến đổi hệ "abc" về hệ "qd0" trong Simulink.

Bài báo trình bày nghiên cứu tính toán các hệ số K trong ma trận điện cảm của phép biến đổi abc về dq0 để mô phỏng phục vụ quá trình phân tích đánh giá chất lượng điện áp của lưới 6 kV ở các mỏ lộ thiên điển hình.

1. Tính toán các hệ số K trong ma trận điện cảm của mô hình mô phỏng

1.1. Hệ phương trình toán học của mô hình động cơ đồng bộ 6 kV

Phương trình điện áp của rotor và stator máy điện đồng bộ được biểu diễn dưới dạng ma trận như sau [1]:

$$\begin{bmatrix} U_{as} \\ U_{bs} \\ U_{cs} \\ U'_{ar} \\ U'_{br} \\ U'_{cr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & r_s & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r'_r & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & r'_r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & r'_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \\ i'_{ar} \\ i'_{br} \\ i'_{cr} \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \lambda_{as} \\ \lambda_{bs} \\ \lambda_{cs} \\ \lambda'_{ar} \\ \lambda'_{br} \\ \lambda'_{cr} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó:

$$\begin{bmatrix} \lambda_{as} \\ \lambda_{bs} \\ \lambda_{cs} \\ \lambda_{ar} \\ \lambda_{br} \\ \lambda_{cr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_s & L_{sr} \\ L_{rs} & L_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \\ i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ở đây: các ma trận điện cảm L_s , L_r , L_{sr} và L_{rs} đều là các hàm phụ thuộc biến số góc quay θ được cho ở (3):

$$L_r = \begin{bmatrix} L_{\sigma r} + L_m & -\frac{1}{2}L_m & -\frac{1}{2}L_m \\ -\frac{1}{2}L_m & L_{\sigma r} + L_m & -\frac{1}{2}L_m \\ -\frac{1}{2}L_m & -\frac{1}{2}L_m & L_{\sigma r} + L_m \end{bmatrix}$$

$$L_s = \begin{bmatrix} L_{\sigma s} + L_m & -\frac{1}{2}L_m & -\frac{1}{2}L_m \\ -\frac{1}{2}L_m & L_{\sigma s} + L_m & -\frac{1}{2}L_m \\ -\frac{1}{2}L_m & -\frac{1}{2}L_m & L_{\sigma s} + L_m \end{bmatrix}$$

$$L_m = \begin{bmatrix} \cos\theta_m & \cos(\theta_m + 120) & \cos(\theta_m - 120) \\ \cos(\theta_m - 120) & \cos\theta_m & \cos(\theta_m + 120) \\ \cos(\theta_m + 120) & \cos(\theta_m - 120) & \cos\theta_m \end{bmatrix}$$

$$L_{rs} = L_m \begin{bmatrix} \cos\theta_m & \cos(\theta_m - 120) & \cos(\theta_m + 120) \\ \cos(\theta_m + 120) & \cos\theta_m & \cos(\theta_m - 120) \\ \cos(\theta_m - 120) & \cos(\theta_m + 120) & \cos\theta_m \end{bmatrix}$$

$$\theta = \int_0^t \omega(\gamma) d\gamma + \theta(0) \quad (3)$$

1.2. Tính toán các hệ số K trong các ma trận điện cảm trong phép biến đổi abc-dq0 để mô phỏng các máy điện đồng bộ

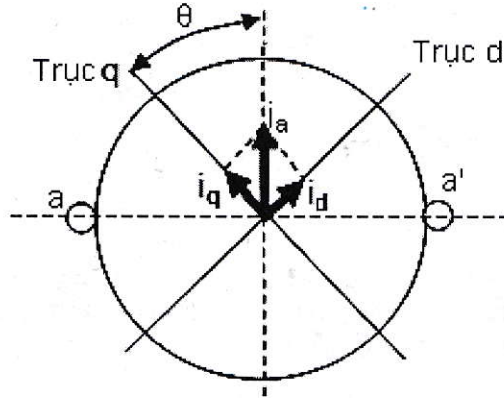
1.2.1. Ma trận biểu diễn biến đổi hệ abc sang hệ dq0

Theo [2] và với cách biểu diễn như trên H.1, dòng điện hệ dq0 được biểu diễn thông qua dòng điện các pha như sau:

$$\begin{aligned} i_q &= k_q (i_a \cos \theta + i_b \cos(\theta - 120^\circ) + i_c \cos(\theta + 120^\circ)) \\ i_d &= k_d (i_a \sin \theta + i_b \sin(\theta - 120^\circ) + i_c \sin(\theta + 120^\circ)) \\ i_0 &= k_0 (i_a + i_b + i_c) \end{aligned} \quad (4)$$

Hoặc dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} i_q \\ i_d \\ i_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_q \cos \theta & k_q \cos(\theta - 120^\circ) & k_q \cos(\theta + 120^\circ) \\ k_d \sin \theta & k_d \sin(\theta - 120^\circ) & k_d \sin(\theta + 120^\circ) \\ k_0 & k_0 & k_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} \quad (5)$$



H.1. Dòng điện ba pha a, b, c ở hệ trục “qd0”

1.2.2. Tính toán các hệ số trong ma trận điện cảm

Nếu thay:

$$i_a = A \cos \omega t; \quad i_b = A \cos(\omega t - 120^\circ); \quad i_c = A \cos(\omega t + 120^\circ) \quad (6)$$

vào (4), ta có:

$$\begin{aligned} i_q &= k_d (A \cos \omega t \cos \theta + A \cos(\omega t - 120^\circ) \cos(\theta - 120^\circ) + A \cos(\omega t + 120^\circ) \cos(\theta + 120^\circ)) \\ &= k_d A (\cos \omega t \cos \theta + \cos(\omega t - 120^\circ) \cos(\theta - 120^\circ) + \cos(\omega t + 120^\circ) \cos(\theta + 120^\circ)) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} i_q &= 0,5 \cdot k_d \cdot A \cdot \{ \cos(\omega t - \theta) + \cos(\omega t + \theta) + \cos(\omega t - 120^\circ - \theta + 120^\circ) + \cos(\omega t - 120^\circ + \theta - 120^\circ) \\ &\quad + \cos(\omega t + 120^\circ - \theta - 120^\circ) + \cos(\omega t + 120^\circ + \theta + 120^\circ) \} \\ &= 0,5 \cdot k_d \cdot A \cdot \{ \cos(\omega t - \theta) + \cos(\omega t + \theta) + \cos(\omega t - \theta) + \cos(\omega t + \theta - 240^\circ) \\ &\quad + \cos(\omega t - \theta) + \cos(\omega t + \theta + 240^\circ) \} \end{aligned} \quad (8)$$

Hay:

$$i_q = 0,5 \cdot k_d \cdot A \cdot \{ 3 \cos(\omega t - \theta) + [\cos(\omega t + \theta) + \cos(\omega t + \theta - 240^\circ) + \cos(\omega t + \theta + 240^\circ)] \} \quad (9)$$

Do tính đối xứng của ba véc tơ không gian, tổng ba đại lượng trong ngoặc vuông ở (9) bằng 0.

Vì vậy (9) được biểu diễn lại dưới dạng thu gọn cuối cùng như sau:

$$i_q = 0,5 \cdot k_d \cdot A \cdot \{ 3 \cos(\omega t - \theta) \} = 1,5 \cdot k_d \cdot A \cdot \cos(\omega t - \theta) \quad (10)$$

Mặt khác từ H.1 có thể dễ dàng thấy véc tơ dòng điện i_q quay chậm sau i_a một góc θ :

$$i_q = A \cos(\omega t - \theta) \quad (11)$$

Cân bằng về phải của (10) và (11) thu được:

$$1,5 \cdot k_d \cdot A = A \text{ suy ra } k_d = \frac{1}{1,5} \quad (12)$$

Tương tự tính toán với k_d và k_0 , thu được kết quả cuối cùng là:

$$[k_d \quad k_q \quad k_0] = [3/2 \quad 3/2 \quad 1/3]$$

Thay bộ tham số k nói trên vào (5) và vào phương trình điện áp tổng quát của máy điện đồng bộ thu được:

$$\begin{bmatrix} v_{qs} \\ v_{ds} \\ v_{0s} \\ v_{qr} \\ v_{dr} \\ v_{0r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_s & \omega \left(L_{\sigma s} + \frac{3}{2} L_m \right) & 0 & 0 & 0 & \frac{3\omega}{2} L_m \\ -\omega \left(L_{\sigma s} + \frac{3}{2} L_m \right) & r_s & 0 & -\frac{3\omega}{2} L_m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3(\omega - \omega_m)}{2} L_m & 0 & r_r & (\omega - \omega_m) \left(L_{\sigma r} + \frac{3}{2} L_m \right) & 0 \\ -\frac{3(\omega - \omega_m)}{2} L_m & 0 & 0 & -(\omega - \omega_m) \left(L_{\sigma r} + \frac{3}{2} L_m \right) & r_r & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & r_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \\ i_{0s} \\ i_{qr} \\ i_{dr} \\ i_{0r} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_{\sigma s} + \frac{3}{2} L_m & 0 & 0 & \frac{3}{2} L_m & 0 & 0 \\ 0 & L_{\sigma s} + \frac{3}{2} L_m & 0 & 0 & \frac{3}{2} L_m & 0 \\ 0 & 0 & L_{\sigma s} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{2} L_m & 0 & 0 & L_{\sigma r} + \frac{3}{2} L_m & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2} L_m & 0 & 0 & L_{\sigma r} + \frac{3}{2} L_m & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & L_{\sigma r} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \\ i_{0s} \\ i_{qr} \\ i_{dr} \\ i_{0r} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Phương trình (13) là cơ sở để mô phỏng các động cơ cao áp 6 kV phục vụ cho quá trình phân tích chất lượng điện áp cũng như chất lượng điện năng trong lưới điện 6 kV.

3. Kết quả mô phỏng

3.1. Mô hình mô phỏng trên Matlab

Các mô phỏng trên Matlab được xây dựng căn cứ vào các phương trình (11), (12), (13), (14) ([3], [4], [5]). Căn cứ vào phương trình (14) và (15) ta có thể xây dựng mô hình mô phỏng biểu diễn các biến đổi từ hệ abc sang hệ dq0 cũng như mô hình tổng

quát mô phỏng động cơ điện cao áp 6kV của các mô lộ thiên (xem H.2, H.3).

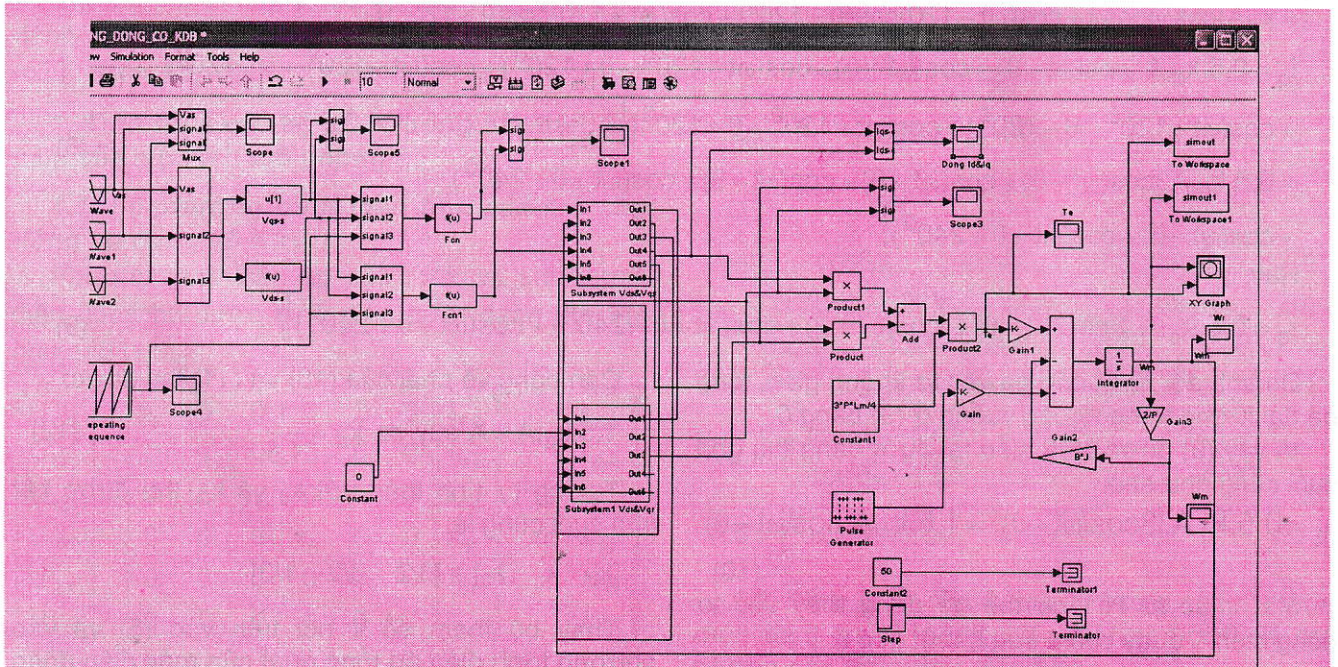
$$v_{qs} = \frac{2}{3} v_a - \frac{1}{3} v_b - \frac{1}{3} v_c$$

$$v_{ds} = \frac{1}{\sqrt{3}} (v_c - v_b) \quad (14)$$

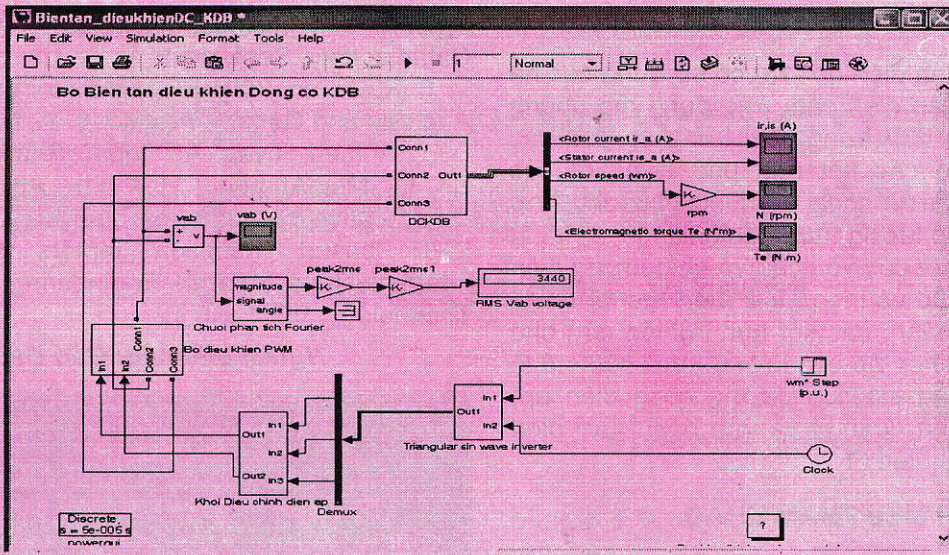
$$v_0 = \frac{1}{3} (v_a + v_b + v_c)$$

$$v_{qr} = v_{qs} \cdot \cos\theta_r(t) - v_{ds} \cdot \sin\theta_r(t) \quad (15)$$

$$v_{dr} = v_{ds} \cdot \sin\theta_r(t) + v_{qs} \cdot \cos\theta_r(t)$$



H.2. Mô phỏng động cơ cao áp 6 kV dùng trong các mô lộ thiên

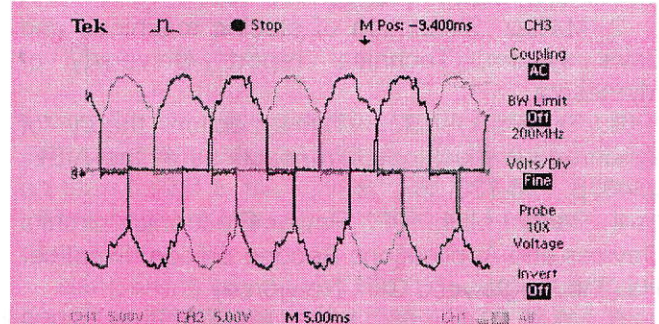


H.3. Mô phỏng động cơ cao áp 6 kV kết nối với biến tần

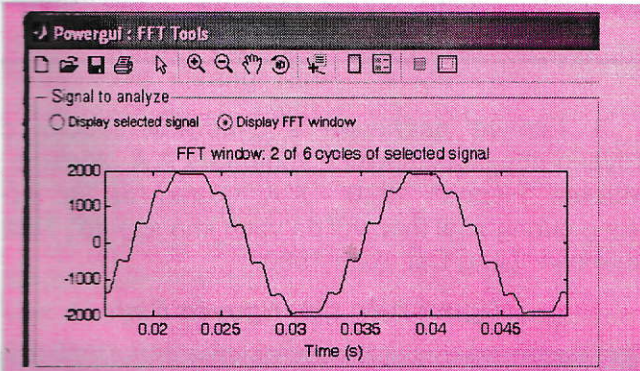
3.2. Các kết quả thu được sau mô phỏng

Sau khi tiến hành mô phỏng, dạng sóng điện áp đo trên thanh cái 6kV của mạng trung áp mỏ lộ thiên thể hiện trên H.4 được so sánh với kết quả đo thực nghiệm trên H.5 [6] và kết quả mô phỏng thực nghiệm trong phòng thí nghiệm H.6 [7].

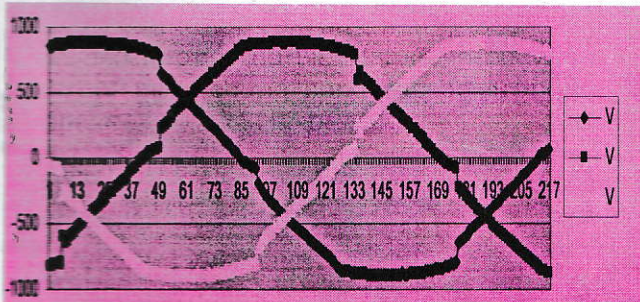
Các kết quả nói trên đã phản ánh chính xác những ảnh hưởng của biến tần-động cơ với lưới điện 6 kV minh chứng bằng các đo lường thực nghiệm trên H.7.a và H.7.b.



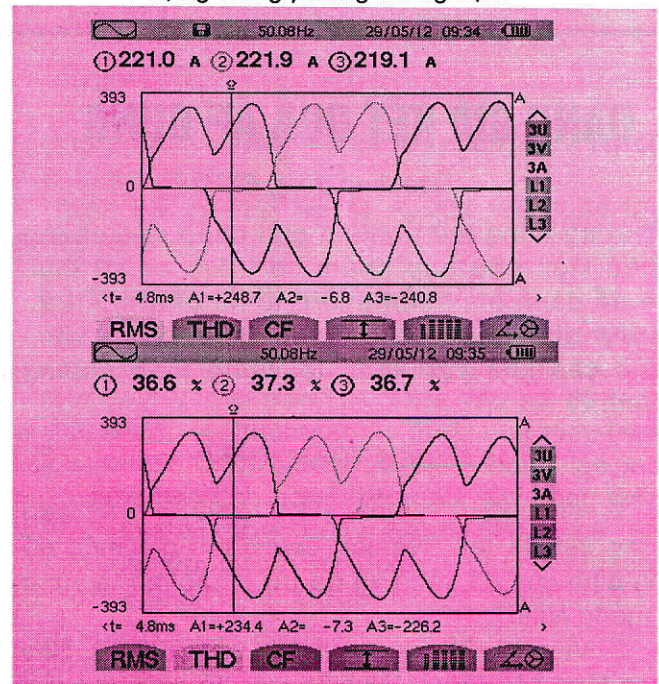
H.6. Dạng sóng điện áp thu được từ mô hình xây dựng trong phòng thí nghiệm



H.4. Dạng sóng điện áp thu được từ mô phỏng Matlab



H.5. Dạng sóng điện áp thu được từ dữ liệu đo thực nghiệm



H.7. Kết quả đo thực nghiệm minh chứng ảnh hưởng của biến tần đối với méo điện áp trên lưới 6 kV

4. Kết luận

❖ Phương trình điện áp (13) có sử dụng các hệ số K trong ma trận điện cảm ứng dụng mô phỏng động cơ cao áp 6kV trong lưới trung áp của các mỏ lộ thiên cho các kết quả phù hợp với các nghiên cứu đã được công bố cũng như phù hợp với các dữ liệu đo lường thực nghiệm.

❖ Đối chiếu với các yêu cầu về chất lượng điện năng của IEC6100 và theo Luật Điện lực đã được Chính phủ ban hành, các kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng điện áp của lưới 6 kV ở các mỏ lộ thiên (dạng không sin của đường cong điện áp) cần được các nhà quản lý và vận hành lưới điện mỏ quan tâm cải thiện. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. P. Krause, 1995 Analysis of Electric Machinery, IEEE Press, pp. 167-168.
2. M.Riaz, Simulation of electric machines and drive system, Technical report. University of Minnesota.
3. R. Park, 1929 Two reaction theory of synchronous machines. Transactions of the AIEE, v. 48, p. 716-730.
4. Rashid M.H, 1993 Power Electronics circuits Devices and Applications Second Edition, Prentice-Hall Inc, Englewood Cliff, Newjersey,
5. G.A. Leonov, N.V. Kondrat'Eva, 2009 Electromechanical and Mathematical models of

synchronous electrical machines, PHYSICON 2009, Catania, Italy, September,

6. R.Kisnan, 2001 Electric motor drive modeling, Analysis and Control, Prentice Hall, NewJersey,.

7. Ahmed Riyaz, Atif Iqbal, Shaikh Moinoddin, SK. MoinAhmed, Haitham Abu-Rub, 2009, Comparative performance analysis Thyristors and IGBT based induction motors soft starters, International Journal of Engineering, Science and Technology, Vol 1. No 1.

Người biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

The paper shows the way to build up the maths equations of synchronous motors as well as the methods for calculating inductance matrix's K factors. Base on the comprehensive voltage equations concerning these factors a Matlab model of synchronous machines has been built. This model also used to simulate 6kV network for analyzing voltage quality at the mines. Some important quantities, especially harmonics, caused by 6kV synchronous machines' over excitation will be compared with real time measurement to find out solutions.

ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ÁP DỤNG...

(Tiếp theo trang 62)

khai áp dụng thử nghiệm giải pháp cho những điều kiện phù hợp nhằm có thêm cơ sở thực tế để đánh giá hoàn thiện, từ đó phát triển áp dụng giải pháp công nghệ điều khiển vách cho các khu vực khác tại vùng than Quảng Ninh. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Viện KHCN Mỏ - TKV (1992): Báo cáo tổng kết đề tài: "Nghiên cứu đánh giá mức độ ổn định của đá vách và đá trụ ở các mỏ lò vùng Quảng Ninh".
2. Viện KHCN Mỏ - VINACOMIN (2013), Báo cáo tổng kết đề tài: "Nghiên cứu đề xuất các giải pháp điều khiển đá vách hợp lý tại một số mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh".

3. Горное давление в очистных забоях с трудно-обрушающимися кровлями. А.А. Журило. Москва "Недра". 1980 - А.А. Giurilo "áp lực mỏ trong gương khai thác với đá vách khó sập đổ". Nhà xuất bản "Lòng Đất" năm 1980.

Người biên tập: Nguyễn Bình

SUMMARY

After providing the mining conditions, this paper refers to the selection of the solutions for controlling the ground pressure as well as the flowsheets applied to the coal seams N^o 4 at Khe Chuối coal mine and N^o15 at the area III of Quang Hanh coal mine. Further more, the author also introduces the technical and economic index obtained after applying these flowsheets.