

ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT ĐẾN HIỆU QUẢ LÀM VIỆC CỦA MÁY BIẾN ÁP 6/1,14(0,69)KV TRONG MỎ HẦM LÒ

Trần Hữu Phúc

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Đỗ Như Ý

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

E-mail: donhuy.humg@gmail.com

TÓM TẮT

Hiện nay trong các mạng điện mỏ hầm lò có nhiều thiết bị điện tử công suất được đấu lên mạng như biến tần, khởi động mềm... làm cho dòng điện chạy qua máy biến áp biến dạng, không còn sin. Chính điều này có thể làm cho máy biến áp xảy ra quá tải kể cả làm việc với thông số thiết kế. Nội dung của bài báo nghiên cứu ảnh hưởng của các thiết bị điện tử công suất tồn tại trong mạng đến tổn hao và phát nóng trong máy biến áp và đề xuất những giải pháp vận hành hợp lý nhằm mục đích đảm bảo tuổi thọ và hiệu quả cho máy biến áp.

Từ khóa: máy biến áp, thiết bị điện tử công suất, tổn hao trong máy biến áp, độ méo của sóng hài, hiệu suất của máy biến áp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện tại, trong mạng điện mỏ hầm lò đang sử dụng các máy biến áp (MBA) phòng nổ 6/1,14(0,69) kV để cung cấp điện cho các phụ tải trong các khu khai thác. Các MBA này thường được tính toán thiết kế và sản xuất với các thông số kỹ thuật lý tưởng như dòng điện hình sin, cấu trúc mạng là đối xứng... Ở điều kiện này thì tổng tổn hao trong MBA được xác định theo công thức [1]:

$$\Delta P_T = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cu} = \Delta P_{Fe} + (\Delta P_R + \Delta P_k) \quad (1)$$

Trong đó: ΔP_{Fe} - tổn hao sắt từ; ΔP_{Cu} - tổn hao trong dây quấn; ΔP_R - tổn hao trên điện trở của dây quấn; ΔP_k - tổn hao do dòng xoáy trong cuộn dây MBA.

Tuy nhiên, ngày nay với sự phát triển của khoa học công nghệ thì có rất nhiều các thiết bị điện tử công suất (ĐTCS) được lắp đặt trong mạng điện mỏ hầm lò để hỗ trợ quá trình làm việc của các máy móc như: Khởi động mềm, biến tần, các bộ nạp... Điều này làm cho dòng điện trong mạng điện bị méo, không còn sin, ảnh hưởng xấu đến quá trình làm việc của các thiết bị điện nói chung trong đó có MBA 6/1,14(0,69)kV. Sự xuất hiện các thiết bị ĐTCS này làm gia tăng tổn hao trong MBA. Điều

này làm cho MBA có thể bị quá tải, gây ra nóng quá mức, làm giảm tuổi thọ và cháy máy biến áp.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Phân tích ảnh hưởng của thiết bị điện tử công suất tới máy biến áp

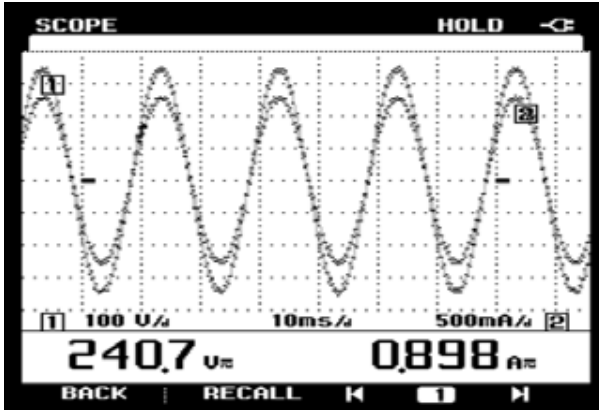
Sự xuất hiện các thiết bị ĐTCS trong mạng điện mỏ hầm lò làm dòng điện chạy trong MBA bị méo, không còn sin nữa và chứa các thành phần sóng hài bậc cao, được biểu diễn như sau:

$$I_t = I_1 \cdot \sin \omega_1 t + \sum_{j=2}^n I_j \sin \omega_j t \quad (2)$$

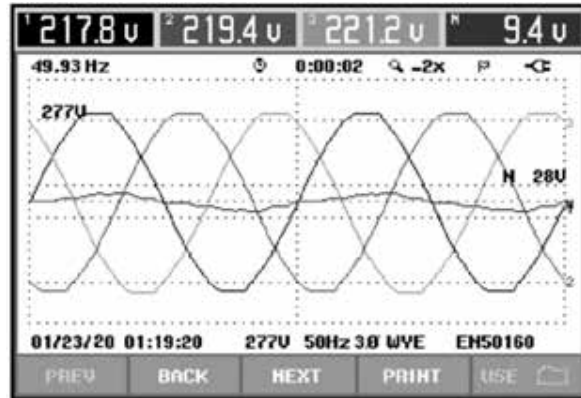
Trong đó: I_t - dòng tải qua MBA; I_1 - dòng điện cơ bản bậc 1; I_j - thành phần dòng điện bậc cao thứ j; $\omega_1 = 2\pi f_1$; $\omega_j = j \cdot f_1$.

Tùy thuộc vào số lượng, loại thiết bị ĐTCS sử dụng trong mạng điện mỏ mà dòng điện bị biến dạng lớn hay nhỏ. Đặc trưng cho mức độ biến dạng của dòng điện trong mạng có các thiết bị ĐTCS làm việc được thể hiện qua tổng độ méo của sóng hài THD và được xác định theo công thức [3]:

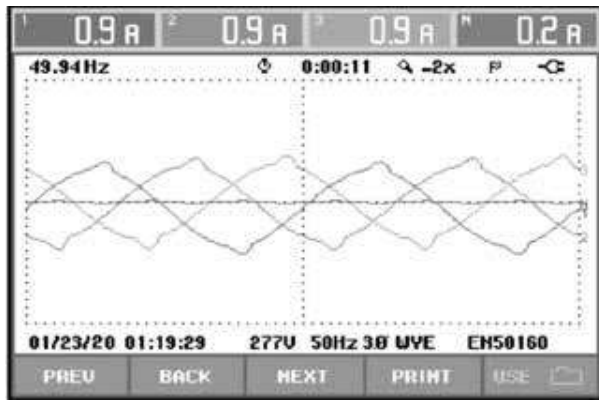
$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{j=2}^n I_j^2}}{I_1} \cdot 100\% \quad (3)$$



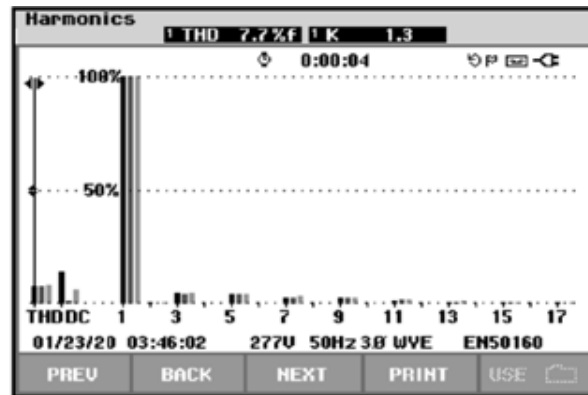
a)



b)



c)



d)

H.1. Dạng dòng điện và điện áp khi MBA cấp điện cho mạng có thiết bị ĐTCS (a); và không có thiết bị ĐTCS (b;c); Thành phần THD trong mạng (d).

Kết quả đo dòng điện và điện áp khi MBA làm việc không có thiết bị ĐTCS và khi có thiết bị ĐTCS được biểu diễn trên hình H.1.

Do sự xuất hiện của các thiết bị ĐTCS mà dòng điện chạy qua MBA bị méo, làm gia tăng tổn hao trong MBA, so với khi dòng điện chạy qua MBA hình sin, khi kể đến sự không sin của dòng điện thì tổn hao trong MBA được xác định theo công thức:

$$\Delta P_{TH} = \Delta P_{FeH} + \Delta P_{CuH} = \Delta P_{FeH} + (\Delta P_{RH} + \Delta P_{KH}) \quad (4)$$

Tuy nhiên, tổn hao sắt từ ΔP_{FeH} trong MBA ít phụ thuộc vào dạng tải phi tuyến nên có thể bỏ qua. Tổn hao đồng trong MBA khi tải phi tuyến được xác định theo công thức:

$$\Delta P_{CuH} = \Delta P_{RH} + \Delta P_{KH} \quad (5)$$

Tổn hao trên điện trở của cuộn dây trong MBA khi tải phi tuyến ΔP_{RH} , xác định theo công thức [3, 4]:

$$\Delta P_{RH} = (1 + THD^2) \Delta P_R \quad (6)$$

Tổn hao do dòng xoáy trong cuộn dây MBA khi dòng điện phi tuyến ΔP_{KH} , được xác định theo công thức [3, 4]:

$$\Delta P_{KH} = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{I_j}{I_R} \right)^2 \cdot j^2 \right] \Delta P_k = K \Delta P_k \quad (7)$$

$$K = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{I_j}{I_R} \right)^2 \cdot j^2 \right]$$

Trong đó: I_R – Giá trị dòng điện phi tuyến; I_j – giá trị dòng điện bậc cao.

Do vậy, tổng tổn hao đồng khi kể đến độ méo của dòng điện:

$$\Delta P_{CuH} = (1 + THD^2) \Delta P_R + \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{I_j}{I_R} \right)^2 \cdot j^2 \right] \Delta P_k \quad (8)$$

Như vậy ảnh hưởng của tải phi tuyến đến tổn hao trong MBA được đặc trưng bằng hệ số K_H , có giá trị:

$$K_H = \frac{\Delta P_{CuH}}{\Delta P_C} = \frac{(1 + THD^2)\Delta P_R + \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{I_j}{I_R} \right)^2 \cdot j^2 \right] \Delta P_k}{\Delta P_R + \Delta P_k} = \frac{1 + THD^2 + K\alpha}{1 + \alpha} \quad (9)$$

Trong đó: α - là hệ số giữa tổn hao trên điện trở của cuộn dây MBA và tổn hao do dòng xoáy trong cuộn dây MBA;

$$\alpha = \frac{\Delta P_k}{\Delta P_f}$$

Từ công thức trên thấy rằng, khi mức độ phi tuyến tăng (THD tăng) sẽ làm tăng hệ số ảnh hưởng K_H từ đó làm tăng tổn hao trong MBA, dẫn tới tăng phát nóng và giảm hiệu suất của MBA. Hiệu suất của máy được xác định theo công thức [1].

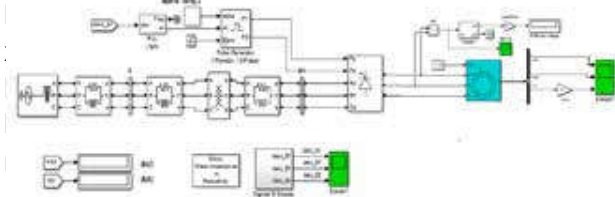
$$\eta = 1 - \frac{\Delta P_H}{P_2} = 1 - \frac{P_0 + \beta^2 P_n}{\beta^2 S_{th} \cdot \cos \varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_n} \quad (10)$$

Trong đó: P_0 là tổn hao không tải; P_n tổn hao ngắn mạch từ.

Từ biểu thức trên thấy rằng, nếu coi $\cos \varphi_2$ là không đổi hiệu suất trong MBA phụ thuộc nhiều vào hệ số mang tải β nghĩa là phụ thuộc vào mức độ không sin của dòng điện (THD).

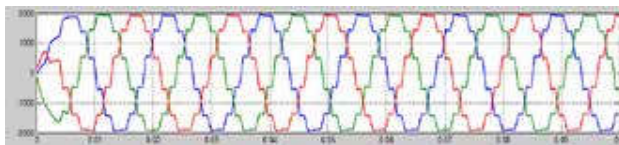
2.2. Mô hình hóa mô phỏng tổn hao trong máy biến áp

Để xây dựng mô hình mô phỏng phân tích ảnh

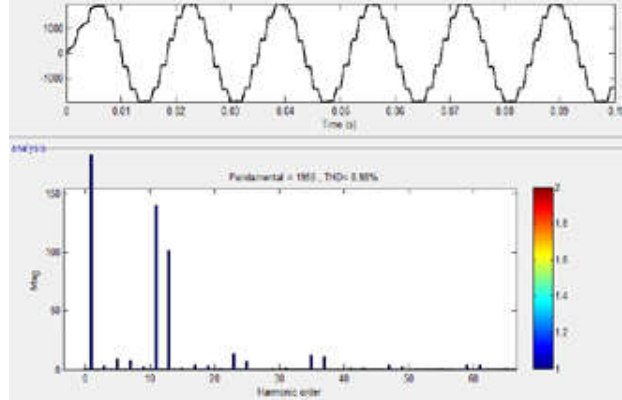


H.2. Mô hình mạng điện với thiết bị điện tử công suất

Từ mô hình, khảo sát được dạng sóng của dòng điện như mô tả trên hình H.3. Phân tích phổ thành phần dòng điện trên sơ đồ được kết quả tổng độ méo THD= 8,98% (hình H.4)

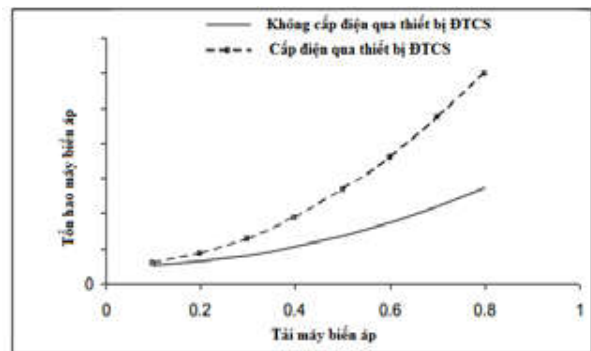


H.3. Dòng điện chạy qua máy biến áp

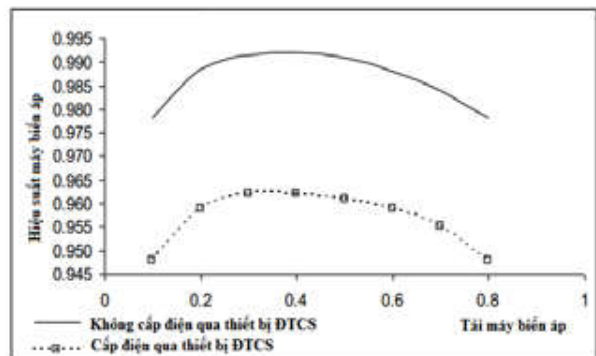


H.4. Phân tích tổng độ méo THD của dòng điện (THD=8,98%)

Ứng với mức độ méo của dòng điện như trên, ta thay đổi hệ số mang tải ($\beta=0 \div 1$) của MBA để khảo sát tổn hao trong máy cũng như hiệu suất của MBA dựa trên các cơ sở lý thuyết phân tích ở phía trên. Kết quả khảo sát tổn hao và hiệu suất của MBA được cho trên hình H.5 và H.6.



H.5. Phụ thuộc tổn hao trong máy biến áp



H.6. Hiệu suất của máy biến áp

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Từ kết quả khảo sát đưa ra trên hình H.5 và H.6 nhận thấy rằng, với cùng một hệ số mang tải thì khi MBA làm việc với mạng có thiết bị ĐTCS, tổn hao trong MBA tăng lên và lớn hơn nhiều, so với mạng không có thiết bị ĐTCS và hiệu suất của MBA có trong mạng thiết bị ĐTCS cũng nhỏ hơn, so với mạng không có thiết bị ĐTCS. Điều này có thể làm cho MBA bị quá tải, kể cả khi làm việc ở thông số thiết kế, dẫn tới giảm tuổi thọ và cháy hỏng máy biến áp.

4. KẾT LUẬN

Để giảm hậu quả này xảy ra đối với máy biến áp làm việc trong mỏ hầm lò phải tiến hành giám sát và thực hiện các biện pháp giảm tổng độ méo mức độ không sin của dòng điện của dòng điện chạy trong máy biến áp hoặc với mạng điện có mức độ không sin của dòng điện lớn phải vận hành máy biến áp với hệ số mang tải thấp hơn thiết kế □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thụ, Nguyễn Văn Sáu, “Máy điện 1”, NXB Khoa học kỹ thuật, 2001.
2. Trần Bá Đề, Đỗ Như Ý, “Khí cụ điện”, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, 2006.
3. Aleksander, Wieslaw, Waldemar, Rafał, “Analysis of impact of nonlinear loads on losses in power network elements”, ISSN 0033-2097, R. 88 NR 8/2012.
4. Yildirim, D, Fuchs, E, “Transformer derating and comparison with Harmonic Loss Factor Approach”, IEEE Trans. PD, Vol 15, no. 1, January 2000.

INFLUENCE OF THE ELECTRONIC CONVERTERS TO THE WORKING EFFICIENCY OF A TRANSFORMER 6/1.14(0.69) kV AT THE UNDERGROUND MINES

Tran Huu Phuc, Do Nhu Y

ABSTRACT

Currently, there are many electronic converters installed in the electrical networks, such as inverters, soft starters, etc. in operation at the underground mines. This causes the current flowing through the transformer to distort, no longer sinusoidal and can cause the transformer to be overloaded, even working with the design specifications. The article presents some results of studying the influence of the mentioned transformers with electronic converters on their losses and heat release, as well as offers solutions for the proper operation of transformers in order to ensure their long-term and efficient operation.

Keywords: Transformer, electronic converter, losses in the transformer, harmonic distortion, transformer efficiency.

Ngày nhận bài: 20/12/2020;

Ngày gửi phản biện: 21/12/2020;

Ngày nhận phản biện: 03/01/2021;

Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2021.

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.