

ĐÁNH GIÁ MỘT SỐ CHỈ TIÊU CHẤT LƯỢNG ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI 6KV MỎ LỘ THIÊN BẰNG MÔ HÌNH MATLAB SIMULINK

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

Tóm tắt: Bài báo đã giới thiệu tổng quan về một số chỉ tiêu chất lượng điện áp ở Việt Nam và trên thế giới. Để phân tích đánh giá những chỉ tiêu chất lượng điện áp này cần tiến hành mô phỏng các phần tử của hệ thống điện trung áp 6kV ở các mỏ lộ thiên trong môi trường Matlab. Từ những phương trình toán học biểu diễn quan hệ điện từ của đường dây, biểu diễn điện áp roto và stato của các động cơ điện ở hệ trục dq0... các mô hình mô phỏng của các phần tử chính của lưới điện 6kV như đường dây trên không, cáp điện, các máy biến áp, các động cơ cao áp đã được xây dựng. Những mô phỏng này được ứng dụng để đánh giá về một số chỉ tiêu chất lượng điện áp chính ở trạng thái ổn định như: độ lệch điện áp, sóng hài dòng điện...; so sánh với các tiêu chuẩn quốc tế và Việt Nam để rút ra những nhận xét xác đáng đối với lưới điện 6kV các mỏ lộ thiên Quảng Ninh.

1. Khái quát chung về các chỉ tiêu chất lượng điện áp

Chất lượng điện áp nói riêng, chất lượng điện năng nói chung trên lưới điện trung áp hiện là vấn đề đang được quan tâm khá nhiều trong thời gian gần đây. Những chỉ tiêu chất lượng điện áp về cơ bản được phân thành hai dạng chính [4]:

+ Những biến đổi điện áp ở trạng thái ổn định: Độ lệch điện áp, tổn hao điện áp và các sóng hài dòng điện.

+ Nhiều loạn điện áp: vồng áp, lồi áp, điện áp quá độ trong thời gian ngắn.

1.1 Những biến đổi điện áp ở chế độ ổn định

1.1.1. Độ lệch điện áp: Độ lệch điện áp tại một nút phụ tải của hệ thống điện được định nghĩa là chênh lệch điện áp thực tế U so với điện áp định mức U_{dm} của lưới ứng với tốc độ biến thiên điện áp dưới 1% /giây.

$$\Delta U = \frac{U - U_{dm}}{U_{dm}} \times 100\% \quad (1)$$

Tùy theo cấp điện áp, trình độ khai thác lưới điện công nghiệp, các quốc gia có những quy định khác nhau về tiêu chuẩn chất lượng liên quan tới độ lệch điện áp.

• Theo [6] GOST 13109-87 của Nga thì độ lệch điện áp của lưới điện trung áp thông thường cho phép ở mức $\pm 5\%$, với các thiết bị

chiếu sáng công nghiệp và công sở độ lệch cho phép là $-2,5\%$ tới $+5\%$.

• Theo *Electricity de France* [8] độ lệch điện áp cho phép trong lưới trung áp áp dụng cho đường dây trên không và cáp điện là $\pm 5,5\%$.

• Lưới trung áp của *Singapore* độ lệch điện áp cho phép là $\pm 6\%$.

• Với lưới trung áp của *Việt Nam*, Điều 15 khoản a Nghị định 137/2013/NĐ-CP [3] của Chính phủ quy định về chất lượng điện áp: “Về điện áp: Trong điều kiện bình thường, độ lệch điện áp cho phép trong khoảng $\pm 5\%$ so với điện áp danh định của lưới điện và được xác định tại vị trí đặt thiết bị đo đếm điện hoặc tại vị trí khác do hai bên thỏa thuận. Đối với lưới điện chưa ổn định sau sự cố, độ lệch điện áp cho phép từ $+5\%$ đến -10% ”.

1.1.2. Tổn hao điện áp

Trong lưới điện công nghiệp và lưới trung áp của các mỏ lộ thiên, tổn hao điện áp phải được tính toán ứng với chế độ cực đại của biểu đồ phụ tải. Đại lượng này phụ thuộc không chỉ vào công suất tiêu thụ của phụ tải mà còn phụ thuộc vào cấu trúc lưới, hiện trạng trang bị điện của các xí nghiệp công nghiệp. Theo các tiêu chuẩn [4], [6] và [8], [9] độ lệch điện áp cho

phép tính từ trạm biến áp đầu nguồn lưới điện trung áp tới các phụ tải xa nhất trong lưới điện thông thường không được vượt quá $5\% U_{dm}$.

1.1.3. Sóng hài dòng điện

Sóng hài dòng điện được hình thành khi điện áp có dạng không sin. Lưới điện càng có nhiều các bộ biến đổi công suất sẽ càng gây méo dạng sóng điện áp. Mức độ không sin của đường cong điện áp được đánh giá thông qua hai chỉ tiêu cơ bản:

+ Số lượng các bậc sóng hài có kể tới biên độ của từng sóng hài;

+ Tổng méo sóng hài: THD.

Theo [6] GOST 13109-87 của Nga THD của lưới điện trung áp không vượt quá 5%.

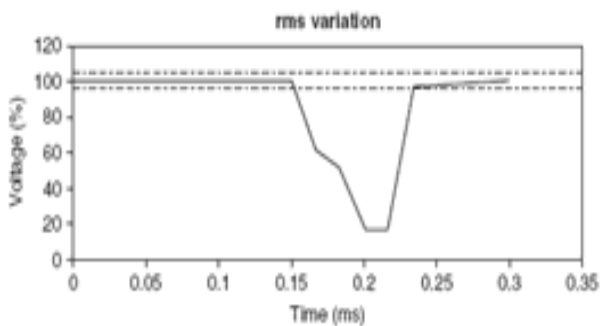
Theo IEC 61000 [8] với lưới trung áp, biên dạng riêng rẽ của từng thành phần hài không được vượt quá 3% và tổng méo sóng hài không được vượt quá 5%. Tiêu chuẩn chi tiết của độ méo sóng hài cho phép trong lưới trung áp được cho ở bảng 1.

Bảng 1. Giới hạn biến dạng sóng hài trong lưới điện trung áp

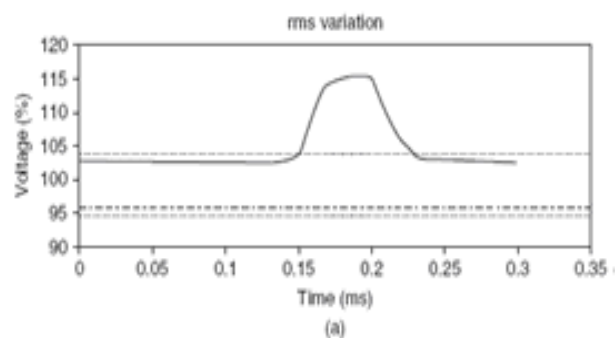
Hài lẻ phi bội của 3		Hài bậc lẻ bội của 3		Hài chẵn	
Bậc hài (h)	% cho phép	Bậc hài (h)	% cho phép	Bậc hài (h)	% cho phép
5	5	3	4	2	1,6
7	4	9	1,2	4	1
11	3	15	0,3	6	0,5
13	2,5	21	0,2	8	0,4
17	1,6	>21	0,2	10	0,4
19	1,2	/	/	12	0,2
23	1,2			>12	0,2
25	1,2			/	
>25	$0,2 + 0,5(\frac{25}{h})$				

1.2. Các nhiễu loạn điện áp

Các nhiễu loạn điện áp gồm: vồng áp, lồi áp, biến dạng điện áp hình V, quá độ điện áp dạng xung và dao động quá độ. Trong lưới trung áp những nhiễu loạn điện áp thường gặp đó là: Vồng áp, lồi áp. Trên hình 2 là một số dạng sóng về nhiễu loạn điện áp thường gặp trong lưới trung áp 6kV [4].



a)



b)

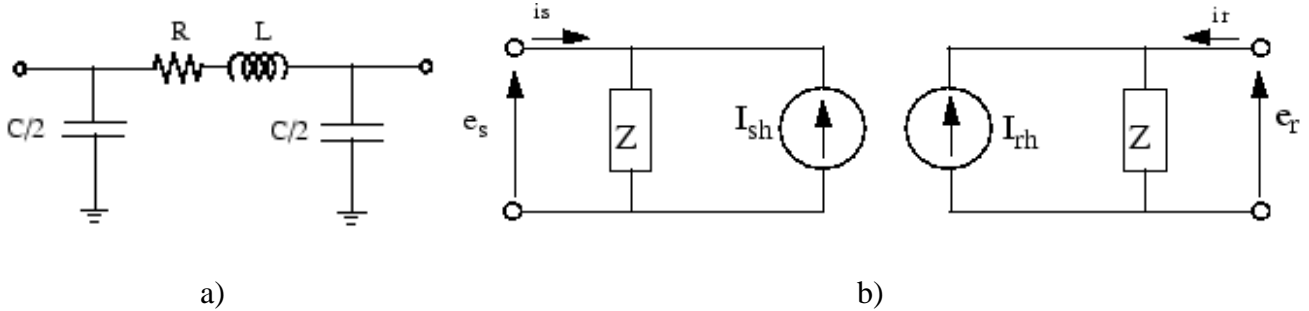
Hình 2. a) Dạng sóng vồng áp; b) Dạng sóng lồi áp do chạm đất một pha

Qua các đề cập ở trên cũng như qua các thống kê trong các tài liệu [3], [6], [15] đối với lưới điện trung áp nói chung và lưới 6kV nói riêng, hai chỉ tiêu thường được quan tâm hơn cả đó là độ lệch điện áp, tổn hao điện áp và các sóng hài dòng điện. Dao động điện áp hay những nhiễu loạn điện áp thường được chú ý nhiều hơn đối với lưới cao và siêu cao áp.

2. Mô hình mô phỏng một số phần tử chính lưới 6kV các mỏ lộ thiên

2.1. Đường dây

Với hai loại dây dẫn hiện đang được sử dụng rộng rãi trong lưới 6kV là cáp và đường dây trên không, thường có hai loại sơ đồ thay thế và mô phỏng thường được sử dụng: sơ đồ thông số rải hoặc sơ đồ thay thế hình π . Trên hình 3 là mô hình của hai loại sơ đồ này.



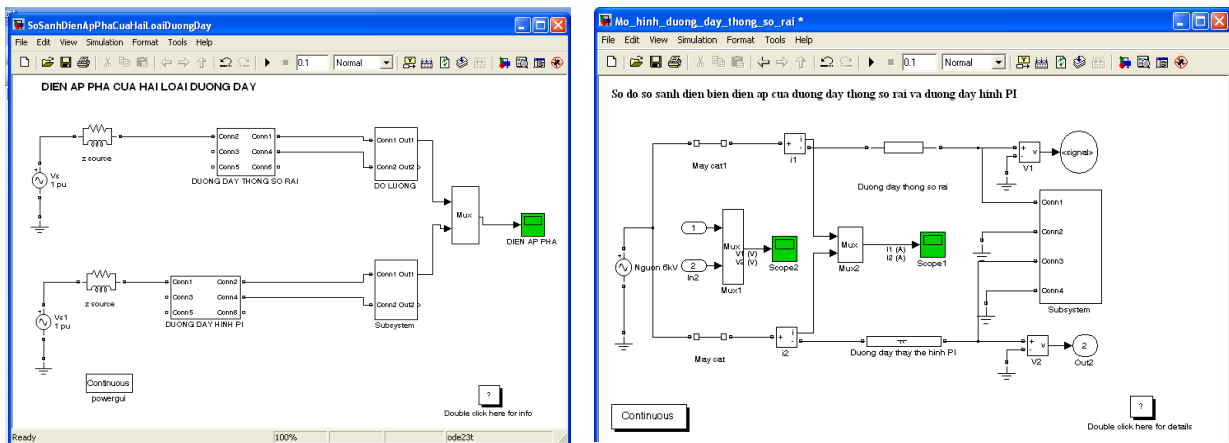
Hình 3. a) Sơ đồ thay thế hình π [5,10], b) Sơ đồ thay thế của đường dây thông số rải [5,10]

Sử dụng sơ đồ mô phỏng hình 4 để đánh giá lựa chọn sơ đồ phù hợp khi mô phỏng. Từ kết quả ở hình 5 và hình 6 nhận thấy:

- Đáp ứng điện áp của cả hai loại sơ đồ thay thế đường dây là tương đương ứng với cả trường hợp có tải và không tải (mô phỏng với cả hai loại nguồn áp ở hệ đơn vị tương đối pu và hệ đơn vị có tên với $U_{dm} = 6kV$).

- Đáp ứng tổng trở và góc pha theo tần số trong dải tần từ 0 tới 400 chu kỳ tần số công nghiệp (2000Hz) sơ đồ thay thế hình π (đường xanh dương) có đáp ứng tổng trở ổn định nhanh hơn (chỉ 02 đỉnh nhọn).

Như vậy có thể thấy, trong các tính toán mô phỏng đánh giá chất lượng điện năng của lưới 6kV các mỏ lộ thiên nên sử dụng sơ đồ thay thế hình π .

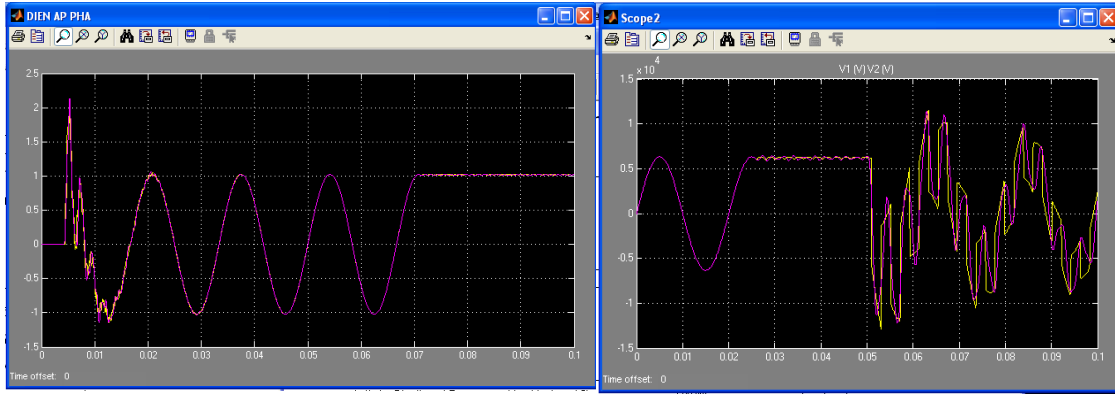


a) Sơ đồ mô phỏng so sánh đáp ứng khi không tải;
b) Sơ đồ mô phỏng so sánh đáp ứng khi có tải

2.2. Các động cơ 6kV và các máy biến áp

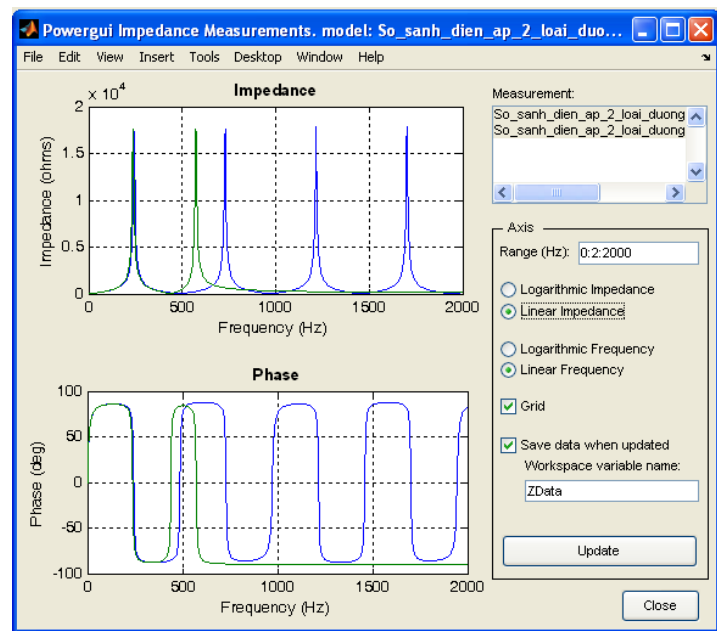
2.2.1 Các động cơ 6kV

Sử dụng các nghiên cứu [11], [12], [13], [14] và kết hợp các tính toán về các hệ số K trong ma trận điện cảm của mô hình máy điện 6kV [2] có phương trình tổng quát biểu diễn các động cơ trung áp như ở biểu thức (2).



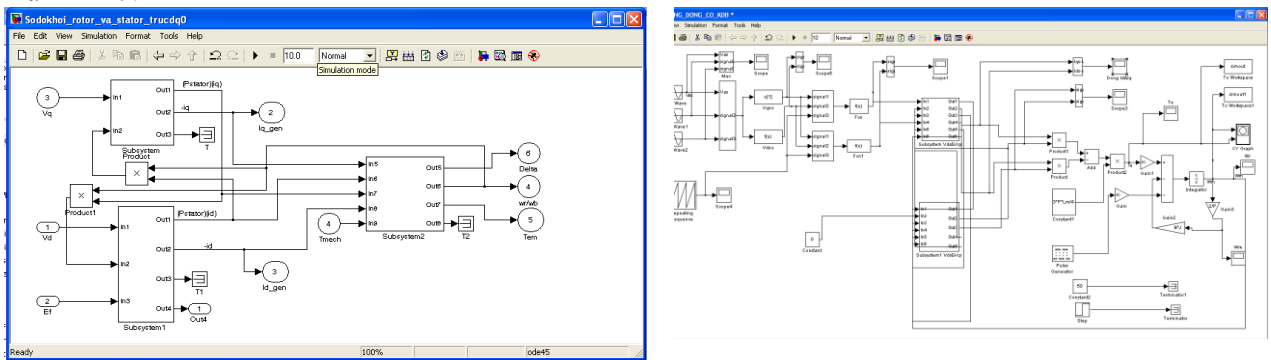
a) b)

Hình 5. Đáp ứng điện áp của hai đường dây khi không tải (a) và có tải (b)



Hình 6. Đáp ứng tổng trở và góc pha của hai đường dây

Sử dụng (2) thành lập mô hình mô phỏng các động cơ cao áp 6kV, các kết quả thu được cho như hình 7.



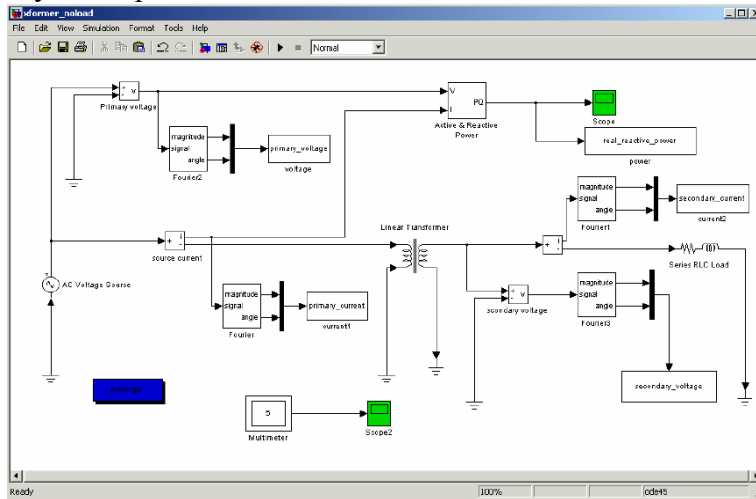
a) b)

Hình 7. a) Sơ đồ khối rotor và stator của động cơ trên hệ trục dq0; b) Sơ đồ mô phỏng động cơ biểu diễn các thông số chính

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

2.2.2. Các máy biến áp

Sử dụng các phương trình mô tả các quan hệ điện từ của máy biến áp [7], [11], [13] thu được mô hình mô phỏng máy biến áp cho trên hình 8.

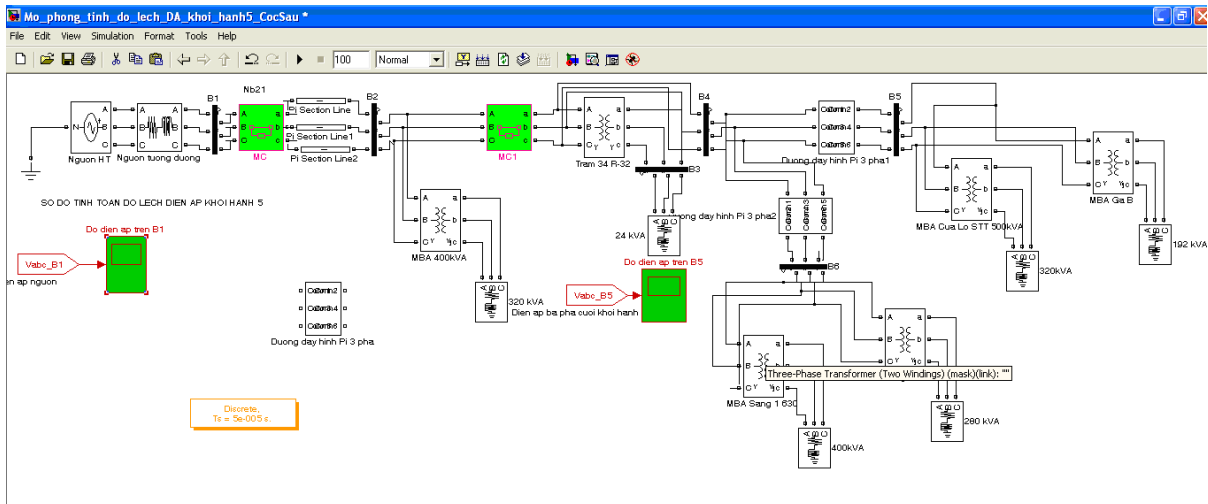


Hình 8. Mô hình mô phỏng máy biến áp trên lưới 6kV

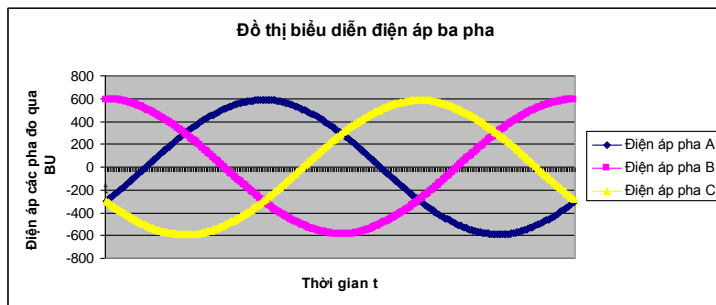
3. Đánh giá chất lượng điện áp lưới 6kV ở chế độ ổn định

3.1. Phân tích các kết quả mô phỏng

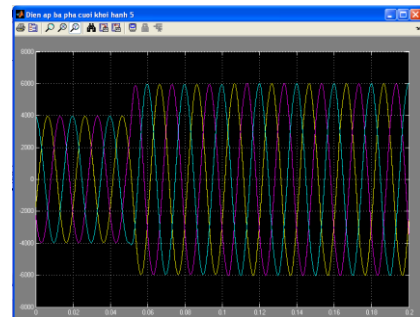
Sử dụng các mô phỏng của các phần tử ở lưới 6kV đã trình bày ở trên, thành lập mô hình như trên hình 9 phục vụ đánh giá chất lượng điện áp ở lưới 6kV của khối hành 5 công ty than Cọc Sáu. Kết quả dạng sóng điện áp được so sánh với kết quả đo thực nghiệm [1] thể hiện trên hình 10. Các khối hành còn lại của các công ty than Cao Sơn, Đèo Nai được tiến hành tính toán đánh giá tương tự, kết quả được tổng hợp trên bảng 3.



Hình 9. Sơ đồ mô phỏng đánh giá chất lượng điện năng khởi hành 5 công ty than Cọc Sáu



a)



b)

Hình 10. Kết quả tính toán điện áp tại nút phụ tải trên lưới 6kV mở Cọc Sáu
a) Kết quả đo thực nghiệm, b) Kết quả mô phỏng

Bảng 2. Tổn hao điện áp tại các khởi hành 6kV một số mỏ lộ thiên điển hình

Mỏ Cọc Sáu				Mỏ Cao Sơn				Mỏ Đèo Nai							
KH	Cao điểm	Trung điểm	Thấp điểm	KH	Cao điểm	Trung điểm	Thấp điểm	KH	Cao điểm	Trung điểm	Thấp điểm				
2	659,5	1562,5	818,5	1	503,7	234,4	1172,2	1	255,1	145,6	61,5				
3	133,6	1466,133	767,9					2	186,7	780,8	390,3	2	593,1	338,5	143,1
4	8,6	120,4	63,1					3	139,6	780,8	390,3	3	319,5	182,3	77,1
5	130,3	884,2	463,2					5	315,1	1426,9	713,4	4	51,5	29,4	12,4
6	201,9	948,1	496,6					6	490,2	1878,6	939,3	5	163,9	93,5	39,5
7	445,6	992,1	519,7					7	558,7	1329,7	664,9	6	735,6	419,7	177,5
8	88,3	262,1	137,3					8	356,1	157,1	785,5				
9	103,8	692,4	362,7					10	101,2	412,2	206,17				
10	558,1	2242,3	1174,5												
11	42,4	173,1	90,7												
12	301,5	1283,2	672,1												
13	11,6928	428,0392	224,2												

3.2. Kết luận

Thông qua các mô phỏng đánh giá chất lượng điện áp ở chế độ ổn định của lưới 6kV các mô lộ thiên có thể rút ra một số kết luận cơ bản như sau:

+ Việc sử dụng mô hình mô phỏng các phần tử trong lưới 6kV có thể giúp đánh giá dễ dàng tổn hao điện áp tại các nút phụ tải cuối các khởi hành ứng ở các chế độ: cao điểm, trung điểm và thấp điểm.

+ Mô hình mô phỏng mang tính tổng quát, có thể áp dụng với mọi cấu trúc lưới điện hình tia không phân nhánh của các khởi hành 6kV.

+ Các kết quả tính toán trên mô hình mô phỏng phù hợp với kết quả thực nghiệm.

+ Các kết quả mô phỏng cho thấy một số khởi hành của lưới 6kV có các vi phạm về tổn hao điện áp ở chế độ xác lập, cụ thể theo kết quả thống kê của bảng 2 các khởi hành 2, 10 (mỏ Cọc Sáu), 1,7 (mỏ Cao Sơn), 2,6 (mỏ Đèo Nai), đòi hỏi phải có những giải pháp để khắc phục.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Báo cáo kiểm toán năng lượng mỏ Cọc Sáu, tháng 11 năm 2010. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ Việt Nam.
- [2]. Lê Xuân Thành, Nguyễn Anh Nghĩa, 2014. Nghiên cứu phân tích chất lượng điện áp trong lưới 6kV mỏ lộ thiên vùng Quảng Ninh ứng dụng ma trận điện cảm mô phỏng động cơ cao áp. Tạp chí KHCN mỏ số 2.
- [3]. Nghị định 137/2013/NĐ-CP. Hướng dẫn luật Điện lực và luật điện lực sửa đổi.

[4]. Alexander Kusko, Sc,D., P,E; Marc T,Thompson, PhD, 2007. Power quality in Electrical Systems. Mc Graw Hill.

[5]. Dommel, H, 1996. Digital Computer Solution of Electromagnetic Transients in Single and Multiple Networks. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol, PAS-88, No 4.

[6]. GOST 13109 87, 1987. Electric energy, Requirements for quality of electric energy in general purpose networks.

[7]. <http://power,ece,drexel.edu/WebCourses/ECEP-352/XSimulation.pdf>.

[8]. IEC 61000 –series standards, 2001.

[9]. IEEE standard 519 and 1159, IEEE Std, 1992.

[10]. Ludwig, Reinhold and Pavel Bretchko, 2000. Circuit Design: Theory and Applications. Prentice - Hall,

[11]. M,Riaz, 2010. Simulation of Electric machines and drive system. University of Minnesorta edition,

[12]. P, C,Krause,O,Wasynczuk, and S, D, Sudhoff, 2002. Analysis of electric machinery and drive systems. 2nd ed., NewYork, Wiley IEEE.

[13]. P, Krause, 1995. Analysis of Electric Machinery. IEEE Press, pp, 167-168.

[14]. R,Kisnan, 2001. Electric motor drive modeling, Analysis and Control. Prentice Hall, NewJesey.

[15]. S, De Breucker, 2007. Power Quality in Transmission Grids: Guaranteed Standards for Power Plants in France and the United Kingdom. IEEE.

SUMMARY

Estimating 6kV grid's voltage quality on quang ninh open pit coal mines by utilyzing matlab simulations

Le Xuan Thanh, Nguyen Anh Nghia

Hanoi University of Mining and Geology

The paper analyze and specify the voltage quality standards of Vietnam and contries in the word. In order to analyze this standards one of usefull methods – Matlab environments simulation is used. The simulation results are built base on maths equations, electromagnetic relation equations of feeders, cables as well as voltage of rotor and stator in 6kV induction machines. They are finally utilized to caculate and analyze some power quality factors such as vorage drop, voltage deviation... This result will be compared with world's and Vietnamese power quality codes and applied to point out solutions.