

## MÔ HÌNH XUNG SÉT CẢI TIẾN VÀ QUÁ ÁP DO SÉT ĐÁNH TRỰC TIẾP VÀO ĐƯỜNG DÂY PHẦN PHỐI TRUNG ÁP

Quyền Huy Ánh, Lê Hữu Chí

Trường Đại Học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM

(Bài nhận ngày 01 tháng 07 năm 2006, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 09 tháng 11 năm 2006)

**TÓM TẮT:** Bài báo giới thiệu mô hình xung sét 10/350 $\mu$ s cải tiến có mức độ tương thích cao với xung sét chuẩn quốc tế, đồng thời cũng đánh giá hiệu quả bảo vệ của chống sét van trung áp và sự cần thiết phải trang bị chống sét van hạ áp nhằm bảo vệ thiết bị điện hạ áp khi sét lan truyền từ phía trung áp sang phía hạ áp của máy biến áp khi sét đánh trực tiếp vào đường dây phân phối trung áp. Mô hình xung sét được xây dựng trong môi trường MATLAB, tạo điều kiện thuận lợi cho các nghiên cứu quá độ của hệ thống điện.

### 1. GIỚI THIỆU

Sét lan truyền trên các đường dây trên không trung áp gây ra quá áp khí quyển có thể lớn hơn điện áp thí nghiệm xung kích và cách điện của thiết bị, dẫn đến chọc thủng cách điện, phá hoại thiết bị và gây ra sự cố cắt mạch điện. Do vậy, phải cần trang bị các thiết bị chống sét van ở ngõ vào trạm biến áp. Các nghiên cứu xây dựng mô hình chống sét van trung áp, đánh giá hiệu quả bảo vệ, cũng như xác định vị trí lắp đặt các thiết bị này để đạt hiệu quả bảo vệ cao nhất đã được nghiên cứu [1]. Đối với sét cảm ứng lan truyền trên đường nguồn hạ áp, hiệu quả bảo vệ của chống sét van cũng được đề cập thông qua việc xây dựng mô hình và mô phỏng với nhiều cấu hình bảo vệ khác nhau [2].

Tuy nhiên, việc xây mô hình xung sét đánh trực tiếp dạng sóng 10/350 $\mu$ s với mức độ tương thích cao so với dạng sóng qui định trong các tiêu chuẩn quốc tế và việc đánh giá nguy hiểm cho các thiết bị hạ áp do sét đánh trực tiếp tới đường dây trung áp trên không lan truyền qua phía hạ áp của máy biến áp phân phối và đi vào mạng phân phối hạ áp chưa được đề cập và phân tích một cách đầy đủ. Bài báo này đi sâu nghiên cứu những vấn đề này. Các mô hình thiết bị và mô phỏng hệ thống phân phối điện liên quan đến vấn đề nghiên cứu được xây dựng và thực hiện trong môi trường Matlab.

### 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG HỆ THỐNG BẢO VỆ QUÁ ĐIỆN ÁP TRÊN ĐƯỜNG NGUỒN HẠ ÁP

#### 2.1. Mô hình nguồn phát xung sét chuẩn

Dòng sét đánh trực tiếp vào đường dây trung áp trên không được mô phỏng bởi nguồn phát xung dòng lý tưởng 10/350 $\mu$ s với giá trị đỉnh 10 kA. Trước đây, trong các tài liệu về chống sét [1, 4], nguồn phát xung được mô tả bởi hàm mũ  $i = I_m \cdot (e^{-at} - e^{-bt})$ . Tuy nhiên, dạng sóng mô phỏng theo phương thức này không hoàn toàn phù hợp với dạng sóng tiêu chuẩn được qui định trong các tiêu chuẩn về chống sét quốc tế, đặc biệt là thời đoạn khi xung dòng tăng từ 0% đến 10% giá trị biên độ đỉnh. Dưới đây, đề nghị mô hình nguồn phát xung sét chuẩn khắc phục được nhược điểm này dựa trên hàm toán học của Heidler [6].

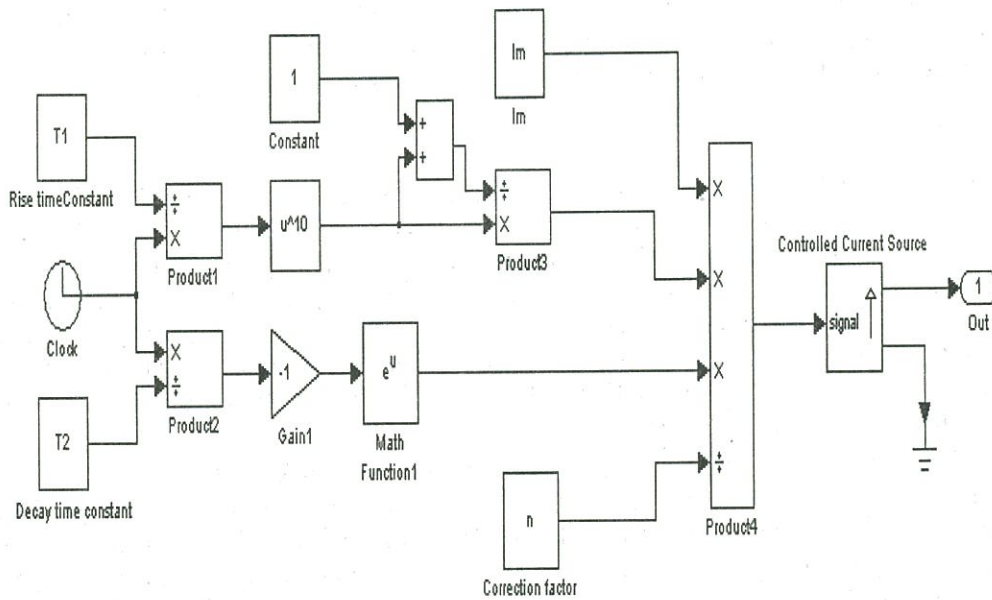
Dòng sét được mô tả bởi biểu thức:

$$i = \frac{I_{\max}}{h} \cdot \frac{(t/\tau_1)^{10}}{(t/\tau_1)^{10} + 1} \cdot \exp(-t/\tau_2)$$

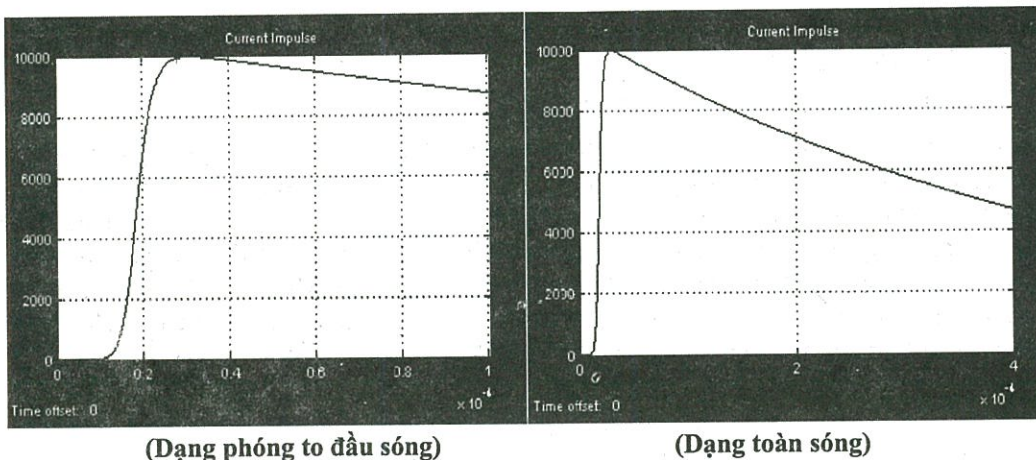
Với:  $I_{max}$  là dòng điện đỉnh;  $t$  là thời gian;  $\tau_1$  là hằng số thời gian đầu sóng;  $\tau_2$  là hằng số thời gian suy giảm;  $h$  là hệ số hiệu chỉnh đối với dòng điện đỉnh phụ thuộc vào thời gian tăng và thời gian suy giảm của dạng sóng.

Phương thức xác định giá trị các thông số của mô hình xung sét đánh trực tiếp dạng sóng 10/350  $\mu$ s với giá trị đỉnh 10 kA được trình bày chi tiết ở tài liệu tham khảo [3].

Mô hình xung dòng sét chuẩn dạng sóng 10/350  $\mu$ s xây dựng trong môi trường Matlab được trình bày ở Hình 1. Kết quả dạng sóng mô phỏng trình bày ở Hình 2 và so với dạng xung tiêu chuẩn yêu cầu bởi các tiêu chuẩn quốc tế thì mức độ sai số cho thời gian đầu sóng là 0% và cho thời gian đuôi sóng là 1,71%. Giá trị sai số rất thấp này cho thấy mức độ tương thích của mô hình xung dòng sét được xây dựng và xung dòng sét tiêu chuẩn yêu cầu là rất cao.



Hình 1. Mô hình nguồn phát xung dòng điện sét chuẩn dạng sóng 10/350  $\mu$ s



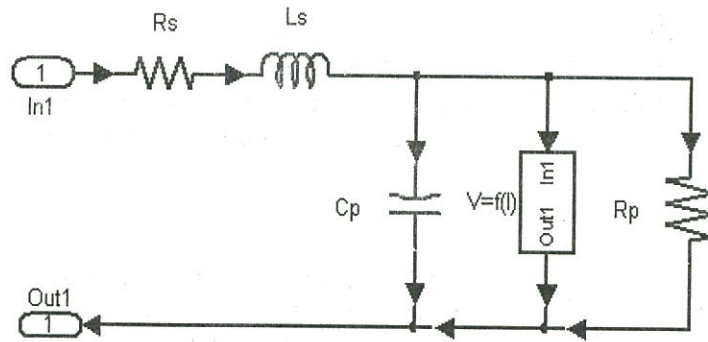
Hình 2. Dạng xung dòng 10kA - 10/350  $\mu$ s



### 2.2. Mô hình chống sét van

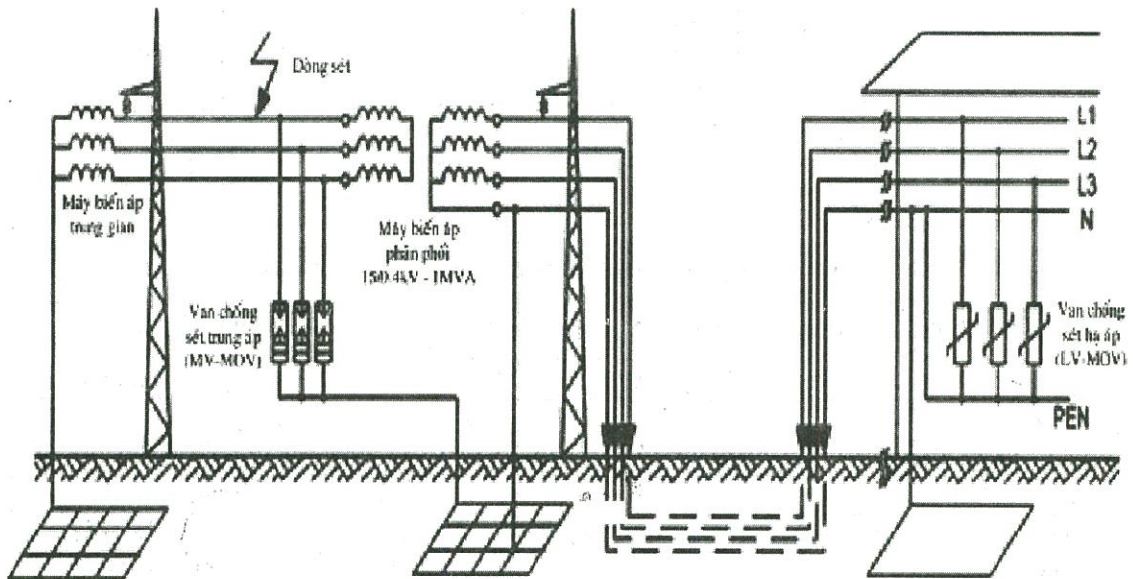
Mô hình thiết chống sét trung áp (MV-MOV) được xây dựng căn cứ vào các thông số được cung cấp từ nhà sản xuất như điện áp làm việc định mức, điện áp dư đối với xung dòng có tần số tăng nhanh, điện áp áp dư ứng với xung dòng 10 kA của dạng sóng sét tiêu chuẩn 8/20 $\mu$ s được trình bày ở tài liệu tham khảo [1, 5].

Khác với mô hình MOV hạ thế được xây dựng dựa trên phương trình mô phỏng đặc tuyến phi tuyến của MOV [2], mô hình MOV hạ thế ở đây được xây dựng dựa trên ý tưởng mô hình MOV của Manfred Holzer và Willi Zapsky với một vài hiệu chỉnh, biến trở MOV được thay thế bởi một phần tử điện trở phi tuyến có đặc tính V-I được mô phỏng bởi một nguồn áp điều khiển V là một hàm của dòng điện I ( $V=f(I)$ ), một tụ điện  $C_p$  mắc song song thể hiện điện dung của MOV và một điện trở song song  $R_p$  thể hiện điện trở miền tiếp giáp giữa các hạt oxyt kẽm, điện cảm  $L_s$  và điện trở  $R_s$  thể hiện thông số của dây nối và tránh mô phỏng tràn số (Hình 3).



Hình 3. Mô hình chống sét van hạ thế đề nghị

### 2.3. Khảo sát hiệu quả bảo vệ của MV-MOV và LV-MOV

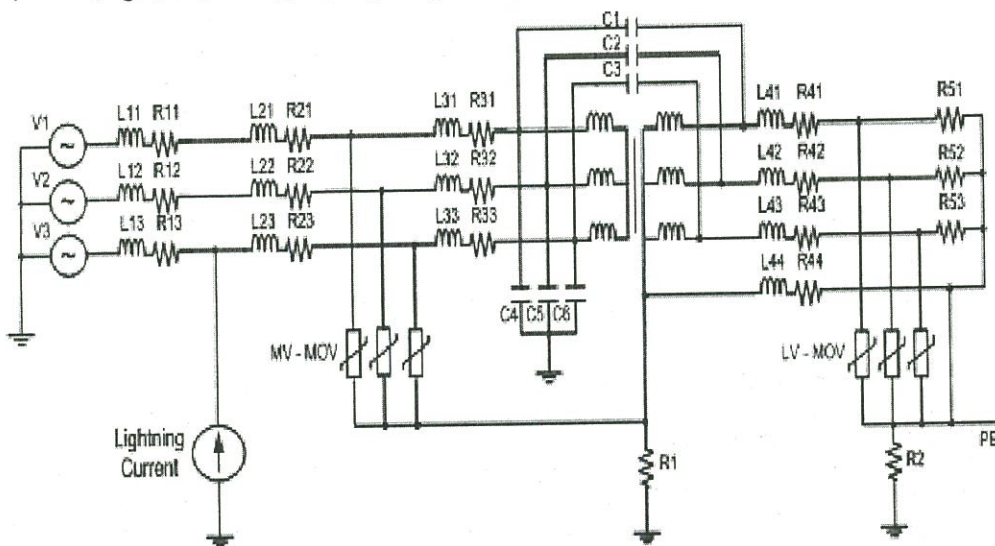


Hình 4. Sơ đồ hệ thống phân phối có trang bị chống sét van trung áp và hạ áp

Hệ thống phân phối được xem xét trình bày ở Hình 4, với các phần tử có các thông số như sau:

- Chiều dài đường dây trung áp trên không dẫn từ máy biến áp trung gian tới trạm biến áp phân phối trung/ hạ áp là 10km;
- Chống sét van trung áp (MV-MOV) có điện áp định mức 12kV, dòng sét danh định 10kA;
- Máy biến áp có dung lượng 1MVA, điện áp 15/0,4kV;
- Điện trở hệ thống nối đất của trạm biến áp phân phối là  $2\ \Omega$ ;
- Đường dây cáp ngầm hạ áp có chiều dài 50m;
- Trong toà nhà, dây PEN được nối với hệ thống nối đất của toà nhà;
- Điện trở hệ thống nối đất của toà nhà là  $10\ \Omega$ ;
- Chống sét van hạ áp (LV-MOV) có điện áp làm việc cực đại 275V, dòng sét danh định 40kA;
- Tải hạ áp được lắp đặt là các điện trở  $5\ \Omega$  được nối hình sao.

Sơ đồ thay thế hệ thống phân phối nêu trên trình bày ở Hình 5 và giá trị các thông số chính của mô hình trình bày ở Bảng 1 với lưu ý mô hình máy biến áp ở tần số cao được thể hiện thông qua việc sử dụng tụ điện nối giữa cuộn dây sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp.



Hình 5. Sơ đồ mạch tương đương hệ thống bảo vệ quá áp

Bảng 1. Thông số mạch tương đương hệ thống bảo vệ quá áp mô phỏng

Các phần tử	Giá trị
Điện áp pha phía thứ cấp máy biến áp	$V1 = 8.66\text{ kV}, 50\text{ Hz}, \varphi_1=0^\circ$ $V2 = 8.66\text{ kV}, 50\text{ Hz}, \varphi_2=120^\circ$ $V3 = 8.66\text{ kV}, 50\text{ Hz}, \varphi_3=240^\circ$
Điện trở của đường dây trung áp tính từ máy biến áp tới điểm sét đánh	R11, R12, R13 0.8 m/m $l_1 = 9500\text{m}$
Điện cảm của đường dây trung áp tính từ máy biến áp tới điểm sét đánh	L11, L12, L13 $1\ \mu\text{H/m}$ $l_1=9500\text{m}$

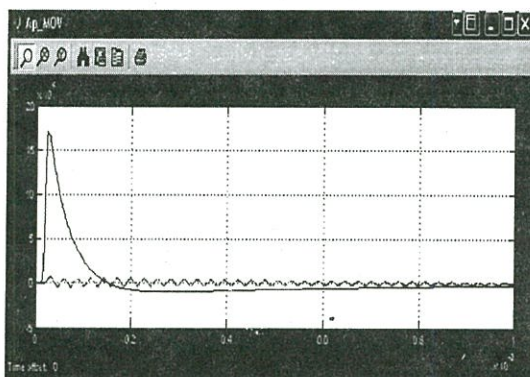


Điện trở của đường dây trung áp tính từ điểm sét đánh tới vị trí lắp đặt MV-MOV	R21, R22, R23	0.8 mΩ/m $l_2 = 500\text{m}$
Điện cảm của đường dây trung áp tính từ điểm sét đánh tới vị trí lắp đặt MV-MOV	L21, L22, L23	1μH/m $l_2 = 500\text{m}$
Điện trở của đường dây trung áp tính từ vị trí lắp đặt MV_MOV tới máy biến áp phân phối	R31, R32, R33	0.8 mΩ/m $l_3 = 3\text{m}$
Điện cảm của đường dây trung áp tính từ vị trí lắp đặt MV_MOV tới máy biến áp phân phối	L31, L32, L33	1μH/m $l_3 = 3\text{m}$
Điện dung giữa sơ cấp, thứ cấp máy biến áp	C1, C2, C3	1nF
Điện dung giữa sơ cấp máy biến áp và đất	C4, C5, C6	1nF
Điện trở của đường dây hạ áp	R41, R42 R43, R44	0.03 m/m $l_4 = 50\text{m}$
Điện cảm của đường dây hạ áp	L41, L42 L43, L44	0.08μH/m $l_4 = 50\text{m}$
Điện trở tải 3 pha nối hình sao	R51, R52, R53	5
Điện trở nối đất thứ cấp máy biến áp phân phối	R1	2
Điện trở của hệ thống nối đất toà nhà	R2	10

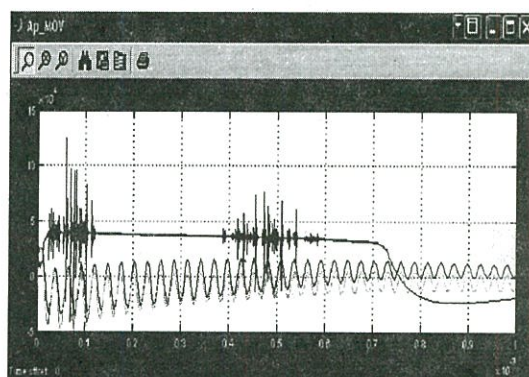
### 3. KHẢO SÁT TRƯỜNG HỢP SÉT ĐÁNH TRỰC TIẾP VÀO ĐƯỜNG DÂY TRUNG ÁP TRÊN KHÔNG

#### 3.1. Đánh giá hiệu quả bảo vệ của thiết bị chống sét van trung áp (MV-MOV)

Mô phỏng trường hợp sét đánh trực tiếp vào pha A trên đường dây trung áp dẫn vào trạm biến áp, khoảng cách từ vị trí sét đánh tới trạm biến áp là 500m trong trường hợp có và không có trang bị thiết bị chống sét van trung áp nhằm đánh giá hiệu quả bảo vệ của thiết bị chống sét van này.



a. Có trang bị MV-MOV



b. Không trang bị MV-MOV

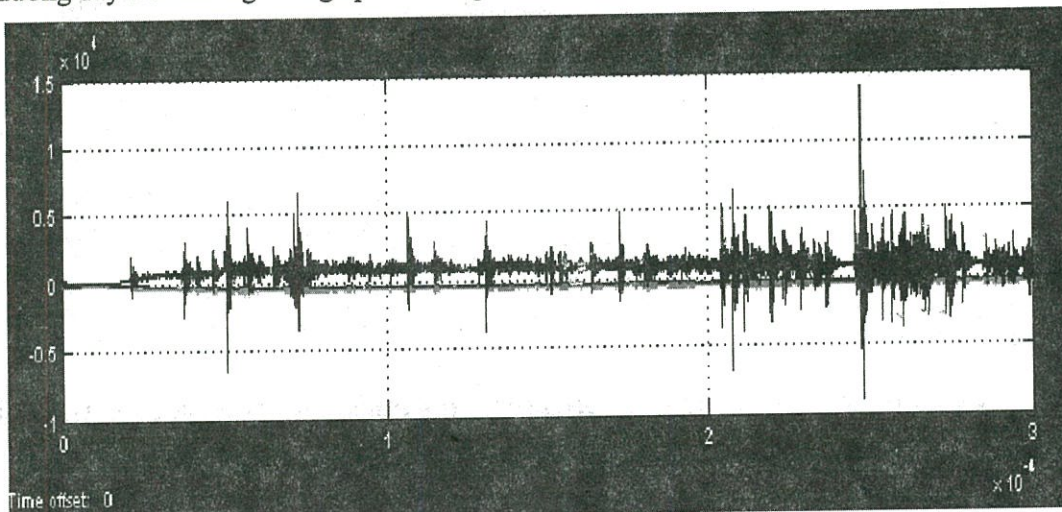
**Hình 6.** Điện áp trên các pha phía sơ cấp máy biến áp

Kết quả mô phỏng trình bày ở Hình 6.a cho thấy trong trường hợp không trang bị thiết bị chống sét van trung áp (MV-MOV) thì điện áp đỉnh đạt giá trị 1700kV sẽ đánh thủng cách điện của máy biến áp, còn khi có trang bị thiết bị chống sét van trung áp thì thiết bị này đã kẹp điện áp quá độ do xung sét đánh trực tiếp xuống dưới 130 kV (Hình 6.b) nhỏ hơn mức cách điện cơ

bản của máy biến áp (178kV) đảm bảo an toàn cho cách điện máy biến áp khi có sét đánh trực tiếp tới đường dây trung áp dẫn vào trạm.

### 3.2. Quá điện áp do sét lan truyền qua mạng hạ áp

Tiến hành mô phỏng sét đánh trực tiếp vào đường dây trung áp với các vị trí khác nhau ở các khoảng cách tính đến đầu cực máy biến áp lần lượt từ 9000m đến 10m. Kết quả mô phỏng quá điện áp trên tải hạ áp khi không trang bị LV-MOV được trình bày ở Bảng 2. Hình 7 trình bày dạng sóng quá áp trên các pha tại tủ phân phối hạ áp khi không trang bị LV-MOV khi sét đánh và đường dây trên không trung áp ở khoảng cách 500m so với vị trí đặt trạm biến áp.



Hình 7. Điện áp tại tủ phân phối hạ áp khi không trang bị LV-MOV

Bảng 2. Quá điện áp trên tải theo khoảng cách từ vị trí sét đánh tới trạm biến áp

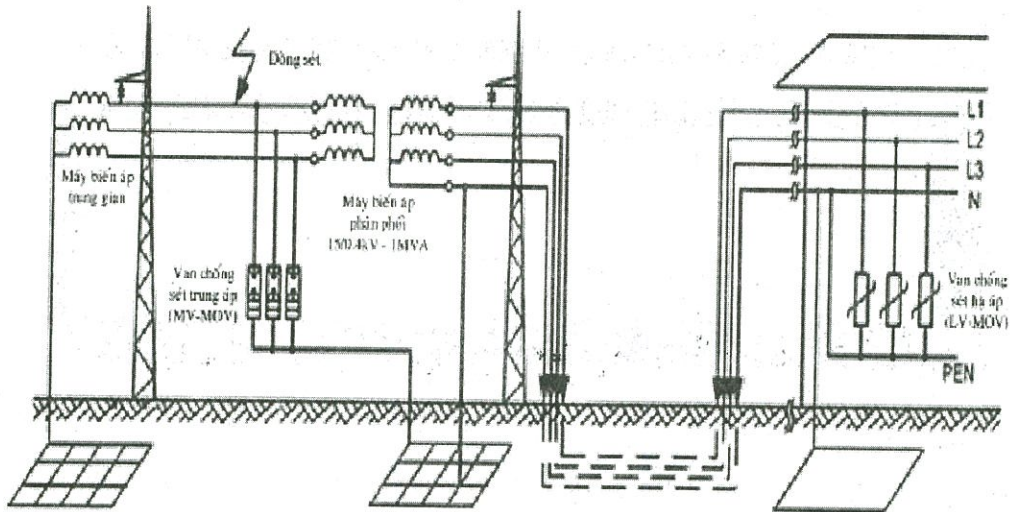
Khoảng cách từ điểm sét đánh tới trạm biến áp (m)	Điện áp cực đại của các pha tại tủ phân phối hạ áp		
	Pha A (V)	Pha B (V)	Pha C (V)
9000	1400	500	250
8000	4450	900	650
7000	6000	1550	1400
6000	7400	1300	1050
5000	7660	1800	1550
3000	10750	2000	1750
2000	8900	1800	1800
1000	10030	2100	1950
500	13800	1500	1300
50	9600	1400	1200
10	12000	1550	1360

Từ kết quả mô phỏng, nhận thấy mặc dù đã lắp đặt chống sét van tại phía trung áp tại ngõ vào trạm biến áp nhưng vẫn xảy ra quá điện áp ở phía hạ áp với biên độ lớn và tốc độ tăng nhanh. Điều này có thể gây ra nguy hiểm cho các thiết bị điện hạ áp, đặc biệt là các thiết bị điện tử nhạy cảm.



### 3.3. Mô hình hệ thống bảo vệ quá áp khi có van chống sét hạ áp

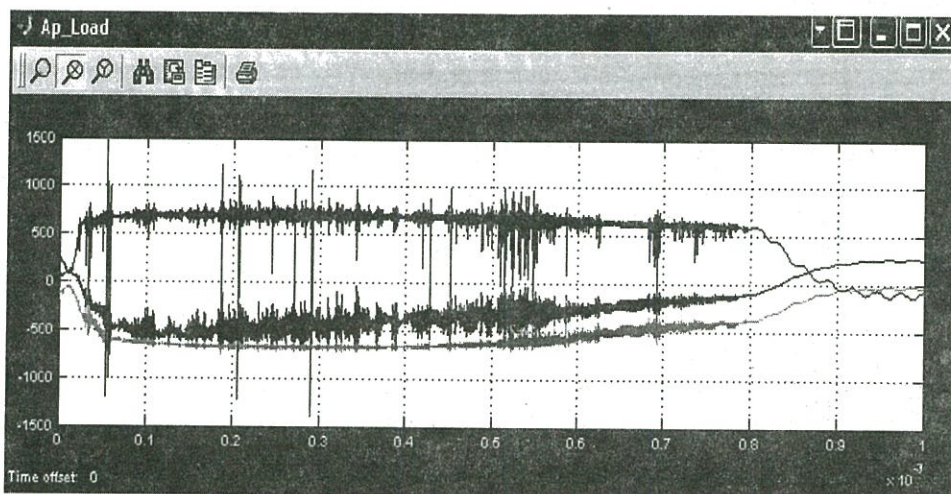
Kết luận phần 3.2 cho thấy việc trang bị thiết bị chống sét van hạ áp tại ngõ vào toà nhà là cần thiết. Sau đây, tiến hành mô phỏng hệ thống phân phối điện có trang bị chống sét van hạ áp (LV-MOV) tại tủ phân phối chính (Hình 8) nhằm đánh giá hiệu quả bảo vệ của thiết bị này khi sét lan truyền từ trung áp sang hạ áp thông qua máy biến áp hạ áp.



Hình 8. Sơ đồ hệ thống phân phối có trang bị MV-MOV và LV-MOV

### 3.4. Đánh giá hiệu quả bảo vệ chống quá áp của LV-MOV

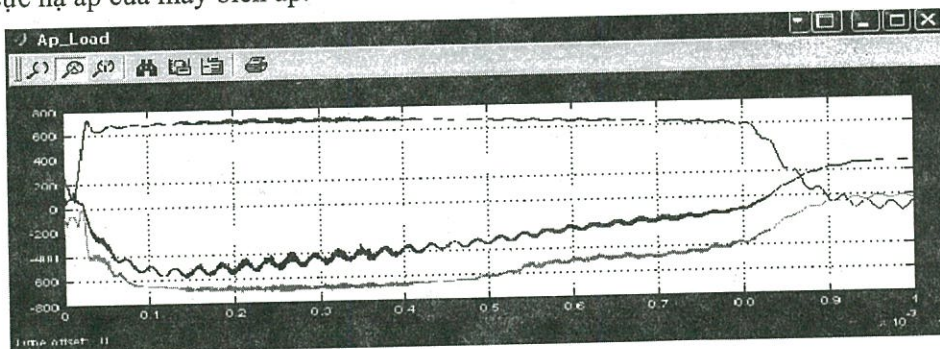
Khi có dòng xung sét lan truyền từ trung áp sang phía hạ áp của máy biến áp gây ra quá điện áp trong hệ thống hạ áp, chống sét van hạ áp (LV-MOV) hoạt động kẹp điện áp do xung sét lan truyền xuống dưới 1000V nhỏ hơn mức điện áp cách điện cơ bản của các thiết bị điện trong hệ thống hạ áp (Hình 9).



Hình 9. Điện áp dư trên các pha của chống sét van hạ áp

### 3.5. Điều chỉnh vị trí lắp đặt LV-MOV

Kết quả mô phỏng trong phần 3.3 cho thấy chống sét van hạ áp có thể bảo vệ quá áp cho các thiết bị điện. Tuy nhiên, vẫn xuất hiện các dao động điện do các thành phần cảm kháng và dung kháng trên hệ thống điện, những dao động này vẫn có thể gây nguy hiểm cho các thiết bị điện tử nhạy cảm. Để giải quyết vấn đề này, giải pháp được đề nghị là lắp đặt chống sét van hạ áp ngay tại đầu cực hạ áp của máy biến áp.



Hình 10. Điện áp trên các pha của tải khi lắp đặt LV-MOV tại đầu cực hạ áp của máy biến áp

Kết quả mô phỏng trường hợp này trình bày ở Hình 10 cho thấy, việc lắp đặt chống sét van hạ áp ngay tại đầu cực hạ áp của máy biến áp có thể giảm được các dao động do dòng sét lan truyền qua máy biến áp.

## 4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả mô phỏng nêu trên, có các kết luận sau:

1. Mô hình máy phát xung sét 10/350 $\mu$ s cải tiến đã nâng cao mức tương thích với mô hình xung sét chuẩn quốc tế. Mô hình máy phát xung sét này và mô hình MOV cải tiến của Manfred Holzer và Willi Zapsky được xây dựng trong môi trường Matlab tạo điều kiện thuận lợi cho các nghiên cứu quá độ trong hệ thống điện.
2. Việc trang bị chống sét van trung áp đã hạn chế trị số của quá điện áp do sét đánh trực tiếp vào đường dây phân phối xuống dưới một giá trị mức cách điện cơ bản của máy biến áp và như vậy bảo vệ an toàn máy biến áp và các thiết bị trong trạm.
3. Nhằm mục đích giảm quá áp xuất hiện phía hạ áp đến mức an toàn cho thiết bị điện khi sét đánh trực tiếp vào đường dây phân phối trung áp, việc trang bị và lựa chọn vị trí lắp đặt thích hợp cho chống sét van hạ áp là cần thiết, ngay cả khi đã trang bị chống sét van trung áp.



**ADVANCED LIGHTNING CURRENT MODEL AND OVERVOLTAGE  
CAUSED BY DIRECT LIGHTNING STROKES TO MV  
DISTRIBUTION LINES**

**Quyên Huy Anh, Le Huu Chi**

University of Technical Education HCMc

**ABSTRACT:** *This paper presents a advanced lightning current model which has the high compatibility with the international standards and also evaluates the protection performance of MV arresters and required LV arrester's installation to protect LV equipment during direct lightning strikes to overhead MV distribution lines. The advanced lightning current model has been made in Matlab environment to create favorable conditions for transient analysis of electrical power system.*

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Quyên Huy Ánh, Lê Vũ Minh Quang, *Nghiên cứu mô hình chống sét van dạng oxit kim loại*, Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ. ĐHQG TpHCM, Tập 8, số 09, trang 77-82, (2005)
- [2]. Quyên Huy Ánh, Nguyễn Ngọc Âu, *Mô hình thiết bị chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp*, tạp chí phát triển khoa học và công nghệ số 42+43, (2003).
- [3]. Lê Hữu Chí, *Nghiên cứu và lập mô hình mô phỏng hệ thống bảo vệ quá điện áp trên đường nguồn hạ áp*, LV Thạc Sĩ, ĐH SPKT Tp HCM, tháng 10, (2006).
- [4]. Bassi W., Janiszewski J.M., *Eveluation of Currents and Charges in low-voltage Surge Arresters Due to nightning Strikes*, IEEE trans. On Power Delivery, vol.18, No1, (2003).
- [5]. Birgitte Bak-Jensen, *Modelling of ZnO-varistors with frequency independent circuit element model*, 25<sup>th</sup> International Conference on Lightning Protection, ICLP, pp.742-747, (2000).
- [6]. F. Heidler, M.Cvetic, B.V.Stanic, *Calculation of Lightning Current Parameters*, IEEE Transactions on Power Delivery Vol.14, No.2, pp. 399 - 404, April (1999).