

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP CHỐNG SÉT CHO THIẾT BỊ
ĐIỆN TỬ THEO TIÊU CHUẨN TCVN 9888-2013**
STUDY LIGHTNING SOLUTIONS FOR ELECTRONIC EQUIPMENT
IN ACCORDANCE WITH TCVN 9888-2013

Võ Thiện Hoàng¹

¹Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Trong mạng phân phối điện, quá điện áp do sét lan truyền trên đường cáp nguồn là nguyên nhân chủ yếu làm hư hỏng các thiết bị điện tử trong công trình. Vì vậy, việc đề ra giải pháp chống sét cho thiết bị điện tử là rất cần thiết. Luận văn này nghiên cứu các biện pháp bảo vệ hệ thống điện và điện tử chống xung sét điện từ và chống xung sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp theo tiêu chuẩn TCVN 9888-2013. Xây dựng mô hình máy phát xung tiêu chuẩn, xây dựng mô hình SG và MOV trong Matlab. Đánh giá hiệu quả bảo vệ ứng với các kiểu phối hợp SPD khác nhau. Cung cấp các mô hình SPD phục vụ công tác nghiên cứu hiệu quả bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp. Kết quả nghiên cứu cung cấp công cụ mô phỏng hữu ích cho các nhà nghiên cứu, các NCS, các học viên cao học và dùng làm tài liệu tham khảo khi nghiên cứu các biện pháp bảo vệ chống xung sét điện từ cho các thiết bị điện, thiết bị điện tử bên trong tòa nhà và hiệu quả bảo vệ chống sét lan truyền trên đường nguồn với các kiểu phối hợp SPD khác nhau.

Từ khóa: TCVN 9888-2013; máy phát xung; SG; MOV; SPD.

ABSTRACT

In the electricity distribution network, the overvoltage caused by lightning spreading along the power line is the major cause of damage to electronic equipment in the building. Therefore, the design of lightning protection solutions for electronic equipment is very necessary. This dissertation deals with the protection of electrical and electronic systems against electromagnetic clocks and lightning strikes spreading on low voltage power lines according to standard TCVN 9888-2013. Build the standard pulse generator model, build the SG and MOV model in Matlab. Evaluate the protection effect for different types of SPD combinations. Provide SPD models for effective research on lightning protection propagation on low voltage power lines. Research results provide a useful simulation tool for researchers, NCSs, graduate students and reference material when researching electromagnetic shielding measures for equipment. electricity, electronic equipment inside the building and lightning protection effect spread on the source line with different types of SPD coordination.

Keywords: TCVN 9888-2013; pulse generator; Spark Gap; Metal Oxide Varistor; Surge Protective Device

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là một nước nằm trong khu vực nhiệt đới ẩm gió mùa, khí hậu Việt Nam rất thuận lợi cho việc phát sinh, phát triển của dông sét. Trong mạng phân phối điện, quá điện áp do sét lan truyền trên đường cáp nguồn là nguyên nhân chủ yếu gây ra các sự cố và làm hư hỏng các thiết bị điện và đặc biệt là các thiết bị điện tử trong công trình. Ở các vùng lãnh thổ với điều kiện khí hậu, thời

tiết và địa hình khác nhau thì đặc điểm về hoạt động dông sét khác nhau. Vì vậy, ngoài việc tiếp nhận các kết quả nghiên cứu của thế giới, mỗi nước cần phải tự tiến hành điều tra, nghiên cứu về đặc tính hoạt động dông sét và các thông số phóng điện sét trên lãnh thổ của mình để từ đó đề ra những biện pháp phòng, chống sét thích hợp, hiệu quả. Vì vậy, việc đề ra giải pháp chống sét cho thiết bị điện tử theo tiêu chuẩn TCVN 9888:2013 là cần thiết.

L luận văn này đi sâu nghiên cứu các biện pháp bảo vệ hệ thống điện và điện tử chống xung sét điện từ theo TCVN 9888:2013, xây dựng mô hình máy phát xung tiêu chuẩn, mô hình thiết bị triệt xung theo công nghệ MOV, đánh giá hiệu quả bảo vệ ứng với các kiểu phối hợp SPD khác nhau.

Mục tiêu nghiên cứu:

- ✓ Nghiên cứu hệ thống bảo vệ chống xung sét điện từ: che chắn từ và cách thức đi dây, hệ thống tiếp đất và bao bọc.
- ✓ Nghiên cứu các kiểu phối hợp SPD bảo vệ xung quá độ do sét lan truyền trên đường nguồn.
- ✓ Xây dựng mô hình SG, và MOV trong Matlab.
- ✓ Đánh giá hiệu quả bảo vệ chống xung sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp của các kiểu phối hợp SPD.

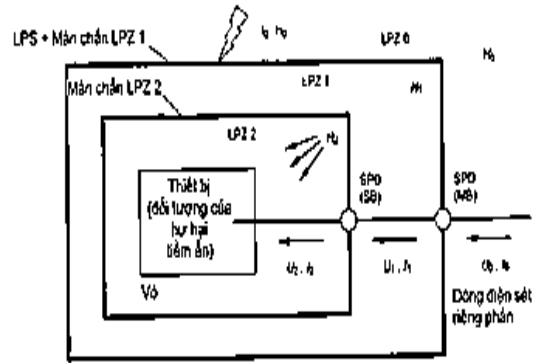
2. TIÊU CHUẨN TCVN 9888-4:2013

2.1. Giới thiệu tiêu chuẩn TCVN 9888-4:2013

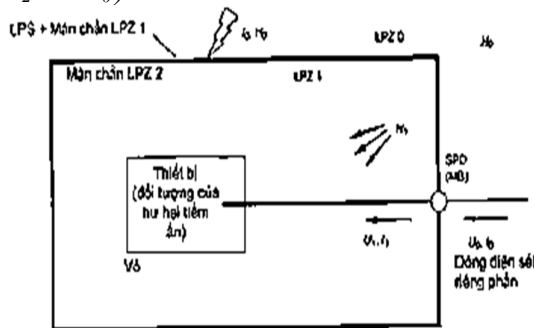
Tiêu chuẩn này cung cấp thông tin cho việc thiết kế, lắp đặt, kiểm tra, bảo trì và thử nghiệm biện pháp bảo vệ hệ thống (SPM) điện và điện tử để giảm rủi ro hỏng vĩnh viễn do xung sét điện từ (LEMP) trong các kết cấu. Tiêu chuẩn này không đề cập đến các thiết kế chi tiết của bản thân các hệ thống điện và điện tử.

2.2. Hệ thống bảo vệ chống xung sét điện từ

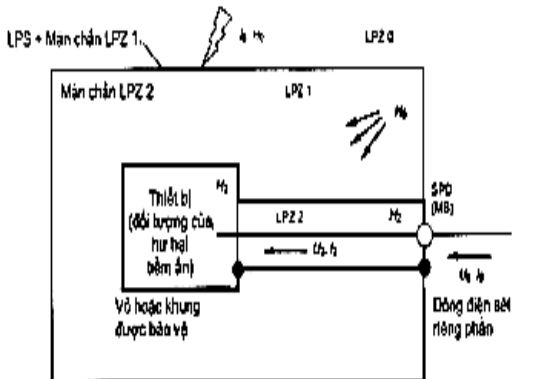
Các thiết bị điện và điện tử dễ bị hư hại bởi xung sét điện từ (LEMP). Vì vậy, cần phải sử dụng SPM để tránh các hư hại cho các hệ thống bên trong.



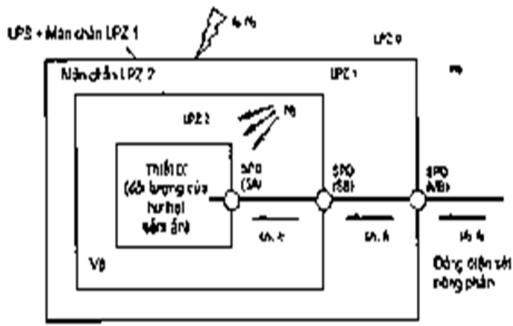
Hình 1. SPM sử dụng màn chắn không gian và hệ thống SPD phối hợp – Thiết bị được bảo vệ tốt chống các đợt biến dẫn ($U_2 \ll U_0$ và $I_2 \ll I_0$) và chống trường từ bức xạ ($H_2 \ll H_0$).



Hình 2. SPM sử dụng màn chắn không gian của LPZ 1 và bảo vệ SPD ở lối vào của LPZ 1 – Thiết bị được bảo vệ chống các đợt biến dẫn ($U_1 < U_0$ và $I_1 < I_0$) và chống trường từ bức xạ ($H_1 < H_0$)



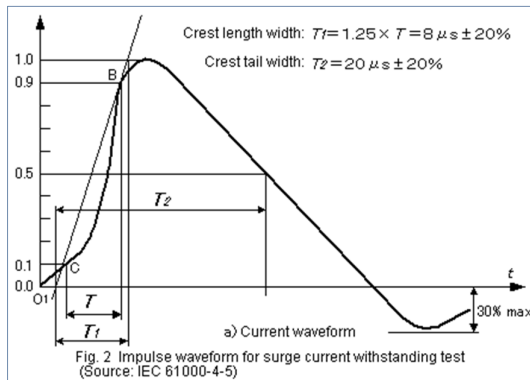
Hình 3. SPM sử dụng màn chắn đường dây bên trong và bảo vệ SPD ở lối vào của LPZ 1 – Thiết bị được bảo vệ chống các đợt biến dẫn ($U_2 < U_0$ và $I_2 < I_0$) và chống các trường từ bức xạ ($H_2 < H_0$)



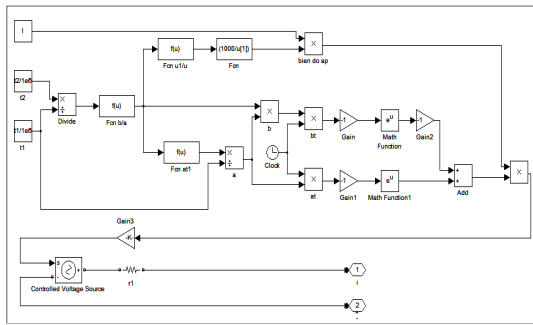
Hình 4. SPD chỉ sử dụng hệ thống SPD phối hợp – Thiết bị được bảo vệ chống các đợt biến dẫn ($U_2 \ll U_0$ và $I_1 \ll I_0$) nhưng không chống trường từ bức xạ H_0

3. MÔ HÌNH MÁY PHÁT XUNG

Dạng xung sét 8/20 μ s thường là xung sét cảm ứng do sét đánh vào đường dây trên không cách vị trí công trình một khoảng cách xa hoặc do sét đánh vào một vật gần đường dây trên không hoặc do sự gia tăng điện thế đất do sét đánh vào vị trí gần công trình. Dạng xung 8/20 μ s được trình bày trong Hình 5.

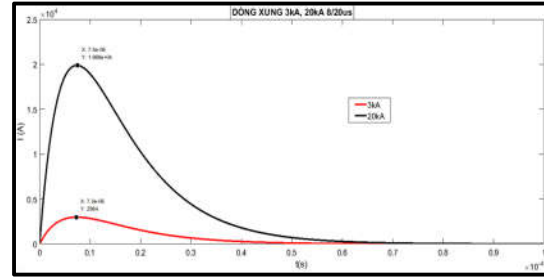


Hình 5. Dạng xung dòng tiêu chuẩn 8/20 μ s



Hình 6. Sơ đồ khối máy phát xung dòng tiêu chuẩn

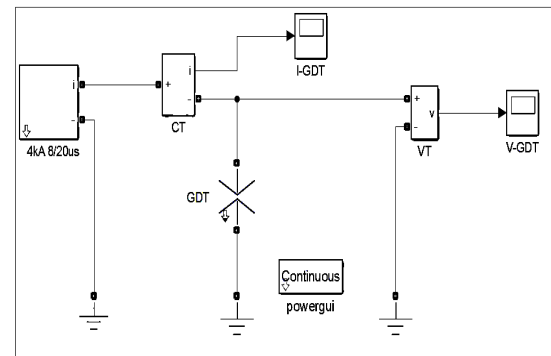
Thực hiện mô phỏng với xung dòng 8/20 μ s biên độ 3kA và 20kA thu được kết quả như Hình 7



Hình 7. Dạng xung dòng 3kA 8/20 μ s và 20kA 8/20 μ s

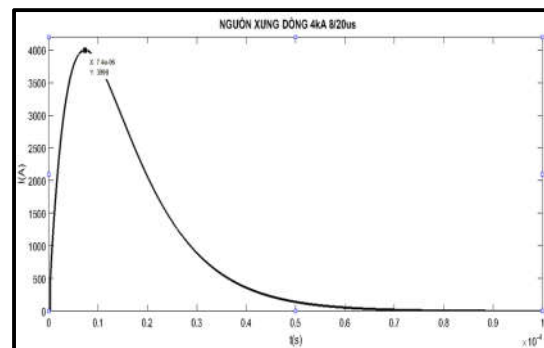
4. MÔ HÌNH KHE PHÓNG ĐIỆN (SPARK GAP)

Sơ đồ mô phỏng Spark Gap với nguồn xung dòng như Hình 8



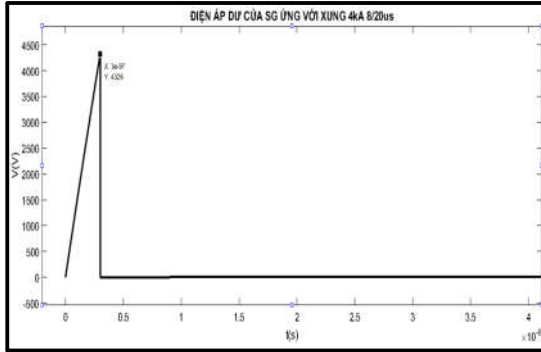
Hình 8. Sơ đồ mạch mô phỏng SG với xung dòng 4kA 8/20 μ s

Thực hiện mô phỏng cho Spark Gap FLASHTRAB FLT-PLUS của hãng Phoenix Contact loại có điện áp đánh thủng là 3000V ứng với nguồn xung dòng 4kA 8/20 μ s (Hình 9)



Hình 9. Xung dòng 4kA 8/20 μ s

Kết quả đáp ứng điện áp dư của Spark Gap là 4326V (Hình 10)



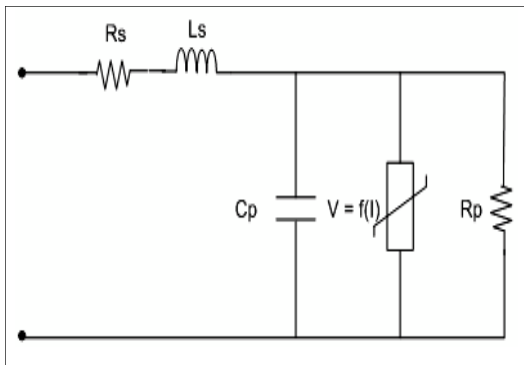
Hình 10. Điện áp dư ứng với xung dòng 4kA 8/20us

Điện áp dư trên SG	FLASHTRAB FLT-PLUS
	4 kA 8/20us
V_{reat}	4500
V_{rsim}	4326
Sai số (%) V	3.86

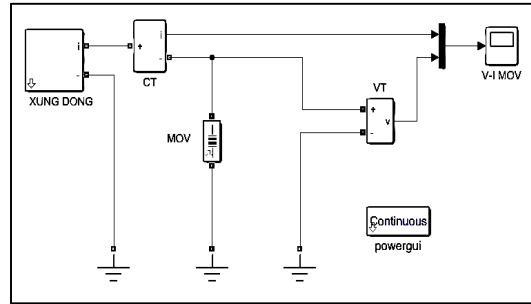
Bảng 1. So sánh giá trị điện áp dư của FLASHTRAB FLT-PLUS trong Catalogue và mô phỏng.

Nhận xét: Sai số giá trị điện áp dư của SG theo mô phỏng so với giá trị điện áp dư cung cấp bởi nhà sản xuất là nhỏ hơn 5% phù hợp với yêu cầu theo tiêu chuẩn IEC.

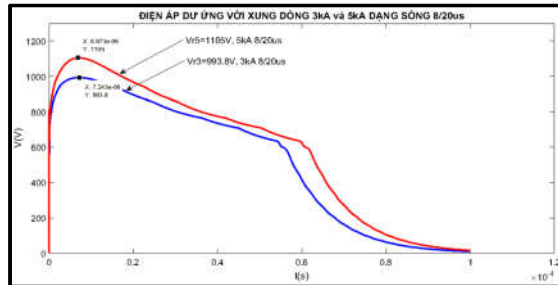
5. MÔ HÌNH MOV



Hình 11. Mạch tương đương mô hình MOV



Hình 12. Sơ đồ mô phỏng đáp ứng của MOV ứng với dòng xung tiêu chuẩn



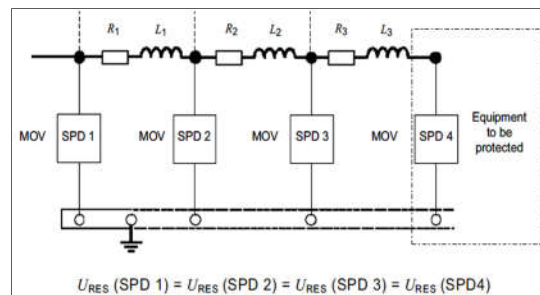
Hình 13. Điện áp dư của MOV 275LA40A ứng với xung dòng 3kA và 5kA 8/20us.

Điện áp dư trên MOV	V275LA40A	
	5kA	3kA
V_{reat}	1150	1040
V_{rsim}	1105	993,8
$\Delta V_r(\%)$	3,9	4,1

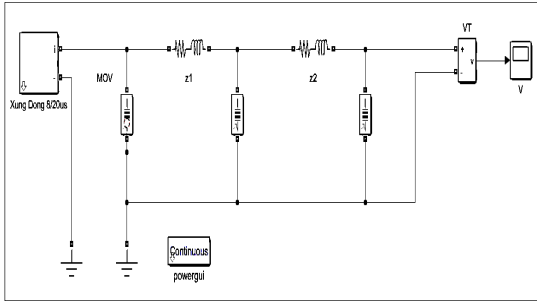
Bảng 2. Kết quả so sánh giá trị điện áp dư của MOV 275LA40A thông qua mô phỏng và qua catalogue của hãng Littelfuse

6. PHỐI HỢP CÁC SPD

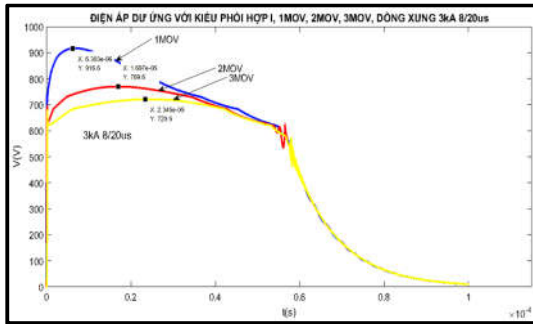
1. Kiểu phối hợp I



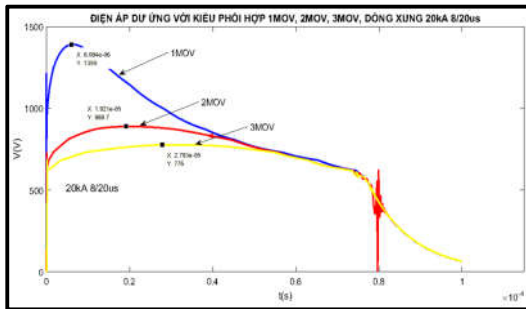
Hình 14. Kiểu phối hợp I



Hình 11. Sơ đồ mô phỏng phối hợp SPD theo phương pháp biến đổi I



Hình 12. Điện áp dư ứng với phối hợp kiểu biến đổi I 1MOV, 2MOV, 3MOV với xung dòng 3kA 8/20μs.



Hình 13. Điện áp dư ứng với phối hợp kiểu biến đổi II 1MOV, 2MOV, 3MOV với xung dòng 20kA 8/20μs.

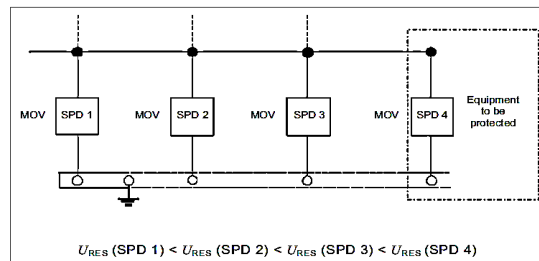
Kiểu phối hợp I	Điện áp dư ứng với xung dòng 8/20μs	
	3 kA	20 kA
Phối hợp 3 SPD	720.5	776.0
Phối hợp 2 SPD	769.6	888.7
Phối hợp 1 SPD	916.6	1390.0

Bảng 3. So sánh giá trị điện áp dư khi phối hợp SPD theo biến đổi I

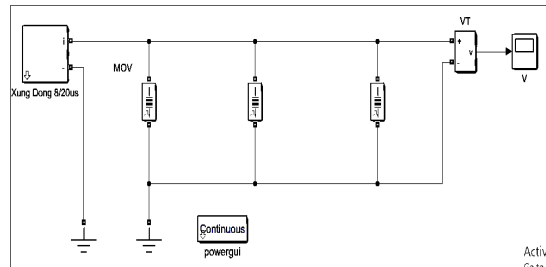
Nhận xét:

- Kết quả mô phỏng điện áp dư với các kiểu phối hợp 1MOV, 2MOV và 3MOV, nhận thấy càng nhiều tầng SPD phối hợp thì điện áp dư càng nhỏ.
- Biên độ dòng xung dạng sóng 8/20μs càng lớn thì điện áp dư càng cao.
- Ở vùng ngoại thành (Cấp D), mức độ lộ thiên cao, vì vậy có khả năng xuất hiện xung sét biên độ lớn. Trường hợp này, nên phối hợp 2MOV hoặc 3MOV
- Ở vùng nội thành, khu đông dân cư (Cấp C) mức độ lộ thiên thấp có thể sử dụng 1 hoặc 2 SPD phối hợp tùy vào yêu cầu kỹ thuật và mức độ quan trọng của công trình.

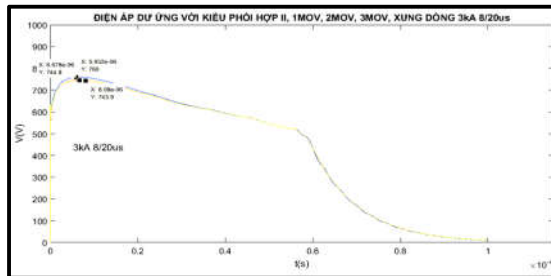
2. Kiểu phối hợp II



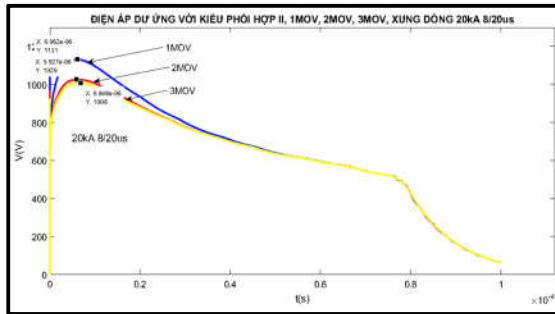
Hình 18. Kiểu phối hợp II



Hình 19. Sơ đồ mô phỏng phối hợp SPD theo phương pháp biến đổi II



Hình 20. Điện áp dư ứng với phối hợp kiểu biến đổi II 1MOV, 2MOV, 3MOV với xung dòng 3kA 8/20μs.



Hình 21. Điện áp dư ứng với phối hợp kiểu biến đổi II 1MOV, 2MOV, 3MOV với xung dòng 20kA 8/20µs.

Kiểu phối hợp II	Điện áp dư ứng với xung dòng 8/20µs	
	3 kA	20 kA
Phối hợp 3 SPD	743.9	1008.0
Phối hợp 2 SPD	744.8	1026.0
Phối hợp 1 SPD	760.0	1131.0

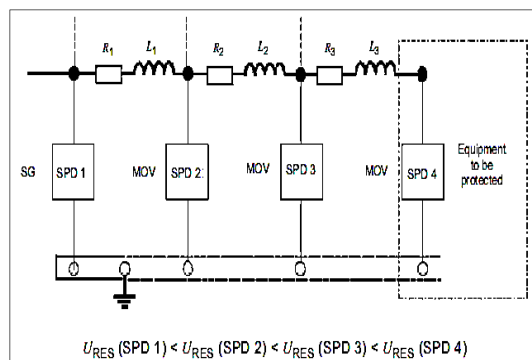
Bảng 4. So sánh giá trị điện áp dư khi phối hợp SPD theo biến đổi II

Nhận xét:

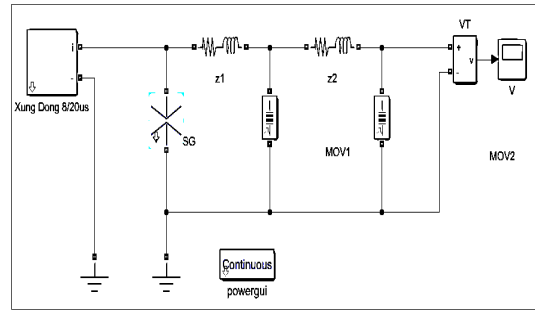
- Kết quả mô phỏng với kiểu phối hợp II với 1MOV, 2MOV và 3MOV cho thấy điện áp dư không giảm nhiều (khoảng 2,1% đối với dòng xung 3kA 8/20µs và khoảng 10,8% đối với dòng xung 20kA 8/20µs).

- Kiểu phối hợp II không mang lại hiệu quả bảo vệ cao như kiểu phối hợp I do không có tổng trở phân cách giữa các tầng bảo vệ.

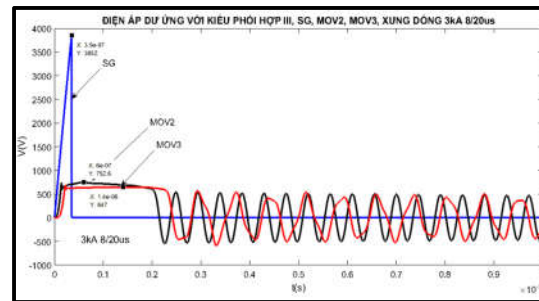
3. Kiểu phối hợp III



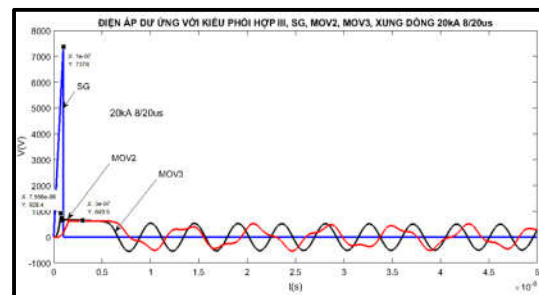
Hình 23. Kiểu phối hợp III



Hình 24. Sơ đồ mô phỏng phối hợp SPD theo phương pháp biến đổi III



Hình 25. Điện áp dư ứng với phối hợp kiểu biến đổi III SG, MOV2, MOV3 với xung dòng 3kA 8/20µs.



Hình 26. Điện áp dư ứng với phối hợp kiểu biến đổi III SG, MOV2, MOV3 với xung dòng 20kA 8/20µs.

Kiểu phối hợp III	Điện áp dư ứng với xung dòng 8/20µs	
	3 kA	20 kA
Phối hợp 3 SPD	3 kA	20 kA
Phối hợp 2 SPD	647.0	649.5
Phối hợp 1 SPD	752.6	928.4

Bảng 5. So sánh giá trị điện áp dư khi phối hợp SPD theo biến đổi III

Nhận xét:

- Kết quả mô phỏng với kiểu phối hợp III với SG, MOV2 và MOV3 cho thấy điện áp dư tăng khi biên độ xung sét tăng;
- Khi chỉ có một tầng bảo vệ (SG), điện áp dư rất cao. Vì vậy, trường hợp này chỉ có thể bảo vệ thiết bị điện cơ;
- Càng phối hợp nhiều tầng bảo vệ, hiệu quả bảo vệ càng cao (điện áp dư càng thấp).
- Mặc dù đã có 3 tầng bảo vệ (SG, MOV2, MOV3), tuy nhiên giá trị điện áp dư vẫn gần 650V. Vì vậy, để bảo vệ thiết bị điện tử nhạy cảm cần sử dụng thiết bị lọc sét chứ không thể chỉ tăng số tầng bảo vệ.

4. So sánh hiệu quả bảo vệ của các kiểu phối hợp bảo vệ I, II và III

Điện áp dư ứng với xung 8/20 μ s (V crest)	Phương pháp biến đổi		
	I	II	III
3kA	720.5	743.9	647.0
20kA	776.0	1008.0	649.5

Bảng 6. Kết quả so sánh điện áp dư của SPD theo biến đổi I, II và III khi có đủ 3 tầng bảo vệ

Nhận xét

- Kiểu phối hợp III có hiệu quả bảo vệ cao nhất, khi có đủ 3 tầng bảo vệ;
- Kiểu phối hợp II có hiệu quả bảo vệ thấp nhất;
- Kiểu phối hợp I có hiệu quả bảo vệ trung bình.

7. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN

- Kết quả nghiên cứu của luận văn có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho NCS, các học viên cao học Ngành Kỹ thuật điện khi nghiên cứu các giải pháp chống xung sét điện từ cho các thiết bị điện-điện tử bên trong tòa nhà.

- Xây dựng mô hình SG có xét đến hiện tượng phóng điện hồ quang giữa các điện cực.

- Nghiên cứu ảnh hưởng của dây nối SPD đến hiệu quả bảo vệ, nghiên cứu kiểu phối hợp SPD có xét đến bộ lọc LC.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits, ANSI/IEEE Std. C62.41-1991.
2. IEEE W.G 3.4.11 Modeling of metal oxide surge arrester – IEEE 1992.
3. P. Pinceti, M. Giannetoni, A simplified model for zinc oxid surge arrester, IEEE – 1999.
4. IEC 62305-4:2005, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Electrical and electronic systems within structures.
5. Performance of Surge Arresters in a Low Voltage Distribution System, Chryssa Nasiopoulou, Eleftheria Pyrgioti, International Conference on Lightning Protection (ICLPj, Vienna, Austria 2012.
6. Modelling of metal oxide surge arresters as elements of overvoltage protection Systems, Saad Dau, International Conference on Lightning Protection (ICLPj, Vienna, Austria 2012.
7. Simulation of Impulse Voltage Generator and Impulse Testing of Insulator using MATLAB Simulink; Ramleth Sheeba, Madhavan Jayaraju, Thangal Kunju Nediyaazhikam Shanavas; World Journal of Modelling and Simulation, Vol. 8 (2012) No. 4, pp. 302-309.
8. Nonlinear Load and RLC Pulse Shaping Surge Generator Models in Simulation Environment, Mahesh Edirisinghe, International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy, SciPress Ltd., Switzerland, 2014.

9. How to select the best value surge & transeint protection for your mains equipment, Warwick Beech – Erico Lighting Technologies Ltd, 2014.
10. Metal Oxide Surge Arresters Modelling in Temporary Overvoltage Conditions, Wichet Thipprasert and Ekkachai Chaidee, International Journal of Electronics and Electrical Engineering Vol. 4, No. 2, April 2016.
11. Evaluation of metal oxide surge arrester models based on laboratory experiments, G. A. Alonso-Cardenas-Alba, Proceedings of Academicsera International Conference, Toronto, Canada, 26th-27th November 2016.
12. Bảo vệ chống sét lan truyền trên đường cáp nguồn và tín hiệu, Quyền Huy Ánh, Tạp chí Phát triển Khoa Học & Công nghệ, Đại Học Quốc Gia Tp Hồ Chí Minh, 4+5/1999.
13. Khe hở phóng điện tự kích TSG, Quyền Huy Ánh, Tạp chí Bưu Chính Viễn Thông, Tổng cục Bưu Điện, 11/2001.
14. Mô hình thiết bị chống sét lan truyền trên đường nguồn hạ áp, Quyền Huy Ánh và các tác giả khác, Tạp chí Khoa Học & Công nghệ, trường ĐH Kỹ Thuật, 42+43/2003.
15. Nghiên cứu mô hình chống sét van dạng oxit kim loại, Quyền Huy Ánh và các tác giả khác, Tạp chí Khoa Học & Công nghệ, Đại Học Quốc Gia Tp Hồ Chí Minh 9/2005
16. Nghiên cứu hiệu quả bảo vệ máy biến áp của thiết bị chống sét van có xét đến các yếu tố ảnh hưởng, Quyền Huy Ánh và các tác giả khác, Tạp chí Phát Triển Khoa Học & Công Nghệ, Đại Học Quốc Gia Tp Hồ Chí Minh 8/2009.
17. Các mô hình máy phát xung sét cải tiến, Quyền Huy Ánh và các tác giả khác, Tạp chí Giáo dục Kỹ thuật, ISSN 1859-1272, ĐHSPKT Tp HCM, 14/2010.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Võ Thiện Hoàng

Đơn vị: *Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM*

Điện thoại:

Email:

GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!