

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA SÓNG HÀI DO TẢI PHI TUYẾN ĐẾN MẠNG ĐIỆN 6 KV CÔNG TY THAN MẠO KHÊ

NGUYỄN XUÂN NHÌ

Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

Email: nguyentuanhi@hmg.edu.vn

Để nâng cao hiệu quả sản xuất, hiện nay, các thiết bị điện tử công suất (tải phi tuyến) được sử dụng rộng rãi trong mạng điện của các mỏ hầm lò, đặc biệt ở mạng điện 6 kV. Việc sử dụng các thiết bị này đem lại hiệu quả lớn về kỹ thuật nhưng cũng gây ra những tác động tiêu cực đến mạng điện.

Các nghiên cứu tập trung vào ảnh hưởng của sóng hài đến các bộ tụ bù [1]. Nghiên cứu của chúng tôi [2] cũng chỉ ra quá điện áp do sóng hài gây nguy hiểm cho các bộ tụ bù công suất phản kháng trong mạng điện 6 kV mỏ hầm lò.

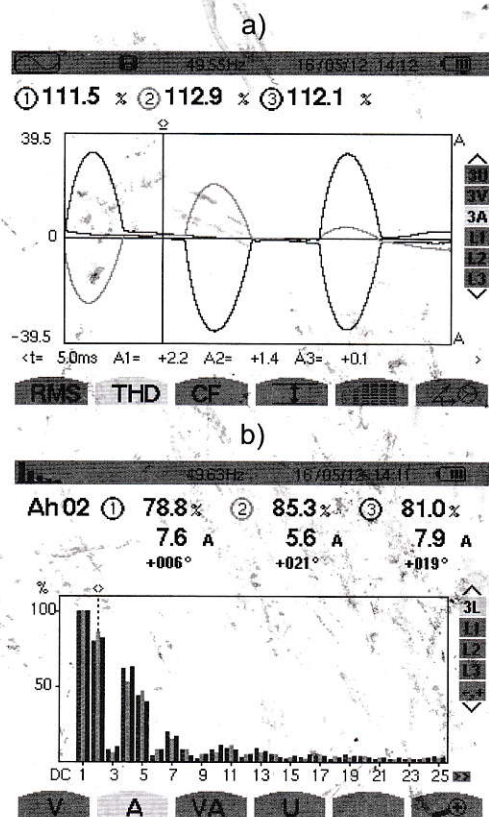
Tuy nhiên, các nghiên cứu trên chủ yếu chỉ mới khảo sát ảnh hưởng của sóng hài đến các bộ tụ bù, chưa đánh giá được cụ thể mức độ ảnh hưởng của sóng hài đến sự làm việc bình thường của các bộ tụ bù cũng như các thiết bị trong mạng điện 6 kV của các khu vực mỏ. Dựa trên cơ sở lý thuyết, bằng thực nghiệm và mô phỏng trên phần mềm tin học, bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá cụ thể về mức độ ảnh hưởng của sóng hài đến sự làm việc bình thường của các bộ tụ bù công suất phản kháng và các thiết bị trong mạng điện 6 kV ở mỏ hầm lò Công ty than Mạo Khê.

1. Tải phi tuyến trong mạng điện 6 kV mỏ hầm lò

Tải phi tuyến được sử dụng trong mạng điện mỏ hầm lò thường là các bộ khởi động mềm, các bộ biến tần, các thiết bị biến đổi, điều khiển,... Các thiết bị này là nguyên nhân chính sinh ra sóng hài trong mạng điện 6 kV của mỏ hầm lò, chúng làm cho dạng sóng dòng điện và điện áp bị méo dạng, không còn hình sin. H.1 mô tả dạng sóng dòng điện và phổ hài của một số tải phi tuyến được đo thực tế tại mạng điện 6 kV mỏ hầm lò [7].

Các kết quả đo thực nghiệm ở hình H.1, cho thấy tải phi tuyến trong lưới 6 kV của mỏ gây méo đáng kể sóng hài, THD (độ méo hài tổng) đều trên 80 %, cá biệt lên đến 112,9 %. Điều này vi phạm nghiêm trọng tiêu chuẩn quốc gia và quốc tế về

chất lượng điện năng [6].



H.1. Dạng sóng và phổ hài dòng điện đo sau một biến tần trong mạng điện trung áp 6 kV mỏ hầm lò: a - Dạng sóng dòng điện; b - Phổ hài dòng điện

Đặc điểm lưới điện 6 kV mỏ hầm lò Công ty than Mạo Khê. Để phục vụ cho sản xuất, Công ty than Mạo Khê sử dụng một trạm biến áp (TBA) trung gian 35/6 kV gồm 2 máy biến áp (MBA) có dung lượng mỗi máy 12.000 kVA và một máy cũ dung lượng 8.000 kVA, chủ yếu cấp điện cho một số phụ tải ở giếng đứng. Các phụ tải 6 kV phía sau TBA 35/6 kV, chủ yếu là các động cơ bơm nước

cao áp, các động cơ quạt gió, động cơ băng tải giếng chính và các MBA phân xưởng. Trong lưới 6 kV, Công ty than Mạo Khê có trang bị 14 bộ khởi động mềm phục vụ cho quá trình khởi động các

động cơ bơm, quạt gió, động cơ băng tải giếng chính và 2 bộ biến tần phục vụ cho khởi động động cơ quạt gió đặt tại mức +120. Thông số kỹ thuật chi tiết của các bộ khởi động mềm cho ở Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật chi tiết các bộ khởi động mềm 6 kV

Mã hiệu	Điện áp định mức, V	Dòng điện định mức, A	Cấp bảo vệ	Chức năng
HRVS-DN 140A-6000V	6000 (-15 %~+10 %)	140	IP32	Hạn chế dòng điện khởi động của động cơ

2. Cộng hưởng điện áp do sóng hài của tải phi tuyến

2.1. Phương trình toán học khi có cộng hưởng do nguồn hài

Điện kháng của một mạng điện phụ thuộc vào tần số. Trong mạch điện, tần số cộng hưởng cơ bản được xác định theo biểu thức [1]:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Trong đó: L - Điện cảm của mạch điện, H; C - Điện dung của mạch điện, F.

Sự nguy hiểm nhất của sóng hài là gây ra sự cộng hưởng điện áp và cộng hưởng dòng điện. Điều này làm cho biên độ điện áp, dòng điện tăng vượt quá giá trị danh định của các thiết bị và có thể gây hư hỏng các thiết bị.

Giá trị hiệu dụng khi có cộng hưởng của điện áp và dòng điện do sóng hài có thể thấy rõ qua phương trình toán học:

$$U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_{(1)}^2 \cdot dt} = U_{(1)} \sqrt{1 + THD_U^2} \quad (2)$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i_{(1)}^2 \cdot dt} = I_{(1)} \sqrt{1 + THD_I^2} \quad (3)$$

Trong đó: $U_{(1)}$ - Giá trị hiệu dụng của điện áp ứng với tần số cơ bản, V; $I_{(1)}$ - Giá trị hiệu dụng của dòng điện ứng với tần số cơ bản, A; THD_U , THD_I - Các hệ số méo dạng sóng của điện áp và dòng điện do sóng hài.

2.2. Ảnh hưởng của sóng hài do tải phi tuyến đến thiết bị điện

Một số những tác động tiêu cực của sóng hài đối với các thiết bị điện [5]:

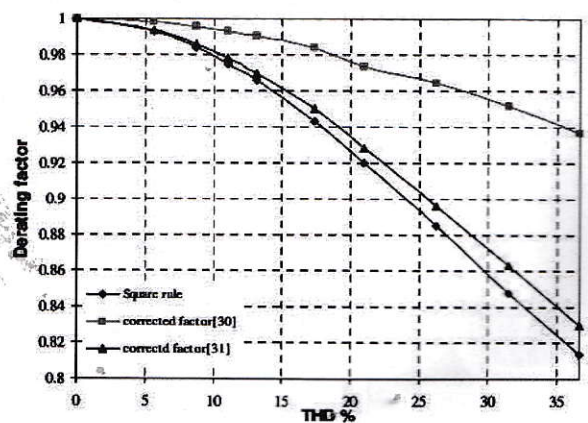
- Làm sai lệch hệ thống thiết bị đo đếm các đại lượng điện, từ đó có thể làm cho hệ thống bảo vệ rơle tác động nhầm lẫn;

- Làm giảm tuổi thọ của MBA, các động cơ điện do hiệu ứng phát nóng phụ bề mặt (skin effect) và phát nóng điện môi;

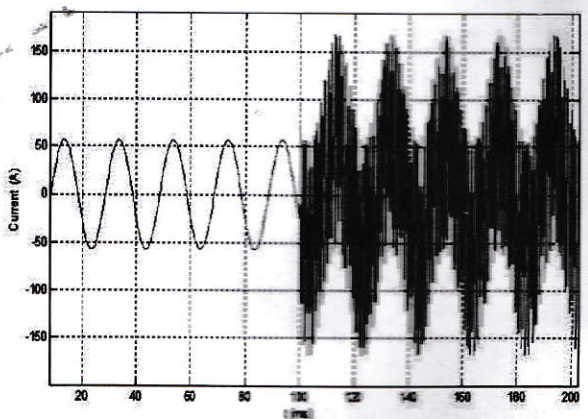
- Có thể phá hủy hoặc hạn chế khả năng vận hành của các bộ tụ bù công suất phản kháng.

Trong các tác động trên, tác động của sóng hài

đến MBA mang tính dài hạn, chủ yếu là làm giảm thời gian vận hành của MBA. Các kết quả thực nghiệm của [4] đã đưa ra hệ số suy giảm tuổi thọ của MBA như mô tả trên hình H.2.



H.2. Hệ số suy giảm tuổi thọ của MBA tương ứng với độ méo của sóng hài



H.3. Dòng điện chạy qua bộ tụ khi có cộng hưởng

Đối với các bộ tụ bù công suất phản kháng, ảnh hưởng của sóng hài mang tính tức thời, có thể phá hủy cách điện hay gây đứt dây cầu chì trong các bộ tụ. Nguyên nhân chủ yếu là do xuất hiện hiện tượng cộng hưởng song song với các tụ bù ngang và cộng hưởng nối tiếp với các tụ bù dọc.

Các nghiên cứu với các bộ tụ bù tĩnh đặt trên thanh cái 13 kV của TBA trung gian [1] chỉ ra rằng,

tùy theo giá trị và biên độ dòng điện hài, khi xảy ra cộng hưởng, giá trị dòng điện đi qua bộ tụ có thể gấp 300 % dòng điện định mức của tụ như miêu tả trên hình H.3.

Như vậy có thể thấy những tác động của sóng hài tới các bộ tụ bù công suất phản kháng là rất nguy hiểm, có thể phá hủy tức thì các bộ tụ. Tiêu chuẩn IEEE 1036-2010 quy định nghiêm ngặt khi vận hành các tụ bù tĩnh trên các TBA trung gian, cụ thể:

- Đối với các đại lượng định mức của các bộ tụ bù:
 - ✦ Chỉ cho phép vận hành với điện áp cực đại $1,1 U_{dm}$;
 - ✦ Chỉ cho phép vận hành với dòng điện cực đại $180 \% I_{dm}$;
 - ✦ Công suất phản kháng tối đa được phát là $135 \% Q_{dm}$.
- Đối với các giới hạn thời gian:
 - ✦ Điện áp cực đại chịu được $2,2$ lần U_{dm} trong $0,1$ s;
 - ✦ Điện áp cực đại chịu được $2,0$ lần U_{dm} trong $0,25$ s;

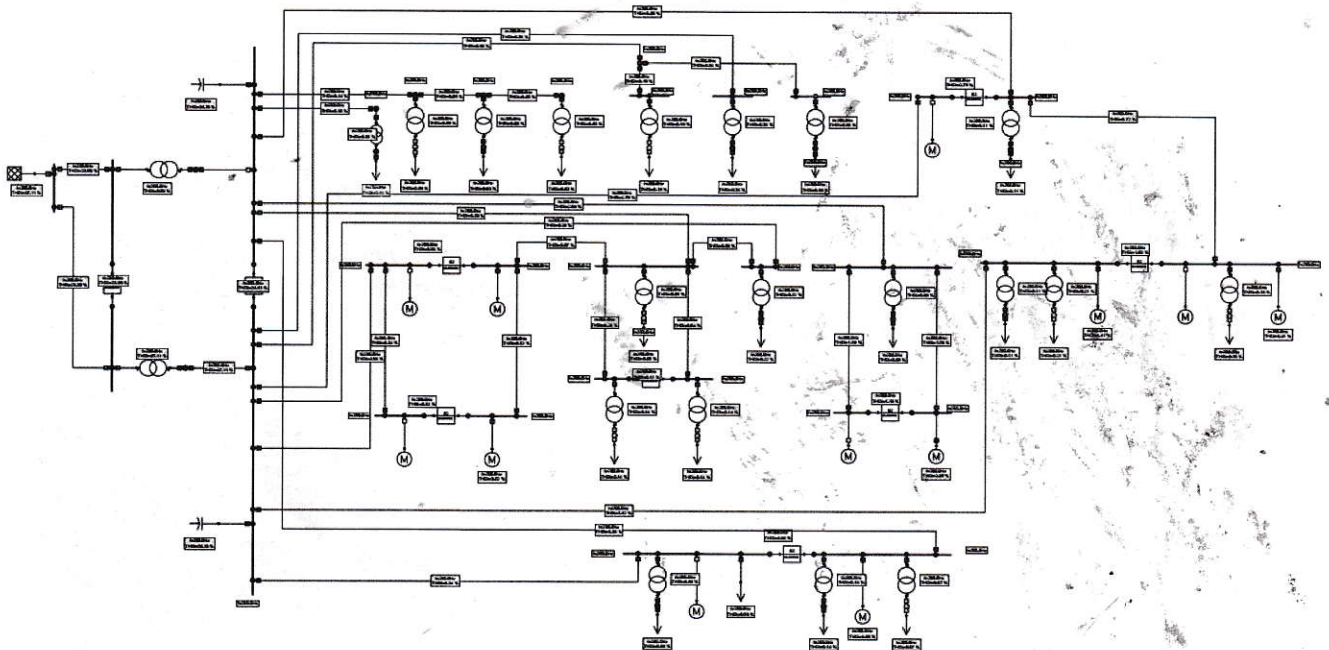
- ✦ Điện áp cực đại chịu được $1,7$ lần U_{dm} trong 1 s;
- ✦ Điện áp cực đại chịu được $1,4$ lần U_{dm} trong 15 s;
- ✦ Điện áp cực đại chịu được $1,3$ lần U_{dm} trong 1 min;
- ✦ Điện áp cực đại chịu được $1,25$ lần U_{dm} trong 30 min.

Từ các kết quả phân tích trên có thể thấy rằng, cộng hưởng điện áp và dòng điện do sóng hài có thể phá hủy tức thời đối với các bộ tụ, do vậy cần loại trừ tác hại này.

3. Phân tích đánh giá ảnh hưởng của sóng hài đến các thiết bị trong mạng điện 6 kV mỏ hầm lò ở Công ty than Mạo Khê

3.1. Mô hình hoá và mô phỏng lưới 6 kV

Từ sơ đồ nguyên lý cung cấp điện thực tế của Công ty than Mạo Khê, sử dụng phần mềm Neplan, ta có thể xây dựng được mô hình mô phỏng mạng điện 6 kV của Công ty than Mạo Khê như trên hình H.4.



H.4. Sơ đồ mô phỏng mạng điện 6 kV của Công ty than Mạo Khê

Thông số kỹ thuật của một số phần tử cơ bản trong sơ đồ mô phỏng lưới điện 6 kV của Công ty than Mạo Khê như sau.

a. Nguồn điện

Nguồn điện của Công ty than Mạo Khê được cấp từ hệ thống điện quốc gia bằng 02 tuyến đường dây trên không 35 kV (lộ 373 và lộ 374) đến TBA trung gian 35/6 kV. Thông số kỹ thuật của MBA trong trạm 35/6 kV của Công ty như trong Bảng 2.

b. Các tải chính

Phụ tải điện 6 kV của Công ty than Mạo Khê chủ yếu là các động cơ bơm nước, quạt gió, băng tải và các MBA 6/0,69 kV hoặc 6/0,4 kV cung cấp điện cho các phân xưởng hoặc chiếu sáng văn phòng. Số lượng phụ tải 6 kV của Công ty nêu ở Bảng 3.

c. Những điểm mô phỏng cần quan sát

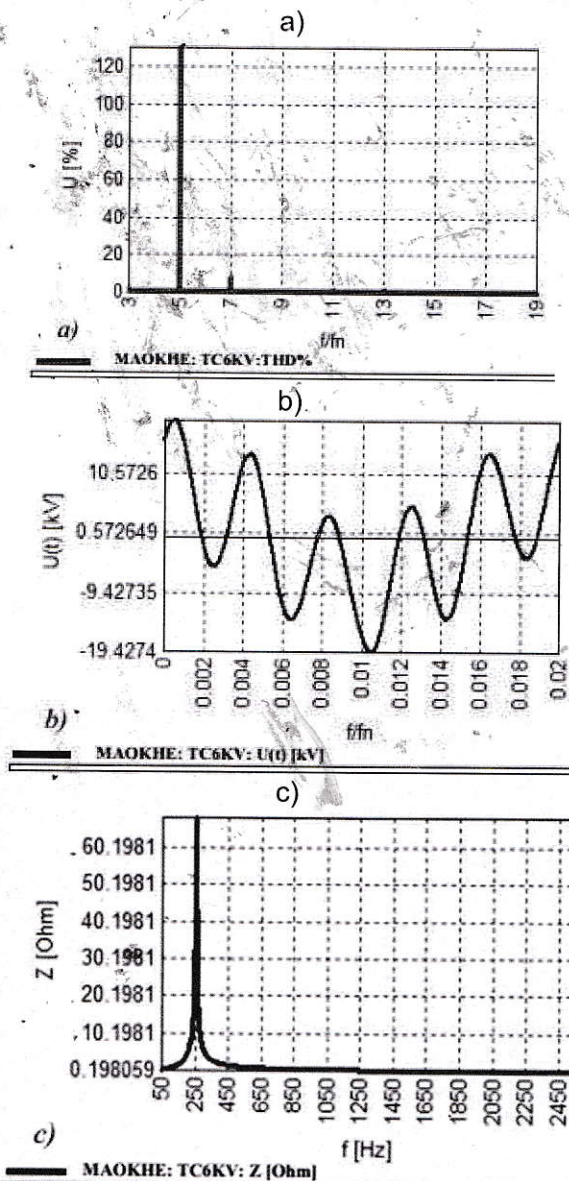
Tác động nguy hiểm nhất của sóng hài chủ yếu đối với các bộ tụ điện bù công suất phản kháng. Do vậy, để đánh giá tác động của sóng hài, cần phải đặt các thiết bị đo tại vị trí các bộ tụ bù, cụ thể: tại thanh cái chính 6 kV TBA trung gian 35/6 kV.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của MBA trong trạm 35/6 kV của Công ty than Mạo Khê

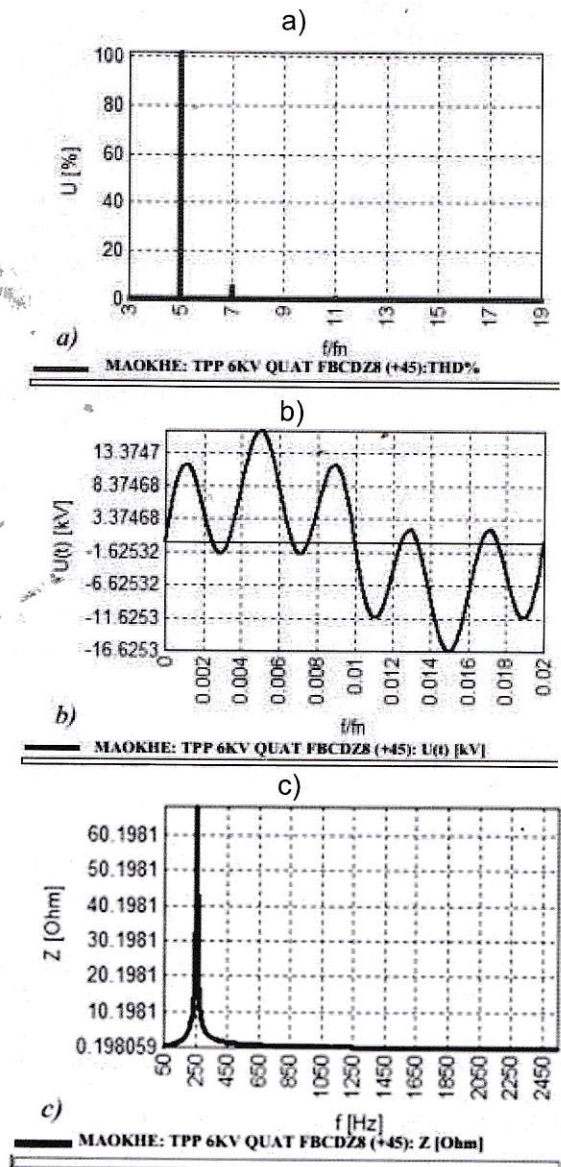
Mã hiệu	S_{dm} , kVA	U_{dm} , kV		Tổn thất công suất, kW		U_n , %	I_0 , %	Tổ nối dây
		Sơ cấp	Thứ cấp	ΔP_o , kW	ΔP_n , kW			
ABB 12000- 35±8×1,25 %/6,3	12.000	35	6,3	13	57	8,5	0,6	Y/Δ-11

Bảng 3. Số lượng phụ tải điện 6 kV của Công ty than Mạo Khê năm 2018

Bơm nước cao áp		Quạt gió		Băng tải	
Số lượng	Tổng công suất định mức, kW	Số lượng	Tổng công suất định mức, kW	Số lượng	Tổng công suất định mức, kW
29	10972	20	4568	36	2165



H.5. Kết quả mô phỏng sóng hài tại thanh cái 6 kV của TBA trung gian 35/6 kV Công ty than Mạo Khê: a - Đồ thị THD %; b - Dạng sóng điện áp theo thời gian; c - Tần số cộng hưởng



H.6. Kết quả mô phỏng sóng hài tại vị trí TBA 6 kV quạt gió FBCDZ8 (+45): a - Đồ thị THD %; b - Dạng sóng điện áp theo thời gian; c - Tần số cộng hưởng

3.2. Kết quả

Sau khi mô phỏng, thu được đồ thị dạng sóng điện áp tại vị trí thanh cái 6 kV của TBA trung gian như trên hình H.5.

Từ kết quả mô phỏng trên thấy rằng, tại thanh cái 6 kV, thành phần sóng hài bậc 5 có giá trị lớn nhất, có độ méo sóng hài tổng $THD \approx 130\%$, điều này vi phạm nghiêm trọng tiêu chuẩn Việt Nam về chất lượng điện năng (IEEE STD 519-1992).

Cũng từ kết quả mô phỏng thấy được, sóng hài do tải phi tuyến sinh ra làm méo đáng kể dạng sóng điện áp tại vị trí thanh cái 6 kV (hình H.5b) và có thể xảy ra cộng hưởng điện áp ở tần số sóng hài bậc 5 (hình H.5c).

Giá trị biên độ điện áp cực đại có lúc lên đến 19,4 kV, gấp 3,2 lần so với điện áp định mức 6 kV của mạng điện, tại vị trí này là nơi đặt các bộ tụ bù công suất phản kháng, điều này có thể làm cho các bộ tụ bù bị phát nổ.

Qua quá trình mô phỏng, ngoài vị trí tại thanh cái 6 kV của TBA chính 35/6 kV, trong mạng điện cũng có rất nhiều những vị trí có thành phần sóng hài rất lớn, vượt quá quy định về chất lượng điện năng theo quy định, như trên hình H.6. Điều này ảnh hưởng xấu đến sự làm việc bình thường và tuổi thọ của các MBA, động cơ, ... và cũng làm giảm hiệu quả sản xuất của xí nghiệp.

4. Kết luận và kiến nghị

Từ các kết quả nghiên cứu, thấy rõ được mức độ ảnh hưởng tiêu cực của sóng hài do tải phi tuyến đến các thiết bị trong mạng điện 6 kV ở Công ty than Mạo Khê, đặc biệt là đối với các bộ tụ bù công suất phản kháng.

Cộng hưởng điện áp có thể diễn ra ngay cả khi tổng độ méo sóng hài có giá trị thấp và có khả năng phá hủy các bộ tụ bù. Do vậy, cần có những nghiên cứu đánh giá để tìm ra những biện pháp thích hợp giảm thiểu hoặc loại trừ các nguy hiểm của sóng hài đối với các bộ tụ bù cũng như các thiết bị điện khác của Công ty than Mạo Khê.

Hiện nay, để giảm thiểu những tác hại tiêu cực của sóng hài có thể sử dụng một số biện pháp như sau:

- Loại bỏ hoặc hạn chế việc sử dụng tải phi tuyến (nguồn hài) trong mạng điện;
- Sử dụng các bộ lọc sóng hài tích cực;
- Sử dụng cuộn kháng mắc nối tiếp với tụ bù để lọc hài;
- Sử dụng các MBA đấu Y/ Δ , ... □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Attachie, J.C., and Amuzuvi, C.K., 2010.

Investigating harmonic resonance and capacitor bank switching at a power distribution substation using a fixed capacitor bank. Research Journal in Engineering and Applied Sciences, Vol 2: 1900-1909.

2. Nguyễn Xuân Nhĩ, 2017. Xây dựng đường cong chống cộng hưởng điện áp do sóng hài của tải phi tuyến trong mạng điện 6 kV mỏ hầm lò. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 5. 2017.

3. IEEE-STD-1036-2010. IEEE Guide for Application of Shunt Power Capacitors.

4. Elmoudi, A., 2006. Evaluation power system harmonic effect Transformers loss of life. Doctoral Dissertation, Helsinki University of Tech, Finland.

5. Lê Xuân Thành, 2014. Nghiên cứu một số giải pháp nâng cao chất lượng điện năng trong lưới 6 kV các mỏ lộ thiên Quảng Ninh. Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật. Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội, Việt Nam.

6. IEEE STD 519-1992. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems.

7. Viện Khoa học Công nghệ Mỏ-Vinacomin, 2016. Báo cáo kết quả kiểm toán năng lượng Công ty than Nam Mẫu-TKV.

Ngày nhận bài: 16/06/2018

Ngày gửi phản biện: 16/11/2018

Ngày nhận phản biện: 26/01/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2019

Từ khóa: sóng hài, tải phi tuyến, cộng hưởng điện áp

SUMMARY

Using nonlinear loads is the main reason of harmonic appearance on electric network and lead to voltage and current waveform distortions. It has great impact on normal operation, safety conditions as well as affecting the life of electrical equipment. By using Neplan simulations, the paper focuses on analyzing the negative effects caused by nonlinear loads' harmonics to the electrical equipment in the 6 kV electric network of Mạo Khê Coal Company. Base on the analysis, the suitable methods will be recommended to eliminate the negative effects of these harmonics.