

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG MÁY BIẾN DÒNG ĐIỆN TỪ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM ĐẶC TÍNH KÍCH THÍCH CỦA MÁY BIẾN DÒNG TRONG THỰC TẾ

Doãn Thanh Cảnh¹, Phạm Thị Hà²

TÓM TẮT

Mô hình máy biến dòng điện xây dựng dựa trên đặc tính kích thích trong thí nghiệm thực tế, từ đặc tính kích thích xây dựng đường cong từ hóa của lõi thép máy biến dòng. Kết quả mô phỏng cho thấy đặc tính kích thích của mô hình máy biến dòng điện được xây dựng là phù hợp với đặc tính kích thích trong thực nghiệm. Việc sử dụng mô hình máy biến dòng cho phép phân tích đáp ứng các bảo vệ khi xảy ra bão hòa máy biến dòng.

Từ khóa: *Biến dòng điện, đặc tính, kích thích, mô hình, từ hóa.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong sơ đồ bảo vệ các thiết bị điện quan trọng trong hệ thống điện, các tín hiệu đầu vào của bộ bảo vệ được cấp bởi máy biến dòng điện. Chất lượng của máy biến dòng ảnh hưởng trực tiếp tới độ tin cậy của bảo vệ [1]. Máy biến dòng điện là thiết bị điện dùng để biến đổi dòng điện có trị số lớn và điện áp cao xuống dòng điện có trị số tiêu chuẩn 5A hoặc 1A, điện áp an toàn để cung cấp cho mạch đo lường, điều khiển và bảo vệ [2].

Hiện nay, việc mô hình hóa các phần tử trong hệ thống điện đã trở nên cần thiết, nhằm kiểm tra, đánh giá quá trình làm việc của thiết bị cả trước và sau khi áp dụng thực tế. Với công cụ mô phỏng hiện đại như EMTP, Matlab/Simulink, người nghiên cứu có thể xây dựng được mô hình rơle bảo vệ dựa trên các giải thuật khác nhau, kết hợp với các khối thiết bị có sẵn trong thư viện mô phỏng để tiến hành mô phỏng các dạng sự cố và phân tích sự làm việc của rơle. Từ các kết quả mô phỏng, người sử dụng có thể đánh giá lượng hóa được ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau đến sự làm việc của rơle kỹ thuật số, từ đó đưa ra các điều chỉnh phù hợp về mặt chỉnh định các thông số cài đặt, cũng như lựa chọn hợp lý các thiết bị đo lường và mạch nhị thứ.

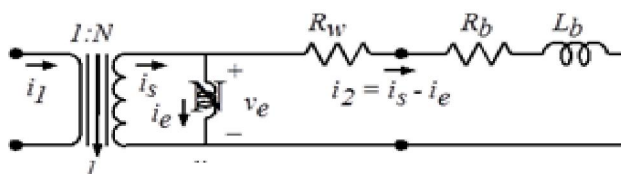
Các nghiên cứu trước đó [1,3,4] sử dụng lại chính các số liệu điển hình của biến dòng điện mà Matlab đưa ra nên chưa phù hợp với yêu cầu thực tế [5]. Để giải quyết vấn đề này, cần thiết phải xây dựng được mô hình máy biến dòng điện từ các kết quả thí nghiệm đặc tính kích thích của máy biến dòng điện. Trong thực tế, số liệu thí nghiệm máy biến dòng tại hiện trường cho ta đặc tính kích thích của máy biến dòng, để mô phỏng lại máy biến dòng trong môi trường MATLAB cần thiết xây dựng đường cong từ hóa của lõi thép máy biến dòng điện.

2. MÔ HÌNH MẠCH ĐIỆN THAY THẾ VÀ PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÁY BIẾN DÒNG ĐIỆN

Mô hình mạch điện thay thế máy biến dòng gồm: Máy biến dòng lý tưởng nối song song với cuộn cảm phi tuyến đặc trưng bởi mối quan hệ giữa từ thông chính

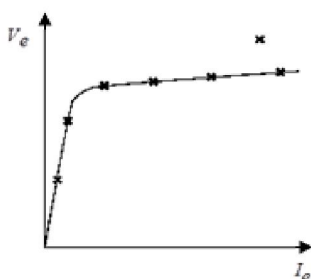
^{1,2} Khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức

móc vòng qua các cuộn dây, mối quan hệ giữa từ thông và dòng điện trong cuộn dây máy biến dòng [6].



Hình 1. Mô hình mạch thay thế máy biến dòng điện

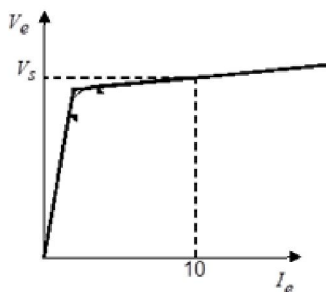
Đường cong kích thích của máy biến dòng là đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa giá trị hiệu dụng của điện áp kích thích và dòng điện kích thích của máy biến dòng điện. Đường cong kích thích được thí nghiệm và cung cấp bởi nhà sản xuất biểu diễn trên trục đồ thị log-log.



Hình 2. Đường cong kích thích máy biến dòng điện

Để xây dựng mô hình máy biến dòng điện cần đơn giản hóa đường cong kích thích máy biến dòng và xác định được các tham số của đặc tính từ hóa máy biến dòng điện.

Theo [4,6] ta đơn giản hóa đặc tính kích thích như hình 3.



Hình 3. Đặc tính đơn giản hóa của đường cong kích thích

Để có được đặc tính từ hòa lõi thép máy biến dòng điện cần xác định được giá trị của hệ số A của phương trình $i_e = A \cdot \text{sgn}(\lambda) \cdot |\lambda|^S$ (1)

Mối quan hệ giữa từ thông liên kết (λ) và điện áp kích thích tức thời (v_s) theo định luật Faraday, khi bỏ qua điện trở không đáng kể của cuộn dây thứ cấp (R_w) của máy biến dòng ta có:

$$v_e = \frac{d\lambda}{dt} \quad (2)$$

Giả thiết với điện áp kích thích dạng sin: $v_e = \sqrt{2}V_e \cos(\omega t)$ (3)

Và $\lambda = \int v_e dt = \int \sqrt{2}V_e \cos(\omega t) dt = \sqrt{2}V_e \frac{1}{\omega} \sin(\omega t)$ (4)

Dòng điện kích thích là không sin, hàm lũy thừa bậc s của λ

$$i_e = A\lambda^s = A \left[\frac{\sqrt{2}V_e}{\omega} \sin(\omega t) \right]^s = A \left[\frac{\sqrt{2}V_e}{\omega} \right]^s \sin^s(\omega t) \quad (5)$$

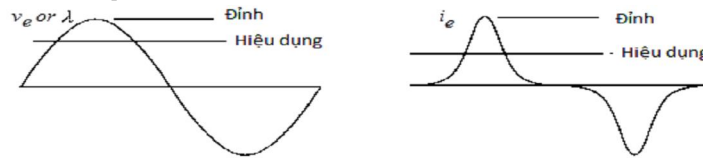
Giá trị hiệu dụng được định nghĩa

$$I_e = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_e^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} A^2 \left[\frac{\sqrt{2}V_e}{\omega} \right]^{2s} \sin^{2s}(\omega t) dt} = A \left[\frac{\sqrt{2}V_e}{\omega} \right]^s \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^{2s}(\omega t) dt} \quad (6)$$

Định nghĩa tỷ số giữa giá trị hiệu dụng và biên độ là $RP = \frac{rms}{peak}$.

Với hàm sin thì $RP=0.7071$, với i_e giá trị của RP được xác định như sau

$$RP = \frac{\sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_{pk}^2 \sin^{2s}(\omega t) dt}}{I_{pk}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^{2s}(\omega t) dt} \quad (7)$$



Hình 4. So sánh biên độ và giá trị hiệu dụng của sóng dạng sin và không sin

Thay vào biểu thức 5 ta có

$$I_e = A \left[\frac{\sqrt{2}V_e}{\omega} \right]^s RP \quad (8)$$

Ta sẽ xác định hệ số A qua điểm $I_e=10$, $V_e=V_s$

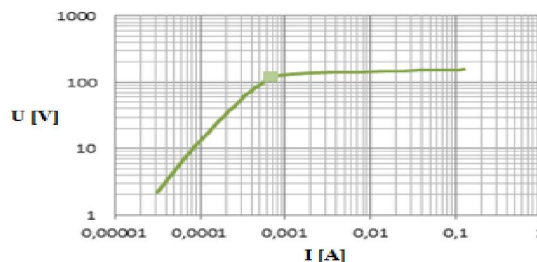
$$10 = A \left[\frac{\sqrt{2}V_s}{\omega} \right]^s RP; \quad A = \frac{10\omega^s}{(\sqrt{2}V_s)^s} \frac{1}{RP} \quad (9)$$

Thay vào biểu thức (1) có mối quan hệ giữa λ và i_e $i_e = \text{sgn}(\lambda) \frac{10\omega^s}{(\sqrt{2}V_s)^s} \frac{1}{RP} \cdot |\lambda|^s$ (10)

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÁY BIẾN DÒNG TỪ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

3.1. Thông số máy biến dòng từ thí nghiệm

Máy biến dòng được mô phỏng có thông số 400/5 loại 10P20 kết quả thí nghiệm như sau:



Hình 5. Đặc tính kích thích thí nghiệm của máy biến dòng 10P20, 400/5

Bảng 1. Thông số thí nghiệm của máy biến dòng điện

Điện áp (V)	155.3475	154.2525	153.9675	153.0705	152.0925	150.867	149.1345	147.015
Dòng điện (A)	0.1253274	0.1102412	0.0903417	0.0706133	0.0526517	0.037191	0.0244536	0.014571
Điện áp (V)	144.3465	140.9745	136.761	132.0855	127.2285	122.283	117.3015	112.3275
Dòng điện (A)	0.0076347	0.0035771	0.0018111	0.0011504	0.0008784	0.0007518	0.0006782	0.0006297
Điện áp (V)	107.3175	102.321	97.3365	92.328	87.327	82.338	77.322	72.303
Dòng điện (A)	0.0005991	0.000569	0.0005339	0.000504	0.0004733	0.0004413	0.0004131	0.0003875
Điện áp (V)	67.32	62.2995	57.2775	52.2855	47.271	42.2595	37.2525	32.2365
Dòng điện (A)	0.0003611	0.0003365	0.0003135	0.0002904	0.0002673	0.0002438	0.0002199	0.0001959
Điện áp (V)	27.2415	22.2255	17.217	12.2085	7.1925	2.175		
Dòng điện (A)	0.0001725	0.0001482	0.0001224	0.0000948	0.0000651	0.0000309		

Từ thông số thí nghiệm và đặc tính ở hình 5 xác định được $V_s = 187.05(V)$, tham số $S = 16$.

3.2 Xác định tham số A

Thay vào biểu thức (7) và (9) ta có:

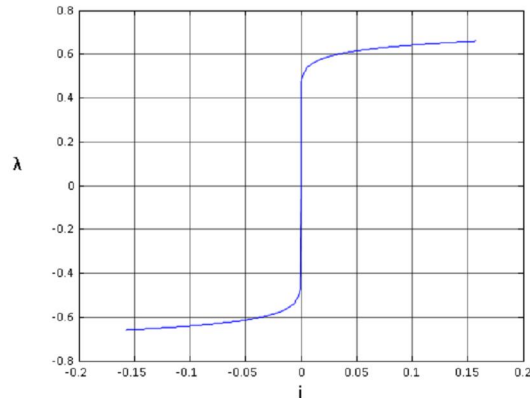
$$RP = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^{3.2}(\omega t) dt}$$

$$A = \frac{10(100.\Pi)^{16}}{(\sqrt{2} * 187.05)^{16}} \frac{1}{RP}$$

Kết quả tính toán được thực hiện trong MATLAB/SIMULINK với sơ đồ mô phỏng gồm máy biến dòng được cấp nguồn phía thứ cấp bởi nguồn dòng điều chỉnh tăng dần dòng điện, phía sơ cấp máy biến dòng để hở mạch, đo điện áp phía thứ cấp [7].

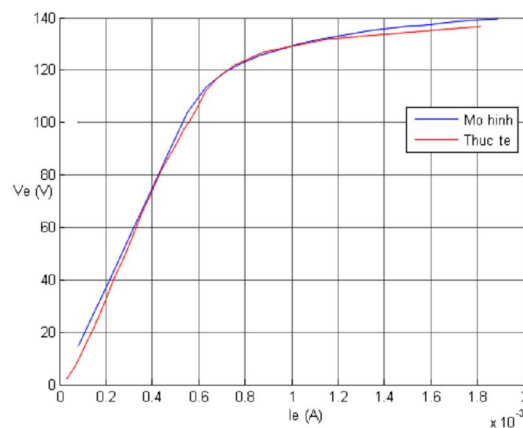
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Máy biến dòng điện sử dụng trong mô phỏng có thông số $R_w = 02\Omega$, $L_w = 0.005H$.



Hình 6. Đặc tính từ hóa của máy biến dòng điện

Kết quả mô phỏng cho thấy đặc tính từ hóa của máy biến dòng điện thực tế và mô hình là phù hợp với nhau.



Hình 7. So sánh đường cong kích thích máy biến dòng trong thí nghiệm thực tế và khi sử dụng mô hình xây dựng trên MATLAB

Điểm gãy của đồ thị trong thực tế tại điểm $I_k = 0.0006952$ (A), $V_k = 118.4865$ (V) trong mô hình xây dựng có $I_k = 0.0006948$ (A), $V_k = 112.9732$ (V). Mô hình là phù hợp, chấp nhận được.

5. KẾT LUẬN

Bài báo này nghiên cứu xây dựng mô hình máy biến dòng điện trong môi trường MATLAB/SIMULINK từ kết quả thí nghiệm thực tế và đã thực hiện xây dựng được mô hình máy biến dòng điện có đáp ứng đúng với đặc tính kích thích khi thí nghiệm. Với kết quả mô hình máy biến dòng được xây dựng có thể sử dụng các bản ghi sự cố, kiểm nghiệm lại sự làm việc của bảo vệ so lệch máy biến áp cũng như các bảo vệ khác khi xảy ra bão hòa máy biến dòng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Đình Long (2009), *Bảo vệ các hệ thống điện*, Nxb. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2] Phạm Văn Chới (2012), *Giáo trình Khí cụ điện*, Nxb. Giáo dục Việt Nam, Hà Nội.
- [3] R.P.Pandey, R.N.Patel (2014), A CT Saturation Detection Algorithm Using Secondary Current Third Difference Function, *International Journal of Engineering Development and Research*, 2 (2), pp. 2774 - 2779.
- [4] Thilepa R, Yogaraj J, Vinoth Kumar C S, Santhosh P K (5/2016), Saturation Analysis on Current Transformer, *International Journal of Future Innovative Science and Technology*, 2 (2).
- [5] Lê Kim Hùng và cộng sự (2019), Thử nghiệm và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến mức độ bão hòa của biến dòng điện, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng, tr.129 - 134.
- [6] PSRC, CT SAT Calculator.
- [7] Nguyễn Phùng Quang (2006), *Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*, Nxb. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.

**STUDY OF CURRENT TRANSFORMER MODEL BASED ON THE
STIMULATING PROPERTIES IN EXPERIMENTS**

Doan Thanh Canh, Pham Thi Ha

ABSTRACT

Current transformer model is built based on the stimulating properties in experiments, from the stimulating properties to build the magnetization curve of the transformer core steel. The simulation results show that the stimulating properties of the current transformer model are consistent with the experimental stimulating properties. This model allows to analyze the response of the saturation transformer protection.

Keywords: *Current transformer, characteristics, stimulation, model, magnetization.*

* Ngày nộp bài: 1/7/2020; Ngày gửi phản biện: 27/7/2020; Ngày duyệt đăng: 28/10/2020