

# NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH CHỐNG SÉT VAN DẠNG OXÍT KIM LOẠI

Quyền Huy Ánh<sup>(1)</sup>, Lê Vũ Minh Quang<sup>(2)</sup>

(1) Trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh

(2) Trường Trung Học Điện II

**TÓM TẮT:** Các nghiên cứu về đặc tính của chống sét van oxit kim loại (MOV) đối với các xung đầu sóng tăng nhanh, thời gian đầu sóng của xung dưới  $8\mu\text{s}$ , cho thấy điện áp trên chống sét van đạt đỉnh nhanh hơn so với dòng điện chạy qua chống sét van, đồng thời điện áp dư trên chống sét van sẽ tăng lên khi dòng chạy qua nó có độ dốc càng lớn. Như vậy, chống sét van oxit kim loại có đặc tính đáp ứng động hay còn gọi là đặc tính phụ thuộc tần số. Vấn đề khó khăn thường gặp phải là cách xác định các thông số của mô hình một cách đơn giản mà vẫn đảm bảo độ chính xác mô phỏng.

Bài báo này sẽ trình bày mô hình chống sét van MOV với phương pháp đơn giản để xác định các thông số của mô hình từ bảng thông số kỹ thuật của thiết bị chống sét do nhà chế tạo cung cấp.

Kết quả mô phỏng với dòng phóng có phạm vi đạt đỉnh từ  $1\mu\text{s}$  đến  $45\mu\text{s}$  tương đương với kết quả thí nghiệm của nhà sản xuất. Điều này đã chứng tỏ tính đúng đắn của mô hình.

## 1. GIỚI THIỆU

Chống sét van (MOV) là thiết bị thường được dùng để hạn chế quá điện áp tác dụng lên cách điện của thiết bị. Trong điều kiện bình thường MOV có trở kháng cao gần như hở mạch, khi xuất hiện quá điện áp quá độ, MOV sẽ nhanh chóng trở thành đường dẫn trở kháng thấp để triệt xung đột biến. MOV có đặc tính này là do đường cong V-I của nó phi tuyến.

Những nghiên cứu về xung đóng cắt trong hệ thống (ví dụ như đóng cắt tụ bù) cho thấy rằng chỉ cần biểu diễn MOV bằng một điện trở phi tuyến với đặc tính V-I từ Catalogue. Tuy nhiên, MOV có những đặc tính đáp ứng động rất quan trọng đối với các xung sét hay đối với xung có đầu sóng tăng nhanh. Đối với những xung dòng có thời gian đầu sóng nhanh hơn  $10\mu\text{s}$ , điện áp dư đặt lên chống sét van sẽ tăng lên khi thời gian đạt đỉnh dòng điện qua chống sét van giảm và điện áp dư của chống sét van đạt tới đỉnh trước khi dòng điện qua nó đạt đỉnh. Sự gia tăng điện áp dư sẽ đạt xấp xỉ 6% khi thời gian đầu sóng của dòng điện phóng qua giảm từ  $8\mu\text{s}$  xuống  $1,3\mu\text{s}$  [3, 4]. Thực tế, điện áp trên chống sét van không chỉ là hàm của dòng điện mà còn là độ dốc của nó. Những đặc tính này, giống như đặc tính phụ thuộc tần số, đòi hỏi một mô hình phức tạp hơn so với mô hình điện trở phi tuyến đơn giản.

Có một số mô hình được đề nghị để mô phỏng đặc tính động này. Trong khi những mô hình này có độ chính xác chấp nhận được thì vấn đề khó khăn thường gặp phải là việc xác định các thông số của mô hình. Trong vài trường hợp, việc tính toán và hiệu chỉnh thông số cần phải thực hiện vài thủ tục tính toán lặp để chọn lựa được giá trị thích hợp với chống sét van thực tế, bên cạnh đó, một số mô hình cần các dữ liệu mà nhiều khi không tìm được trên Catalog. Dưới đây, trình bày một số mô hình tiêu biểu.

## 2. MỘT SỐ MÔ HÌNH CHỐNG SÉT VAN

### 2.1. Mô hình điện trở phi tuyến

Mô hình điện trở phi tuyến (Hình 1) [1] có đặc tính phi tuyến V-I, xác định bằng vài đoạn lũy thừa khác nhau, với mỗi đoạn được xác định như sau:

$$i = P \left( \frac{V}{V_{ref}} \right)^q \quad (1)$$

Mô hình này được dùng ở trong thư viện Power System Blockset của phần mềm Matlab, đặc tuyến phi tuyến V-I của mô hình được thành lập bởi ba đoạn lũy thừa. Mô hình điện trở phi tuyến này không thích hợp cho các đáp ứng động mà các đáp ứng này rất quan trọng trong nghiên cứu phối hợp cách điện.

## 2.2. Mô hình điện trở phi tuyến kết hợp điện cảm phi tuyến

Mô hình điện trở phi tuyến (Hình 2) [5] được dùng một cách qui ước cho một chống sét van. Như thế, điện trở phi tuyến không thể cho các đặc tính phụ thuộc tần số, để có được đặc tính như vậy phải kết nối nối tiếp một điện cảm phi tuyến (Hình 2-a). Mô hình điện trở phi tuyến có thể được biểu diễn bằng một đường cong đặc tuyến V-I.

Để tính toán điện cảm phi tuyến và mô hình điện cảm phi tuyến, đầu tiên cần phải xây dựng một vòng trễ (Hình 2-b). Mô hình này cần một chương trình máy tính để tính toán đặc tính điện cảm phi tuyến và một tập lớn các điểm biểu diễn mối quan hệ dòng - áp.

## 2.3. Mô hình của Schmidt

Hình-3 [2] là mô hình có thể mô tả được các hiện tượng xảy ra trong chống sét van. Các phần tử R và L là thuộc tính của các hạt ZnO trong khi các phần tử khác mô tả các đặc tính ở vùng tiếp giáp.

Điện trở phi tuyến thể hiện hiệu ứng phi tuyến tại vùng tiếp giáp giữa các hạt ZnO và điện trở tuyến tính của các hạt ZnO. Phần tử A phản ánh đặc tính phóng điện động tại vùng tiếp giáp giữa các hạt ZnO. Đặc tính động này phụ thuộc vào dạng sóng điện áp ( $du/dt$ ,  $u$ ) và thời hằng  $\tau$  để đạt đến trạng thái cân bằng giữa các electron và các lỗ trống tại vùng tiếp giáp. Các đặc tính của phần tử A được xem như là hàm của dòng điện và độ dốc của dòng  $di/dt$  đối với vật liệu ZnO.

Tuy nhiên, các thông số của mô hình được xác định rất phức tạp, đặc biệt là phần tử A, phải xây dựng các mạch mô phỏng RLC để xác định thông số, trong khi các thông số khác muốn có được cũng phải thực hiện các thí nghiệm.

## 2.4. Mô hình của nhóm chuyên gia IEEE

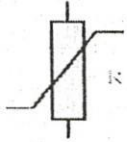
Đây là mô hình phụ thuộc tần số, đặc tính V-I phi tuyến của chống sét van được biểu diễn bằng hai điện trở phi tuyến  $A_0$  và  $A_1$  như Hình-4 [4].

Hai phần tử điện trở phi tuyến này được tách ra bởi bộ lọc R-L. Với các xung đầu dốc thấp, bộ lọc này có trở kháng rất nhỏ và như thế  $A_0$  và  $A_1$  xem như mắc song song nhau. Đối với xung đầu dốc cao, điện kháng bộ lọc lớn, nó sẽ cho dòng điện chạy qua  $A_0$  nhiều hơn  $A_1$ . Từ đó,  $A_0$  sẽ có điện áp rơi trên nó lớn hơn  $A_1$  khi có dòng chạy qua. Kết quả là điện áp dư trên mô hình chống sét van sẽ có trị số cao hơn. Như vậy, các chống sét van MOV có điện áp dư cao hơn đối với xung đầu dốc cao, mô hình sẽ phù hợp tất cả các tính chất của một chống sét van MOV.

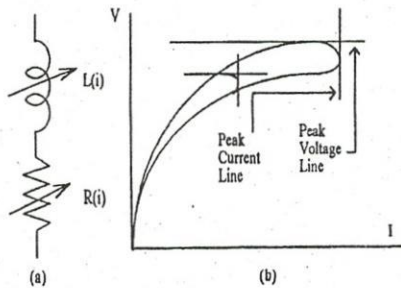
Mô hình của IEEE là một bước khởi đầu trong việc xây dựng mô hình chống sét van phụ thuộc tần số, thể hiện đặc tính động của chống sét van đối với các xung có đầu sóng tăng nhanh. Tuy nhiên, cần phải thực hiện các phép tính lặp để hiệu chỉnh các thông số của mô hình để cho đáp ứng chấp nhận được.

## 2.5. Mô hình của Mardira

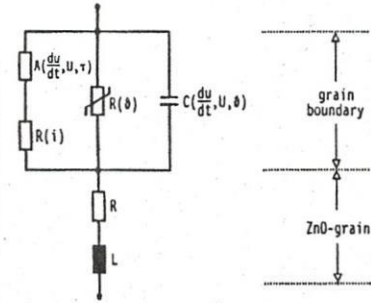
Trong nghiên cứu một mô hình chống sét đơn giản hơn đối với dòng xung sét 8/20 $\mu$ s, Mardira đã đề nghị mô hình như Hình 5 [3].



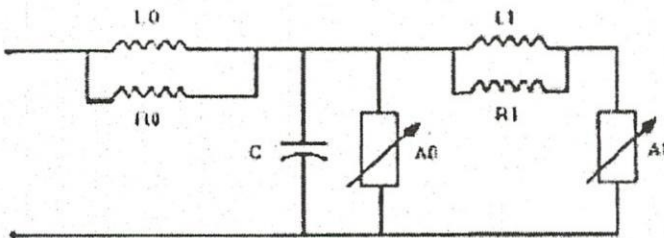
Hình 1. R phi tuyến



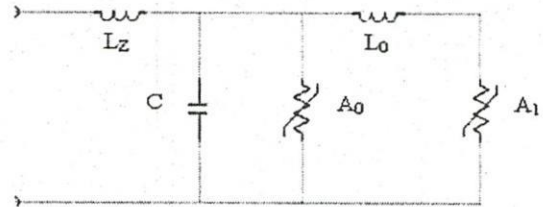
Hình 2. Mô hình và vòng trễ



Hình 3. Mô hình chống sét van



Hình 4. Mô hình phụ thuộc tần số của IEEE



Hình 5. Mô hình đề nghị của Mardira

Việc xác định các đặc tuyến phi tuyến ( $A_0, A_1$ ) được tính toán theo công thức  $I=K.V^\alpha$ . Giá trị  $\alpha$  được dự đoán giữa biên độ mong muốn của dòng điện và điện áp tương ứng:

$$\alpha = \frac{\log(I_2/I_1)}{\log(V_2/V_1)} \quad (2)$$

Với:  $V_1, V_2$  lần lượt là điện áp tại  $I_1, I_2$  ( $I_2 > I_1$ )

Giá trị chính xác của  $K$  và  $\alpha$  được tính toán dựa trên đặc tuyến V-I. Giá trị của  $V_1, V_2, I_1$  và  $I_2$  nhận được từ các thí nghiệm kiểm tra xung. Đặc tuyến đầu tiên của điện trở phi tuyến  $A_0$  và  $A_1$  được lấy từ đường cong trong mô hình IEEE, các giá trị đỉnh của điện áp dư với xung định mức 10kA, 8/20 $\mu$ s.

Mô hình của Mardira cũng là mô hình phụ thuộc tần số nhưng có ưu điểm hơn mô hình của IEEE là không cần tính toán lặp để hiệu chỉnh thông số. Nhưng để xác định giá trị của các thông số trong mạch, như  $L_0$ , là rất khó khăn.

## 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG CHỐNG SÉT VAN MOV TRONG MATLAB

Bài báo này sẽ giới thiệu một mô hình đơn giản hóa của chống sét van cấp phân phối dạng MOV không có khe hở, bên cạnh đó cũng đưa ra cách tiếp cận dễ hiểu, đơn giản trong việc xác định các thông số của mô hình bắt đầu từ dữ liệu của nhà sản xuất.

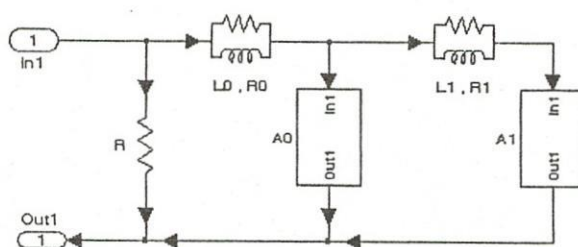
Việc xác định các thông số của mô hình phải đạt những yêu cầu sau:

- Tất cả các số liệu cho bởi nhà chế tạo (trên Catalogue).
- Không cần tính toán lặp để xác định các thông số.
- Đáp ứng của mô hình phải đúng với thiết bị chống sét van MOV thực tế với các cấp điện áp khác nhau và của các nhà sản xuất khác nhau.

Sự đúng đắn của mô hình sẽ được thẩm định bằng cách so sánh số liệu từ các kết quả kiểm tra phóng điện tiêu chuẩn với kết quả của các mô hình khác được tính toán, mô phỏng bởi chương trình Matlab.

### 3.1. Mô hình đề nghị

Mô hình (Hình 6) lấy ý tưởng từ mô hình IEEE với vài hiệu chỉnh nhỏ, đó là tụ điện C được loại bỏ khi ảnh hưởng của nó đến mô hình không đáng kể và thêm vào một điện trở R (1MΩ) ở đầu vào để tránh tràn số khi mô phỏng.



Hình 6. Mô hình phụ thuộc tần số của MOV

### 3.2. Phương pháp xác định các thông số

Để xác định các điện cảm, có thể dùng các công thức sau:

$$L1 = \frac{1}{4} \frac{V_{r1/T2} - V_{r8/20}}{V_{r8/20}} \cdot V_n \quad (3)$$

$$L0 = \frac{1}{12} \frac{V_{r1/T2} - V_{r8/20}}{V_{r8/20}} \cdot V_n \quad (4)$$

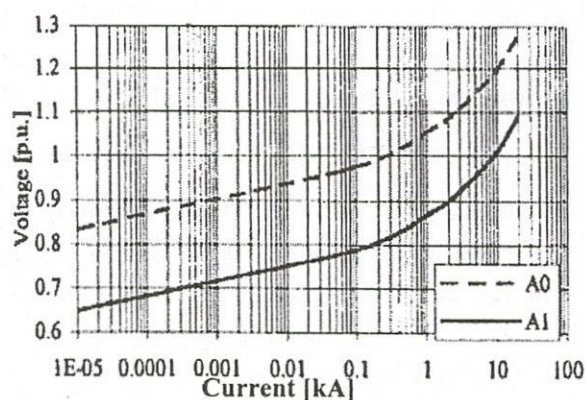
Với:  $V_n$  là điện áp định mức của chống sét van;  $V_{r1/T2}$  là điện áp dư đối với xung dòng 10kA có tần số nhanh ( $1/T_2\mu s$ );  $V_{r8/20}$  là điện áp dư tại xung dòng 10kA của dạng sóng 8/20 $\mu s$ .

Các thông số  $R0$  và  $R1$  được thêm vào để giải quyết vấn đề hạn chế của việc kết nối một phần tử phi tuyến với một cuộn cảm hay với một nguồn dòng khác trong Matlab. Giá trị của  $R0$  và  $R1$  khoảng 1MΩ.

Việc xác định các điện trở phi tuyến ( $A_0, A_1$ ) và các đặc tính của nó dựa trên các đường cong được đề nghị bởi IEEE và chỉ lưu ý giá trị đỉnh của điện áp dư đo được trong thí nghiệm phóng xung dòng sét 10kA và được cho trong bảng 1:

Bảng 1. Hệ số  $A_0$  và  $A_1$

I (kA)	$A_0$ (p.u)	$A_1$ (p.u)
$10^{-5}$	0.833	0.652
0.1	0.974	0.788
1	1.052	0.866
3	1.108	0.922
10	1.195	1.009
20	1.277	1.091



Hình 7. Đặc tuyến V-I của phần tử phi tuyến  $A_0$  và  $A_1$

Các tiêu chuẩn được đề nghị để xác định các thông số không đề cập đến đặc tính vật lý của chống sét van mà chỉ cần số liệu về điện. Đây là sự khác biệt so với các mô hình khác là cần biết thêm nhiều thông tin khác nữa để thành lập được mô hình.

### 3.3. Thực thi mô hình

Sau đây, sẽ tiến hành mô phỏng một chống sét van của ABB MWA 16 kV với các thông số kỹ thuật được cho trong Bảng 2:

**Bảng 2. Thông số MOV**

Rated Voltage (kVrms)	MCOV kVrms	1/5 $\mu$ s – 10kA Max IR_kV crest	1/5 $\mu$ s – 20kA Max IR_kV crest
20	16	50,7	57,4
8/20 $\mu$ s Maximum Discharge Voltage – kV crest			
5 kA		10 kA	20 kA
44,2		46,2	51,0

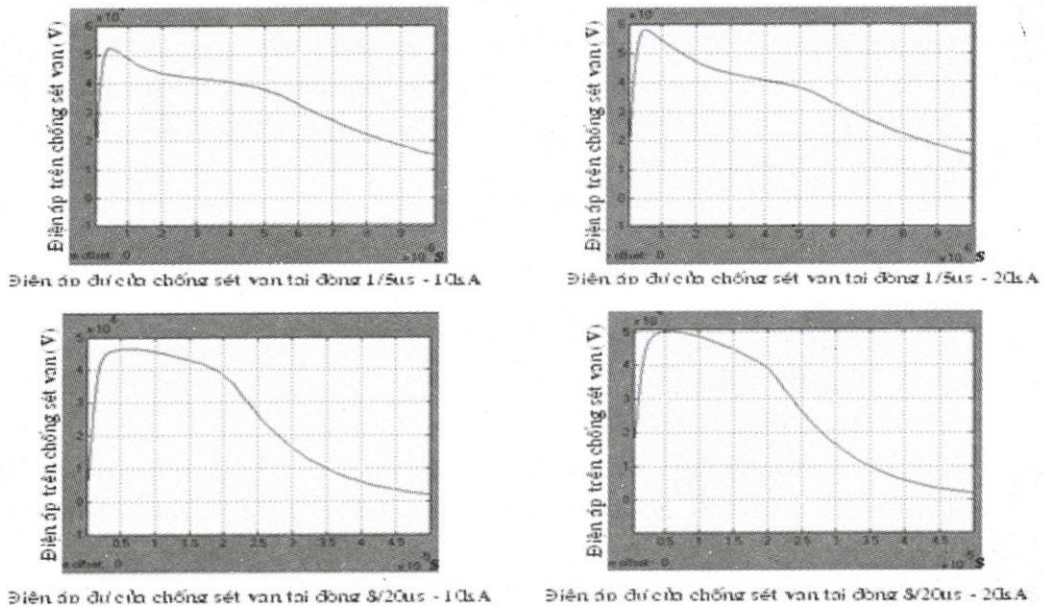
Các thông số cần nhập vào cho mô hình chống sét van MOV là:

- Arrester rated Voltage (Vn): 20kV.
- Residual voltage for lightning current 10kA (V\_lightning): 46,2kV.
- Residual voltage for fastfront current 10kA (V\_fastfront): 50,7kV.

Mô hình được cho phóng điện với dòng điện có dạng sóng 1/5 $\mu$ s và 8/20 $\mu$ s có trị số 5kA, 10kA và 20kA. Giá trị điện áp đạt đỉnh và thời gian đạt đỉnh của mô hình:

**Bảng 3. Điện áp và thời gian đạt đỉnh**

Dòng phóng điện	1/5 $\mu$ s		8/20 $\mu$ s	
	10 kA	20 kA	10 kA	20 kA
Biên độ dòng	10 kA	20 kA	10 kA	20 kA
U <sub>ref</sub> từ Catalogue	50,7 kV	57,4 kV	46,2 kV	51 kV
U <sub>ref</sub> của mô hình	52 kV	58 kV	46,5 kV	50,2 kV
Sai số phần trăm	2,56%	1,05%	0,65%	-1,59%
Thời gian điện áp đạt đỉnh	0,5 $\mu$ s	0,5 $\mu$ s	6,4 $\mu$ s	5,75 $\mu$ s



**Hình 8: Dạng sóng điện áp dư của mô hình ứng với các dòng phóng điện khác nhau**

### 4. KẾT LUẬN

Mô hình đề nghị dựa trên một mô hình nổi tiếng của IEEE với vài điều chỉnh nhỏ, nhưng ở đây trình bày một phương pháp đơn giản để xác định các thông số. Thông số mô

hình có thể được xác định hoàn toàn bắt đầu từ bảng thông số kỹ thuật của thiết bị chống sét từ nhà chế tạo có các giá trị điện áp dư đối với các xung dòng khác nhau.

Mô hình chống sét van đơn giản có thể được xây dựng bao gồm một đặc tuyến phi tuyến V-I và một bộ lọc R-L nối tiếp với nhau thì có thể tạo ra hai hiệu ứng ở trên (điện áp dư tăng khi xung dòng phóng điện có thời gian đạt đỉnh giảm xuống và điện áp dư đạt đỉnh trước khi dòng đạt đỉnh) với thời gian dòng đạt đỉnh hẹp.

Kết quả mô phỏng được so sánh với kết quả thí nghiệm của nhà sản xuất đã chứng tỏ tính đúng đắn của mô hình, đặc biệt đối với dòng phóng có phạm vi đạt đỉnh từ  $0,5\mu\text{s}$  đến  $45\mu\text{s}$ .

Mô hình chống sét van đối với xung đầu sóng tăng nhanh được xây dựng trong môi trường Matlab, việc này tạo thuận lợi cho việc nghiên cứu tại các trường đại học và các viện nghiên cứu tại Việt Nam.

## STUDYING MODEL OF METAL OXIDE SURGE ARRESTERS

Quyen Huy Anh<sup>(1)</sup>, Le Vu Minh Quang<sup>(2)</sup>

(1) University of Technical Education Ho Chi Minh city

(2) The secondary school of Electric II

**ABSTRACT:** Data on characteristics of metal-oxide surge arresters indicates that for fast front surges, those with rise times less than  $8\mu\text{s}$ , the peak of the voltage wave occurs before the peak of the current wave and the residual voltage across the arrester increases as the time to crest of the arrester discharge current decreases. That is this device have dynamic characteristics or also call this is frequency-dependent behavior. However, the difficulties are the identification of the model parameters with the simplified way but give the accuracy in simulations.

This paper presents a model of metal oxide arresters with a simplified procedure to identify the parameters of the model from the standard manufacturer's data-sheet. This model gives good results with the discharge tests of the manufacturer when the discharge current has a time to crest in the range of  $1\mu\text{s}$  to  $45\mu\text{s}$ .

This comparisons of modeling results and test results demonstrate the accuracy of the model.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Daniel W. Durbak, "Surge Arrester Modeling", *Power Technologies*, Schenectady, New York, April 1991.
- [2]. W. Schmidt, J. Meppelink, B. Richter, "Behaviour of MO-surge-Arrester Blocks to Fast Transients", *IEEE Transactions on Power Delivery* Vol.4, No.1, January 1989, pp 292-300.
- [3]. K. P. Mardira, T. K. Saha, "A Simplified lightning Model For Metal Oxide Surge Arrester", The University of Queensland, Australia, 2000.
- [4]. IEEE Working group 3.4.11, "Modeling of metal oxide surge arresters", *IEEE Transactions on Power Delivery* Vol.7, No.1, Jan 1992, pp 302- 309.
- [5]. Ikmo Kim, Toshihisa Funabashi, Haruo Sasaki, Toyohisa Hagiwara, Misao Kobayashi, "Study of ZnO arrester model for steep front wave", *IEEE Transactions on Power Delivery* Vol.11, No.2, April 1996, pp 834-841.