

KHẢO SÁT TỪ TRƯỜNG TẢN TRONG MÁY BIẾN ÁP MỘT PHA, CUỘN DÂY ĐỒNG TÂM TRÊN ANSOFT

Nguyễn Chu Hùng

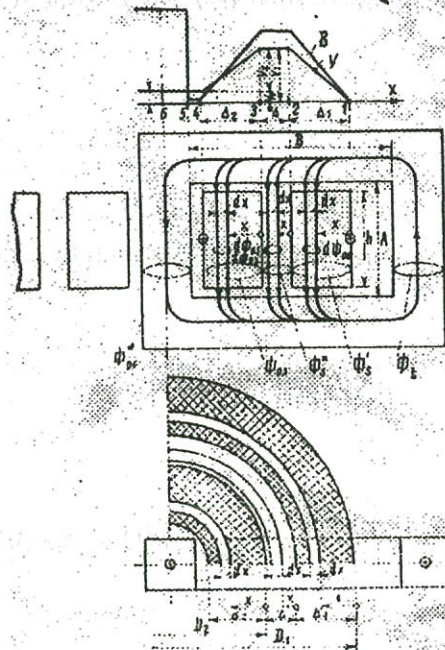
Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 17 tháng 12 năm 2002)

TÓM TẮT: Đã có nhiều công trình nghiên cứu về vấn đề này. Mục đích của bài báo này là so sánh kết quả của một số phương pháp khảo sát khác nhau: phương pháp phân tích lý thuyết, phương pháp đo đạc thực nghiệm và phương pháp thực hiện trên phần mềm Ansoft từ đó rút ra được các kết luận cần thiết.

I. Phương pháp phân tích lý thuyết.

Việc tính toán điện kháng và điện trở của máy biến áp một pha, cuộn dây đồng tâm được tiến hành dựa trên phân bố lý tưởng của từ thông trong cửa sổ mạch từ máy biến áp.(hình 1)



Hình 1

Giá trị từ thông móc vòng của một phần cuộn dây cho trước N_x khi từ thông $d\Phi_{sx}$ móc vòng với nó và khép kín vào bên trong cửa sổ mạch từ là:

$$\psi_{x_1, x_{12}} = \int_{x_1}^{x_2} N_x d\phi_{sx} \quad (1.1)$$

Ở đây:

N_x - biểu thức về số vòng dây móc vòng bởi từ thông đơn vị;

$d\Phi_{sx}$ - từ thông đơn vị, móc vòng với N_x và đi qua vòng xuyên đơn vị có bề rộng dx , đường kính D_x (hình 1). Có nghĩa là:

$$d\dot{\phi}_{sx} = \dot{F}_x \mu_o \frac{ds_x}{l_s} = \dot{F}_x \mu_o \frac{\pi \cdot D_x \cdot dx}{l_s} \quad (1.2)$$

Sức từ động (s.t.đ), sinh ra $d\Phi_{sx}$ có thể tính bằng:

$$\dot{F}_x = \dot{F}_1 - \int_{x_1}^{x_2} \dot{\phi}_x dZ_{\mu x} \quad (1.3)$$

Ở đây:

F_x - s.t.đ của phần cuộn dây được móc vòng bởi $d\Phi_{sx}$.

Bên trong dấu tích phân là từ áp rơi trên lõi thép mạch từ. Từ áp này có thể được phân tích thành hai thành phần: thành phần thứ nhất tương ứng với chiều dài lõi thép, trong đó từ thông có giá trị không đổi và bằng Φ . Đó chính là các trụ, trên đó đặt các cuộn dây. Thành phần thứ hai là chiều dài gông tới giới hạn của cuộn dây N_2 (điểm 1 trong hình 1), từ áp này được ký hiệu bằng $U_{\mu t}$. Khi đó tích phân trên được phân tích thành:

$$\int_{x_1}^{x_2} \dot{\phi} dZ_x = \int_0^x \dot{\phi}_x dZ_{\mu x} + U_{\mu t} \quad (1.4)$$

Trong các phép tính trên, điểm 1 được coi là gốc, $x_1=0$.

Từ các điều kiện ở trên, s.t.đ trong các khu vực của mạch từ có dạng:

$$\dot{F}_{\Delta_{1x}} = \frac{\dot{F}_1 x}{\Delta_1} = 2 \int_0^x \dot{\phi}_x dZ_{\mu x} - \dot{U}_{\mu t} \text{ khi } 0 < x < \Delta_1 \quad (1.5)$$

$$\dot{F}_{\Delta x} = \dot{F}_1 - 2 \int_0^x \dot{\phi}_x dZ_{\mu x} - \dot{U}_{\mu t} - \dot{U}_{\mu \Delta_1} \text{ khi } 0 < x < \Delta \quad (1.6)$$

$$\dot{F}_{\Delta_{2x}} = \dot{F}_1 + \frac{\dot{F}_2 x}{\Delta_2} - 2 \int_0^x \dot{\phi}_x dZ_{\mu x} - \dot{U}_{\mu t} - \dot{U}_{\mu \Delta_1} - \dot{U}_{\mu \Delta} \text{ khi } 0 < x < \Delta_1 \quad (1.7)$$

Nếu trong (1.1) ta đặt $N_x = 1$, thì sẽ nhận được biểu thức về từ thông trong các khu vực tương ứng:

$$\phi_{sx} = \int_{x_1}^{x_2} d\phi_{sx} \quad (1.8)$$

Theo (1.1) và các giải thích kèm theo, từ thông móc vòng trong các khu vực khác nhau là:

a- Do từ thông Φ'_s trong khu vực Δ_1

$$\dot{\psi}_{s_1} = N_1 \mu_o \frac{\pi}{l_s} \Delta_1 \left[\frac{\dot{F}_1}{3} \left(D_1 - \frac{2}{3} \Delta_1 \right) - \frac{U_{\mu\Delta_1}}{2} \left(D_1 - \frac{4}{3} \Delta_1 \right) - \frac{U_{\mu\Delta_1}}{3} \left(D_1 - \frac{3}{4} \Delta_1 \right) \right] \quad (1.9)$$

b- Bởi từ thông Φ''_s trong khu vực Δ

$$\dot{\psi}_{s_1}^* = N_1 \mu_o \frac{\pi}{l_s} \Delta \left[\dot{F}_1 (D_1 - 2\Delta_1 - \Delta) - (\dot{U}_{\mu\Delta} - \dot{U}_{\mu\Delta_1}) (D_1 - 2\Delta_1 - \Delta) - \frac{U_{\mu\Delta}}{2} \left(D_1 - 2\Delta_1 - \frac{2}{3} \Delta \right) \right] \quad (1.10)$$

c- Bởi từ thông Φ_{os} trong khu vực Δ_2

$$\dot{\psi}_s = N_1 \mu_o \frac{\pi}{l_s} \Delta_2 \left[(\dot{F}_1 - \dot{U}_{\mu\Delta_1} - \dot{U}_{\mu\Delta} - \dot{U}_{\mu\Delta_2}) (D_2 - \Delta_2) + \frac{\dot{F}_2}{2} \left(D_2 - \frac{4}{3} \Delta_2 \right) - \frac{\dot{F}_{\Delta_2}}{2} \left(D_2 - \frac{4}{3} \Delta_2 \right) \right] \quad (1.11)$$

Từ thông móc vòng với N_2 bởi Φ_{os} trong khu vực Δ_2 là:

$$\dot{\psi}_{os_2} = N_2 \mu_o \frac{\pi}{l_s} \Delta_2 \left[\left(\frac{\dot{F}_1 - \dot{U}_{\mu\Delta_1} - U_{\mu\Delta} - U_{\mu\Delta_2}}{2} \right) \left(D_2 - \frac{4}{3} \Delta_2 \right) + \frac{\dot{F}_2}{3} \left(D_2 - \frac{3}{2} \Delta_2 \right) - \frac{U_{\mu\Delta_2}}{3} \left(D_2 - \frac{3}{2} \Delta_2 \right) \right] \quad (1.12)$$

Ở đây:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{\mu\Delta_1} &= 2 \int_0^{\Delta_1} \dot{\phi}_x dZ_{\mu x} \\ U_{\mu\Delta} &= 2 \int_0^{\Delta} \dot{\phi}_x dZ_{\mu x} \\ \dot{U}_{\mu\Delta_2} &= 2 \int_0^{\Delta_2} \dot{\phi}_x dZ_{\mu x} \end{aligned} \quad (1.13)$$

Thông thường vì D_1 và $D_2 \gg \Delta_1, \Delta_2, \Delta$, nên có thể đưa vào đại lượng đường kính trung bình:

$$D_{tb} = \frac{D_2 + D_1}{2} \approx D_1 - \frac{2}{3} \Delta_1 \approx D_2 - \frac{4}{3} \Delta_2 \approx D_2 - \frac{4}{3} \Delta_2$$

từ đó ta có:

$$\dot{\psi}'_{s_1} = N_1 \cdot K \cdot \Delta_1 \left[\frac{\dot{F}_1}{2} - \frac{\dot{U}_{\mu t}}{2} - \frac{\dot{U}_{\mu \Delta_1}}{3} \right], \quad (1.24)$$

$$\dot{\psi}''_{s_1} = N_1 \cdot K \cdot \Delta \left[\dot{F}_1 - \dot{U}_{\mu t} - \dot{U}_{\Delta_1} - \frac{\dot{U}_{\Delta}}{2} \right], \quad (1.25)$$

$$\dot{\psi}_{os_1} = N_1 \cdot K \cdot \Delta_2 \left[\dot{F}_1 - \frac{\dot{F}_2}{2} - \dot{U}_{\mu \Delta_2} - \dot{U}_{\mu \Delta} - \frac{\dot{U}_{\mu \Delta_2}}{2} - \dot{U}_{\mu t} \right], \quad (1.26)$$

$$\dot{\psi}_{os_2} = N_2 \cdot K \cdot \Delta_2 \left[\frac{\dot{F}_1}{3} + \frac{\dot{F}_2}{3} - \frac{\dot{U}_{\mu \Delta_1} + \dot{U}_{\mu \Delta}}{2} - \frac{\dot{U}_{\mu \Delta_2}}{3} - \dot{U}_{\mu t} \right], \quad (1.27)$$

Với:

$$K = \mu_o \frac{\pi D_{tb}}{l_s}$$

Từ thông móc vòng với N_1 là:

$$\dot{\psi}_{s_1} = \dot{\psi}'_{s_1} + \dot{\psi}''_{s_1} + \dot{\psi}_{os_1} \quad (1.28)$$

Và bởi vì:

$$\dot{U}_{\mu t} \square \dot{U}_{\mu \Delta_1}; \dot{U}_{\mu \Delta}; \dot{U}_{\mu \Delta_2},$$

Để thuận tiện, có thể xem:

$$\dot{U}_{\mu \Delta_1} = \dot{U}_{\mu \Delta} = \dot{U}_{\mu \Delta_2} = \frac{\dot{U}_{\mu \Delta_1} + \dot{U}_{\mu \Delta} + \dot{U}_{\mu \Delta_2}}{3} = \dot{U}_{\mu \Delta} \quad (1.29)$$

Khi đó điện kháng tản nhận được là:

$$L_{\sigma 1} = N_1^2 \cdot K [(\Delta_1/3 + \Delta + \Delta_2/2) - ((U_{\mu t} + 2U_{\mu \Delta})/2F_1) \cdot (\Delta_1 + \Delta + \Delta_2)] \quad (1.30)$$

$$L_{\sigma 2} = N_2^2 \cdot K [(\Delta_2/6 - ((U_{\mu t} + U_{\mu \Delta})/2F_1) \Delta_2)] \quad (1.31)$$

Nếu cho rằng:

$$U_{\mu t} + U_{\mu \Delta} \approx U_{\mu t} + 2U_{\mu \Delta} \approx U_{\mu o t}/2 \quad (U_{\mu \Delta} \ll U_{\mu t}) \quad (1.31')$$

Trong đó: $U_{\mu o t}/F_1 = I_o/I_1 = k_o$,

Vì vậy:

$$U_{\mu o t}/2 \cdot F_1 = ((U_{\mu t} + U_{\mu \Delta})/2F_1) \cdot (\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta) = k_o \cdot \Delta_s/4 = K_{\sigma 1} \quad (1.32)$$

$$\text{Với } \Delta_s = \Delta_1 + \Delta + \Delta_2, \text{ còn } ((U_{\mu t} + U_{\mu \Delta}) \cdot \Delta_2)/2F_1 = k_o \cdot \Delta_2/4 = K_{\sigma 2} \quad (1.33)$$

Từ đó:

$$X_{\sigma 1} = \omega L_{\sigma 1} = (\omega \mu_0 \pi D_m x / l_s) \cdot (\Delta_1/3 + \Delta + \Delta_2/2) \quad (1.34)$$

$$X_{\sigma 2} = \omega L_{\sigma 2} = - (\omega \mu_0 \pi D_m x / l_s) \Delta_2/6 \quad (1.35)$$

II. Phương pháp thực nghiệm

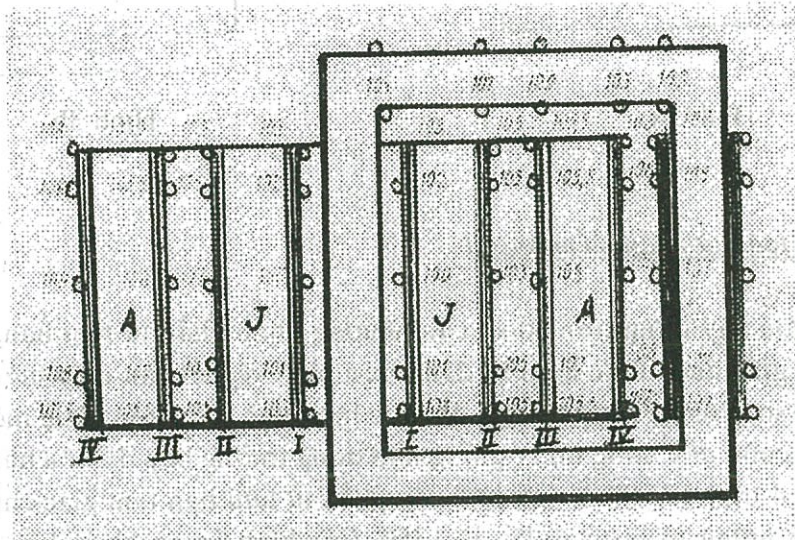
Trong các tài liệu tham khảo, việc đo đặc điện kháng tản trong máy biến áp được thực hiện theo hai phương pháp: a/ Phương pháp ngắn mạch và b/ Phương pháp đo bằng hai cuộn dây đo có số vòng dây bằng nhau, đấu ngược chiều.

Ở đây, sử dụng phương pháp thứ hai, đặt một cuộn dây đo nhỏ song song với cuộn dây chính của máy biến áp. Khi đó sức điện động (s.đ.đ) đo được chính là s.đ.đ cảm ứng trong cuộn dây chính.

Khi đấu ngược chiều hai cuộn dây đo có số vòng dây bằng nhau ($N_1=N_2$) sẽ nhận được s.đ.đ $E_{\sigma 12}$, tương ứng với giá trị điện kháng tản trong máy biến áp. Khi chia s.đ.đ tản này cho dòng điện tương ứng sẽ nhận được giá trị điện kháng tản giữa hai cuộn dây.

Mô tả thí nghiệm:

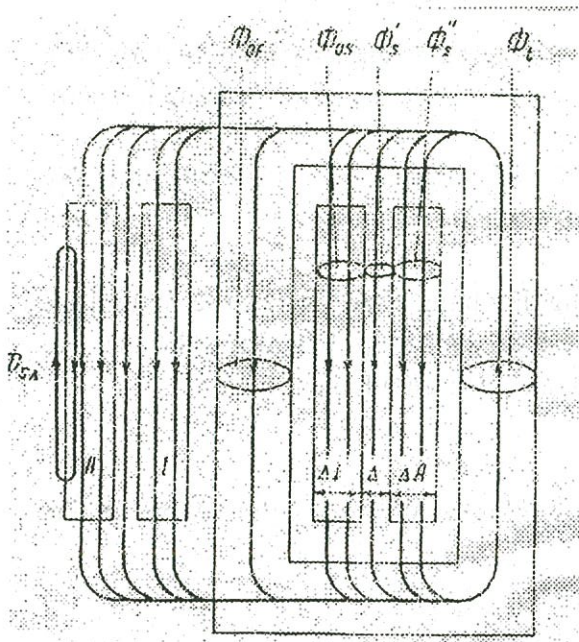
Sơ đồ thí nghiệm đo điện kháng tản trong máy biến áp một pha, cuộn dây đồng tâm được mô tả trong hình 2.



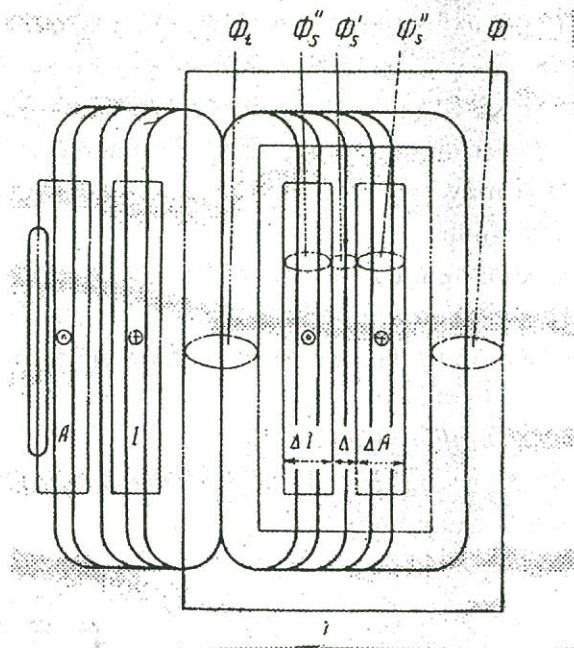
Hình 2

Trong hình, với J- ký hiệu cuộn dây nằm trong và A- cuộn dây nằm ngoài. Các cuộn này có cùng số vòng dây. Dây dẫn của chúng được chuẩn bị làm hai loại, cuộn chính với tiết diện thường và cuộn đo với tiết diện nhỏ ($d=0,2 \text{ mm}$). Các dây dẫn đều được bọc cách điện riêng, sau đó dây đo quấn quanh dây chính với bước khá lớn và cả hai một lần nữa lại được bọc cách điện chung. Ngoài ra, dọc theo bề mặt trong và ngoài của các cuộn J và A ta đặt thêm một số cuộn dây đo có cùng số vòng dây. Trong hình, các ký hiệu khoanh tròn nhỏ là vị trí các vòng dây đơn vị dùng để xác định từ thông ở các vị trí tương ứng trong máy biến áp.

Trong các cuộn dây đo nhận được các s.d.đ E_1 và E_2 , khi chúng đấu ngược chiều sẽ cho s.d.đ tản $E_{\sigma 12}$ và $X_{\sigma 12} = E_{\sigma 12}/I$. Hình 3 trình bày kết quả đo được của từ thông tản trong máy biến áp khảo sát. Hình 3a- khi cuộn J nằm trong và hình 3b- khi cuộn J nằm ngoài.



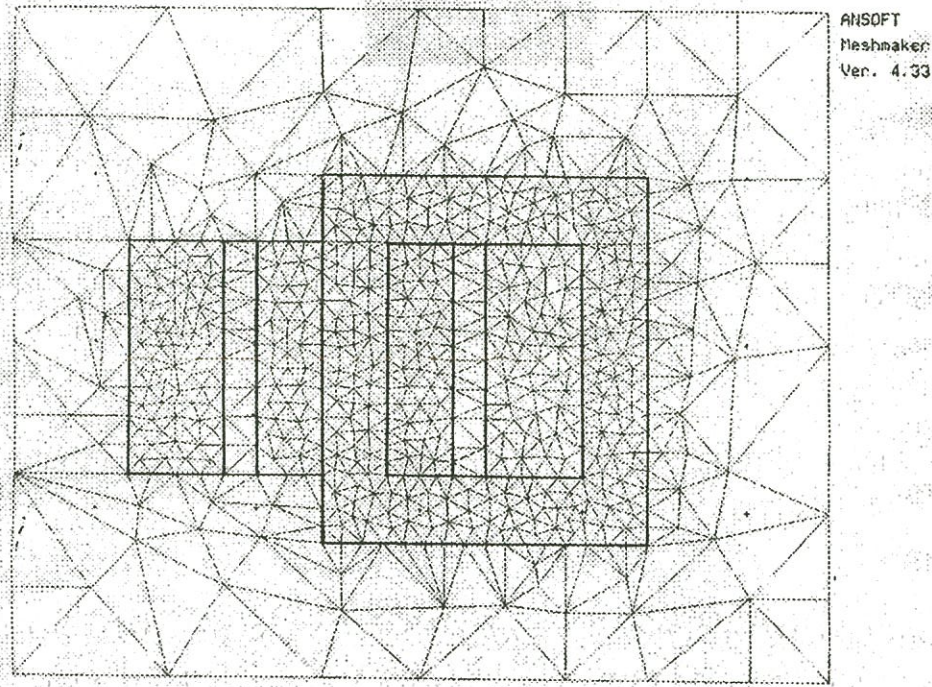
Hình 3a



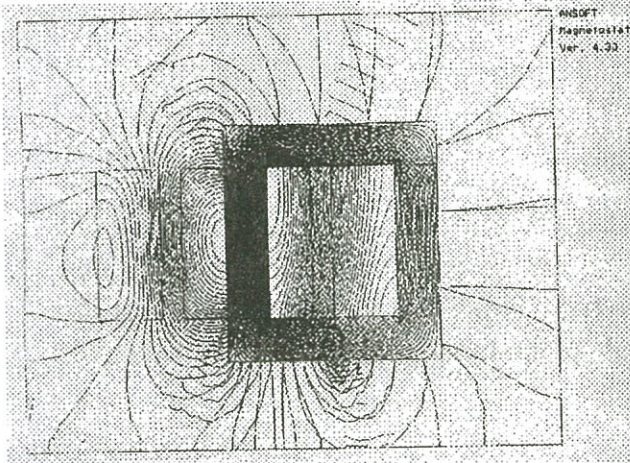
Hình 3b

III. Kết quả tính toán từ phần mềm Ansoft

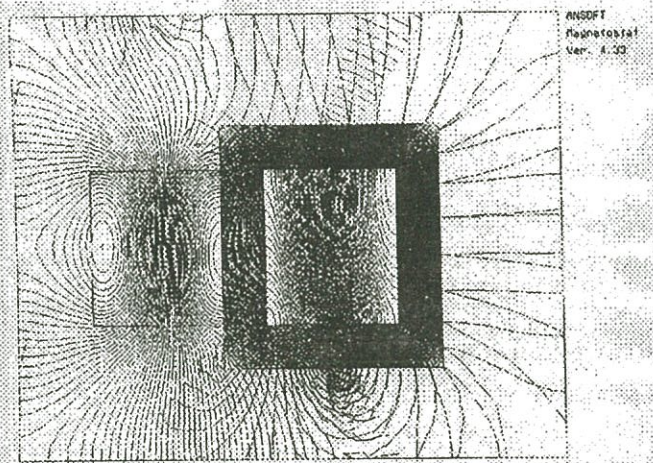
Phần mềm được xây dựng trên cơ sở của phương pháp phần tử hữu hạn. Việc chia lưới các phần tử tam giác được thực hiện tự động trên hình vẽ kết cấu máy biến áp. Trong bài báo này, để tiện so sánh kết quả tác giả đã thực hiện tính toán trên cùng một mô hình máy biến áp một pha, cuộn dây đồng tâm (giống như trong trường hợp đã tiến hành thực nghiệm ở phần II). Hình 4 trình bày hình ảnh lưới các phần tử hữu hạn tam giác chia trên mô hình máy biến áp. Số lượng phần tử ở đây là 1350. Các hình 5a và 5b là kết quả phân bố từ trường trong máy ở hai trường hợp với cuộn J nằm trong và cuộn J nằm ngoài. Các hình 6a và 6b cho kết quả tính toán từ trường rò trong cửa sổ mạch từ của máy biến áp.



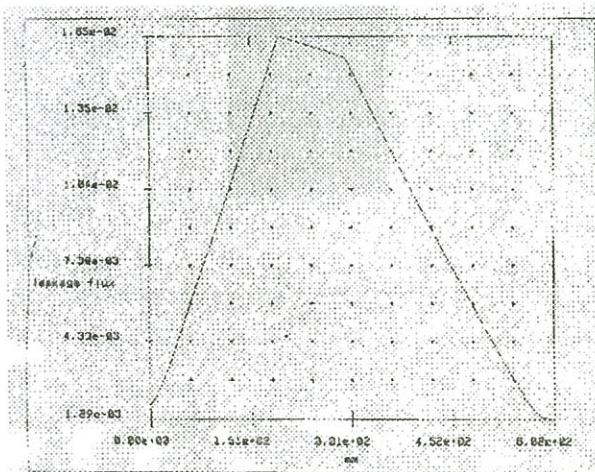
Hình 4



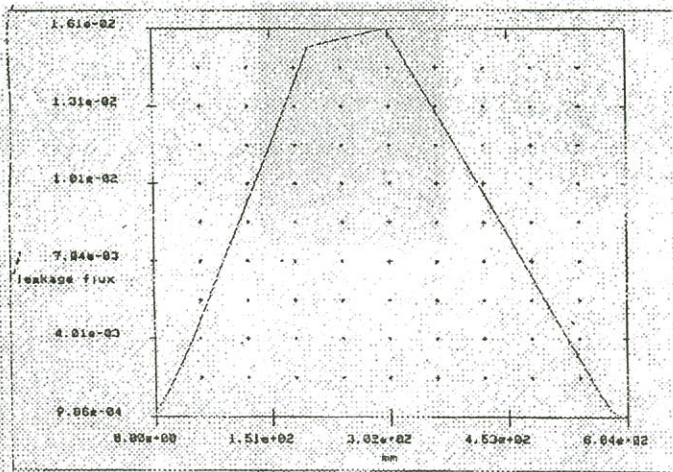
Hình 5a



Hình 5b



Hình 6a



Hình 6b

IV. Kết luận

1. Phương pháp lý thuyết cho phép nhận được giá trị điện kháng tản trong máy biến áp với độ chính xác hạn chế (vì phải đưa vào khá nhiều giả thiết gần đúng). Với phương pháp này khó có thể hình dung được hình ảnh phân bố từ trường trong các phần của máy.

2. Kết quả nhận được từ đo đạc thực nghiệm và từ tính toán với sự trợ giúp của phần mềm Ansoft cho thấy có sự đồng nhất khá hy hữu (các hình 3a,3b,5a,5b). Điều đó chứng tỏ rằng việc tiến hành tính toán từ trường trong máy biến áp trên Ansoft cho các kết quả có thể chấp nhận được và có thể giải quyết các dạng bài toán phức tạp hơn như bài toán về máy biến áp ba cuộn dây.

3. Việc tính toán nhờ phần mềm Ansoft cho phép nhận kết quả phân bố từ trường trên bất kỳ khu vực nào của máy biến áp, ví dụ như trường tản trong cửa sổ mạch từ (hình 6a,6b).

RESEARCHING ON LEAKAGE FLUX IN THE SINGLE PHASE TRANSFORMERS BY THE ANSOFT SOFTWARE

Nguyen Chu Hung

University of Technology – VNU-HCM

ABSTRACT: A lot of papers have concerned the same topic but the goal of us in this paper is to compare the results from different methods of research for the same objective, such as the single phase transformers. For the works we use mainly the data got from the experimental measurements of the model above and the one has received from the calculation by the Ansoft software. At last we have found that the Ansoft software can help us further more for the different researches about the transformers.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Petur Penchev; About the leakage flux in transformers; “Technica”; Sophia 1969.
- [2]. N.C.Hùng, T.T.C.Hưng; Kỹ thuật điện 1; “ĐHQG TP.HCM” 2000.
- [3]. N.C.Hùng; Khảo sát từ trường rò trong cửa sổ mạch từ nam châm nhờ phần mềm Ansoft Tuyển tập các báo cáo khoa học lần 8 của phân ban “Kỹ thuật điện”, 2002.