

# TÍNH TOÁN NĂNG LƯỢNG HẤP THỤ CỦA CHỐNG SÉT VAN TRÊN ĐƯỜNG DÂY 110 KV KHI XÉT CÓ XÉT ĐẾN CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG

## CALCULATION OF ENERGY ABSORBED BY LINE SURGE ARRESTERS IN 110 KV LINE CONSIDERING THE FACTORS AFFECTING

*Nguyễn Đức Hạnh<sup>1, \*</sup>, Ninh Văn Nam<sup>2</sup>, Trần Văn Tóp<sup>3</sup>, Nguyễn Lương Thành<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Viện năng lượng, số 6 Tôn Thất Tùng, Đống Đa, Hà Nội*

<sup>2</sup>*Khoa điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, Số 298, đường Cầu Diễn, Bắc Từ Liêm, Hà Nội*

<sup>3</sup>*Trường Điện-Điện tử, Đại học Bách Khoa Hà Nội, Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội*

*\*Email: [ninhvannam@hau.edu.vn](mailto:ninhvannam@hau.edu.vn)*

*Số điện thoại: 0942983068*

### TÓM TẮT

Lắp đặt chống sét van (CSV) được coi là giải pháp hiệu quả để cải thiện hiệu suất sự cố do sét cho đường dây truyền tải và đường dây phân phối điện. CSV thường được lựa chọn dựa trên các tính toán về quá điện áp với đại lượng điện áp và dòng điện. Trong một số trường hợp, độ an toàn của CSV có thể bị vi phạm do năng lượng hấp thụ của CSV có trị số lớn hơn khả năng hấp thụ mà CSV có thể chịu được. Chính vì vậy, việc tính toán xác định được năng lượng hấp thụ của CSV để nâng cao độ an toàn cho CSV là rất cần thiết để có cơ sở lựa chọn CSV phù hợp. Bài báo này trình bày kết quả mô phỏng tính toán xác định năng lượng hấp thụ của CSV lắp đặt trên đường dây 110 kV bằng chương trình EMTP/ATP. Năng lượng hấp thụ của CSV được tính toán với 2 trường hợp sét đánh đỉnh cột và sét đánh trực tiếp dây pha khi xét đến các yếu tố ảnh hưởng như dòng điện sét (biên độ, thời gian đầu sóng và độ dài sóng) và trị số của điện trở tiếp địa cột. Các kết quả tính toán làm cơ sở để chọn chống sét van phù hợp nhằm nâng cao độ an toàn cho CSV từ đó nâng cao độ tin cậy cung cấp điện.

***Từ khóa: Chống sét van, năng lượng hấp thụ, EMTP/ATP,***

### ABSTRACT

Installation of line surge arresters (LSA) is considered an effective solution to improve lightning performance of transmission lines. LSAs are often selected based on overvoltage calculations with voltage and current. In some cases, the safety of LSA can be violated because the absorbed energy of LSA is larger than the absorption capacity that LSA can withstand. Therefore, it is necessary to calculate and determine the absorbed energy of LSA to improve the safety of LSA. This paper presents the results of simulation, calculation and determination of absorbed energy of LSA installed on 110 kV transmission lines by EMTP/ATP program. The absorbed energy of LSA is calculated with 2 cases of lightning strike to the top tower and lightning strike direct to the phase conductor when taking into account influencing factors such as lightning current (amplitude, front time and tail time) and value of the tower footing resistance. The calculation results have allowed to choose the right type of lightning arrester to improve the safety of LSA.

***Keywords: line surge arresters, absorbed energy, EMTP/ATP***

### 1. GIỚI THIỆU

Sự cố do sét là nguyên nhân chính gây ra mất điện trên các đường dây truyền tải, đặc biệt là những đường dây đi qua những khu vực có mật độ sét cao, điện trở suất đất cao và khả năng che chắn kém. CSV lắp trên đường dây chịu tác động trực tiếp của dòng điện sét, nếu chọn CSV

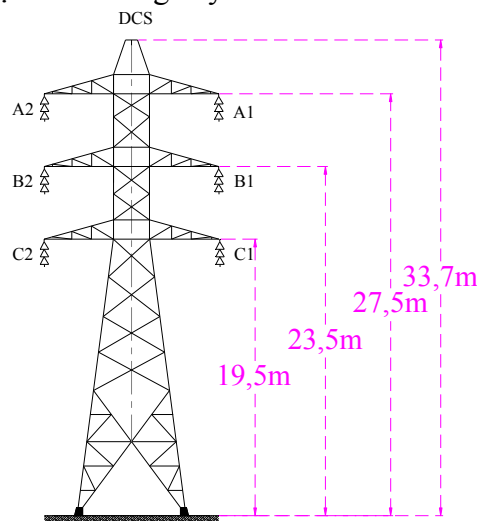
không đảm bảo sẽ dẫn đến CSV bị hư hỏng do đặc tính của CSV không phù hợp hoặc tồi tệ nhất CSV có thể bị cháy nổ do năng lượng qua CSV vượt quá mức năng lượng hấp thụ cho phép của CSV dẫn đến ảnh hưởng tới độ tin cậy của lưới điện. Các nghiên cứu trước đây [1-3] đã chỉ ra rằng cải thiện khả năng chịu sét cho đường dây truyền tải sử dụng CSV có thể được đảm bảo bằng cách lựa chọn cẩn thận và vị trí của CSV kẽm-oxit (ZnO). Sau khi CSV làm việc đặc tính phi tuyến trở lại trạng thái ban đầu để đáp ứng hấp thụ năng lượng cho lần tiếp theo. So với CSV trạm biến áp, CSV đường dây có thể phải chịu mức năng lượng lớn hơn. Điều này là bởi vì CSV trạm biến áp bị giới hạn bởi một dòng phóng điện bề mặt cách điện hoặc do phóng điện xuống đất qua dây thoát sét. Do đó, việc lựa chọn thích hợp bộ CSV đường dây phụ thuộc vào việc xác định năng lượng hấp thụ của CSV để CSV không bị phá hủy trong trường hợp sét đánh vào đỉnh cột hoặc đánh vào dây pha. Năng lượng hấp thụ của CSV phụ thuộc vào đặc tính làm việc của mỗi loại CSV mà còn phụ thuộc vào các đại lượng như tham số của dòng điện sét, điện trở của tiếp địa cột.

Bài báo này sẽ trình bày kết quả mô phỏng, tính toán xác định năng lượng hấp thụ của CSV loại ZnO không có khe hở được lắp đặt trên đường 110 kV mạch kép sử dụng chương trình mô phỏng quá độ điện từ EMTP/ATP. Năng lượng hấp thụ của CSV được tính toán với 2 trường hợp sét đánh đỉnh cột và sét đánh trực tiếp dây pha khi xét đến các yếu tố ảnh hưởng như dòng điện sét (biên độ, thời gian đầu sóng và độ dài sóng) và trị số của điện trở tiếp địa cột. Các kết quả tính toán cho phép chọn được loại CSV phù hợp nhằm nâng cao độ an toàn cho CSV.

## 2. DỮ LIỆU MÔ PHỎNG

### A. Đường dây 110 kV

Đường dây 110 kV mạch kép dài 50km có một dây chống sét (DCS) được sử dụng trong nghiên cứu này. Chiều dài mỗi khoảng vượt là 250 m giả thiết các khoảng vượt được giả định nằm trên địa hình bằng phẳng với mật độ sét là 10 lần/km<sup>2</sup>/năm. Hình 1 cho thấy cấu trúc của cột và các thông số hình học của mỗi cột trên đường dây.



Hình 1. Đường dây 110 kV mạch kép một dây chống sét

Dây dẫn cấp điện áp 110 kV loại ACRS 400/51, dây chống sét sử dụng loại có lõi quang OPGW có tiết diện 90 mm<sup>2</sup>. Các số liệu của dây dẫn và DCS được tổng hợp trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Tham số của dây dẫn và dây chống sét

Loại dây	Đường kính (mm)	Điện trở một chiều $R_0$ ( $\Omega$ /km)
----------	-----------------	--

ACRS 400/51	27,5	0,073
OPGW-90	14,4	0,48

Chuỗi cách điện bao gồm 7 đĩa cách điện thủy tinh riêng lẻ chiều dài mỗi bát là 146mm tạo ra một tổng thể điện áp phóng điện bề mặt tới hạn (CFO) 650 kV đã được sử dụng.

### B. Chống sét van

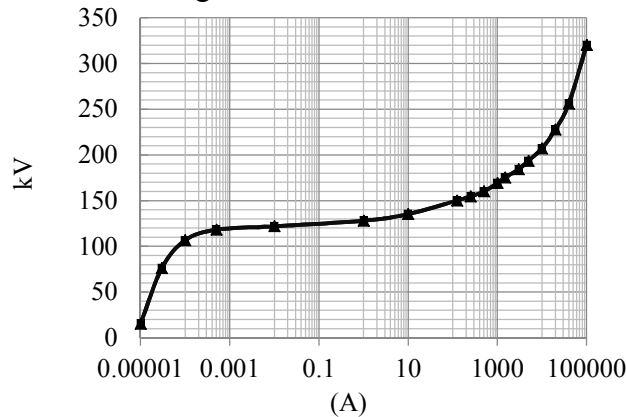
Các thông số kỹ thuật của CSV đã được sử dụng:

Dòng xả danh định: 10 kA

Điện áp lớn nhất vận hành liên tục: 110 kV

Năng lượng hấp thụ 7.8 kJ/kV of MCOV

CSV 110 kV sử dụng loại CSV không khe hở có đặc tính V-A như trên hình 2 [4].



Hình 2. Đặc tính V-A của CSV

## 2. NĂNG LƯỢNG HẤP THỤ CỦA CSV

### A. Trường hợp sét đánh đỉnh cột

Năng lượng hấp thụ của CSV trong quá trình xảy ra phóng điện ngược được xác định bởi công thức [5]:

$$E_A = i_A U_A \tau \quad (1)$$

Trong đó:  $i_A$  dòng điện qua CSV,  $U_A$  điện áp trên CSV,  $\tau$  hằng số thời gian của dòng điện CSV, được ước tính bằng:

$$\tau = \frac{Z_{DCS}}{R_{td}} \cdot T_s \quad (2)$$

Với:  $Z_{DCS}$  tổng trở sóng của DCS;  $T_s$  thời gian lan truyền sóng trong khoảng vượt bằng chiều dài khoảng vượt chia cho vận tốc ánh sáng

### B. Trường hợp sét đánh dây pha

Dòng qua CSV và điện áp phóng điện có thể liên quan hệ với nhau qua công thức [5]:

$$i_A = k(U_A)^\alpha \quad (3)$$

Năng lượng hấp thụ của CSV có thể được ước tính bằng các công thức:

$$E_A = \int_0^\infty i_A u_A dt \quad (4)$$

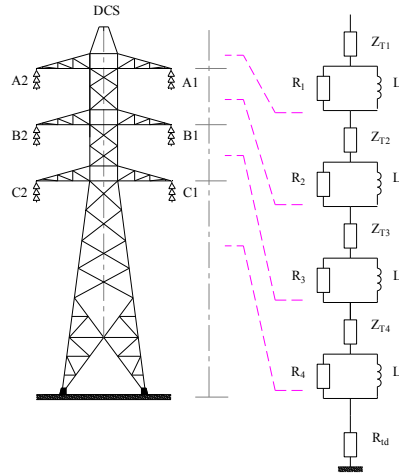
$$E_A = \frac{k_1 I U_{A1} \tau_1 + k_2 I U_{A2} \tau_2 + k_3 I U_{A3} \tau_3}{1 + 1/\alpha} \quad (5)$$

trong đó  $U_{A1}$ ,  $U_{A2}$  và  $U_{A3}$  là điện áp phóng điện cho dòng điện  $K_{1I}$ ,  $K_{2I}$  và  $K_{3I}$

### 3. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

*Mô hình đường dây:* Đường dây truyền tải trong EMTP/ATP sử dụng mô hình phụ thuộc tần số J-Marti đã được trình bày trong [6] với 1 DCS và 6 dây pha, khoảng vượt trung bình 250 m. Mô hình J-Marti sẽ tính toán sự thay đổi tổng trở sóng của dây dẫn theo các tần số khác nhau.

*Mô hình cột:* Cột trong EMTP/ATP sử dụng mô hình cột nhiều tầng multistory được đề xuất trong [7] minh họa trên hình 3. Các tham số về tổng trở sóng  $Z$ , của điện trở  $R$  và điện cảm  $L$  từng tầng trong mô hình được xác định theo [7]:



Hình 3. Mô hình thay thế cột trong EMTP

Trong bài báo này các thông số tính toán và xác định được như sau:  $Z_{T1} = 220 \Omega$ ;  $Z_{T2} = Z_{T3} = Z_{T4} = 150 \Omega$ ;  $R_1 = 21,04 \Omega$ ;  $L_1 = 4,63 \text{ mH}$ ;  $R_2 = 14,03 \Omega$ ;  $L_2 = 3,09 \text{ mH}$ ;  $R_3 = 14,03 \Omega$ ;  $L_3 = 3,09 \text{ mH}$ ;  $R_4 = 33,4 \Omega$ ;  $L_4 = 7,37 \text{ mH}$ ;

*Mô hình chuỗi cách điện:* Mô hình phóng điện trên cách điện trong bài báo này sử dụng mô hình theo IEEE [8], cơ chế phóng điện được thể hiện bằng đường đặc tính V-t phụ thuộc vào chiều dài của khe hở phóng điện theo biểu thức:

$$u(t) = (400 + \frac{710}{t^{0.75}})L \quad (6)$$

Trong đó:  $u(t)$  là điện áp phóng điện (kV);  $t$  là thời gian phóng điện ( $\mu\text{s}$ );  $L$  là chiều dài khe hở phóng điện hoặc chiều dài chuỗi cách điện (m), khe hở phóng điện đối chuỗi cách điện cấp điện áp 110 kV là 1,05 m.

*Mô hình điện trở nối đất chân cột:* Hệ thống tiếp địa cột cho đường dây 110kV, thường dùng loại RS-2 hoặc bổ sung thêm một số dây tiếp địa, hệ thống tiếp địa này được đặc trưng bởi các phần tử R,L,C. Trong EMTP hệ thống tiếp địa có thể được thay thế bởi một điện trở  $R_i$  xác định theo [7]

Nếu  $I < I_g$  thì  $R_{td} = R_0$

Nếu  $I > I_g$  thì

$$R_{td} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + \frac{I}{I_g}}} \quad (7)$$

$$I_g = \frac{E_0 \rho}{2\pi R_0^2} \quad (8)$$

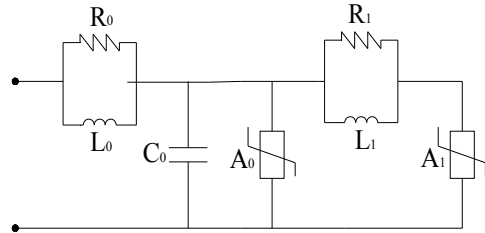
Trong đó:  $R_0$ : điện trở ở tần số công nghiệp ( $\Omega$ ),  $I$ : dòng điện qua tiếp địa (kA),  $I_g$ : dòng điện giới hạn ion hóa của đất (kA),  $\rho$ : điện trở suất của đất ( $\Omega.m$ ),  $E_0$ : điện trường ion hóa đất ( $E_0 = 400kV/m$ ).

*Mô hình chống sét van*: CSV sử dụng trong bài báo là loại không khe hở ngoài (hình 4), sử dụng

loại điện trở phi tuyến ZnO được mô phỏng bởi phần tử MOV trong EMTP sơ đồ thay thế của CSV sử dụng mô hình theo [9] trên hình 5.



Hình 4. CSV không khe hở ngoài



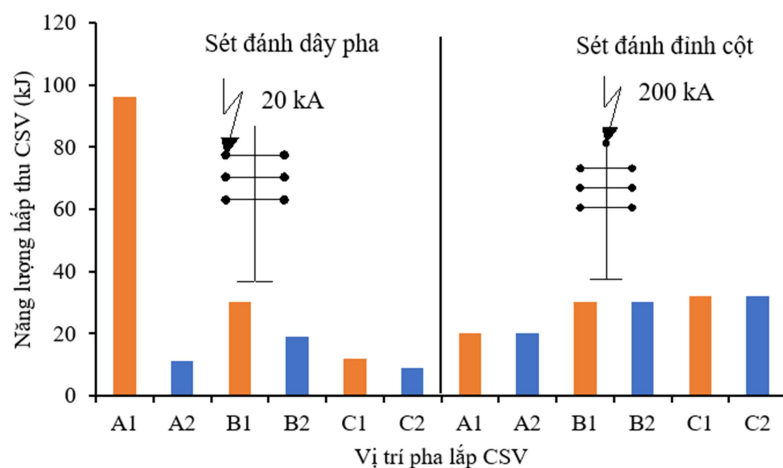
Hình 5. Mô hình thay thế CSV trong EMTP

*Mô hình nguồn sét*: Nguồn sét dạng slope-ramp ( $4/77,5 \mu s$ ) theo khuyến nghị của CIGRE [ 10] được sử dụng, mô hình này gồm nguồn dòng mắc song song với tổng trở sóng của kênh sét  $Z_s = 400 \Omega$ . Cũng theo [10] với trường hợp sét đánh vào dây pha dòng điện sét thường nhỏ hơn 20 kA và trường hợp sét đánh vào đỉnh cột dòng điện sét nhỏ hơn 250 kA.

#### 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

##### A. Phân bố năng lượng hấp thụ giữa các CSV

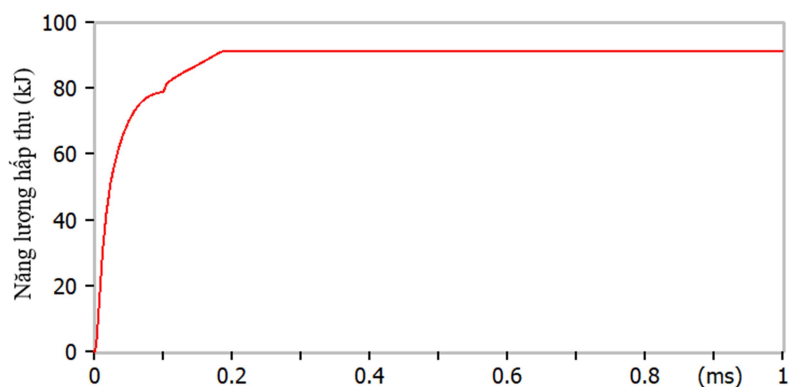
Dựa trên phân tích cải thiện khả năng chịu sét cho đường dây bằng cách sử dụng CSV được thực hiện trong nghiên cứu [1], năng lượng hấp thụ lớn nhất của CSV đã được tính toán bằng cách sử dụng tích của điện áp và dòng điện được tính toán bằng kỹ thuật mô phỏng truyền sóng. Hình 6 cho thấy phân bố năng lượng hấp thụ của CSV được lắp đặt trên các pha trong trường hợp sét đánh vào dây pha hoặc trường hợp sét đánh đỉnh cột. Khi cường độ dòng điện sét thấp đánh vào dây pha năng lượng hấp thụ bởi CSV ở bất kỳ pha nào là khác nhau. Sét đánh vào pha trên cùng thì năng lượng hấp thụ của CSV ở pha đó có trị số lớn nhất và lớn hơn 2,5 lần so với năng lượng hấp thụ của các CSV ở pha khác. Tuy nhiên, khi sét đánh đỉnh cột với trị số dòng điện sét cao, năng lượng hấp thụ của 2 CSV bất kỳ được lắp đặt ở cùng độ cao sẽ hấp thụ năng lượng bằng nhau. Các CSV lắp ở các pha dưới cùng hấp thụ nhiều năng lượng hơn so với các CSV được lắp ở các pha còn lại. Do ảnh hưởng của quá trình truyền sóng trên cột nên năng lượng hấp thụ của CSV lắp trên các pha dưới cùng có trị số lớn hơn so với các CSV lắp ở pha phía trên, mặc dù khi sét đánh đỉnh cột các pha trên cùng thường chịu tác động trước.



Hình 6. Phân bố năng lượng hấp thụ của CSV ở cột bị sét đánh

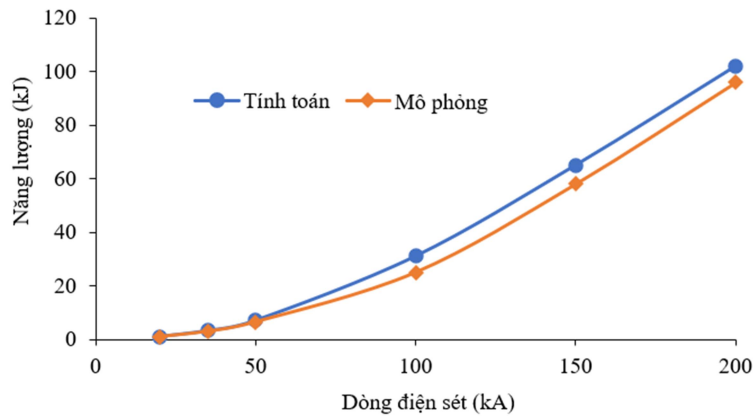
### B. Năng lượng hấp thụ của CSV khi sét đánh đỉnh cột

Khi sét đánh đỉnh cột dòng điện sét sẽ tản qua DCS về hai phía của cột lân cận, và qua thân cột xuống tiếp địa, trên pha A1 đã lắp CSV dòng điện sét đi qua CSV. Năng lượng hấp thụ của CSV qua mô phỏng được trình bày trên hình 7. Kết quả cho thấy sau thời gian 0,2ms năng lượng hấp thụ của CSV đạt bão hòa. Điều đó nhận thấy phần đuôi sóng điện áp và dòng điện qua CSV giảm mặc dù thời gian tăng nhưng năng lượng hấp thụ của CSV không đổi.



Hình 7. Năng lượng hấp thụ của CSV lắp trên pha A1 khi sét đánh đỉnh cột

Hình 8 cho thấy sự so sánh giữa năng lượng hấp thụ của CSV được tính toán bởi công thức (1) và giá trị thu được từ kết quả mô phỏng EMTP với các dòng điện sét khác nhau giữa 20kA và 200kA. Kết quả cho thấy rằng năng lượng hấp thụ của CSV qua mô phỏng là nhỏ hơn một chút so với năng lượng hấp thụ của CSV qua tính toán. Điều đó được giải thích rằng trong mô phỏng đã xét tới các thành phần sóng điện áp phản xạ khi truyền sóng trên cột xuống tiếp địa và trên DCS qua các cột bên cạnh và thành phần điện áp hồ cảm giữa dây pha với DCS đã làm giảm điện áp đặt lên CSV, nên năng lượng hấp thụ qua CSV trong mô phỏng nhỏ hơn so với tính toán khoảng 5%.

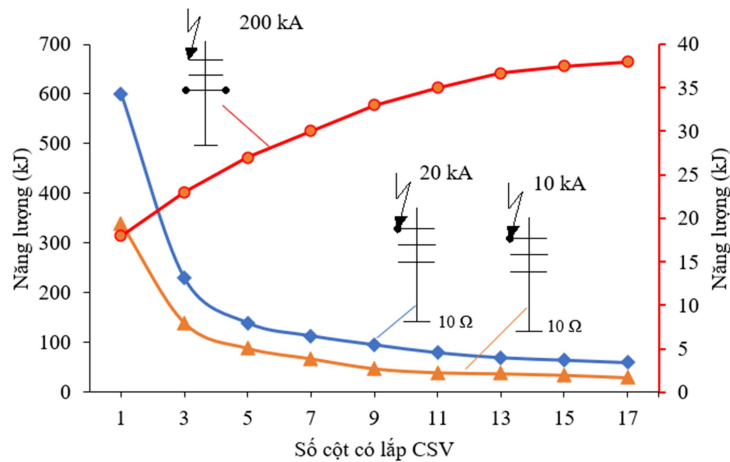


Hình 8. Năng lượng hấp thụ của CSV lắp trên pha A1 khi sét đánh đỉnh cột theo tính toán và theo mô phỏng

### C. Các yếu tố ảnh hưởng tới năng lượng hấp thụ của CSV

#### C1: Ảnh hưởng của số lượng CSV lắp đặt cột lân cận

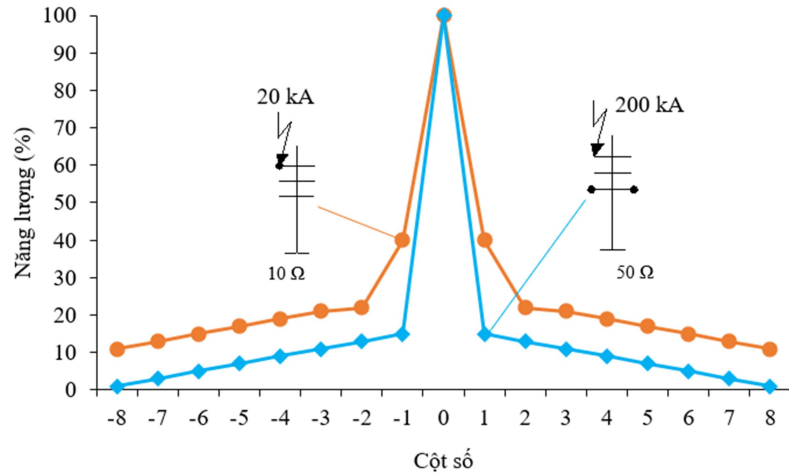
Trong thực tế, năng lượng được chia sẻ bởi các CSV tại một cột bị ảnh hưởng nhiều bởi sự hiện diện của các CSV ở các cột lân cận. Bản chất ảnh hưởng của các CSV lân cận này lên ứng suất năng lượng của CSV bị sét “đánh” phụ thuộc vào vị trí của cú sét đánh vào đường dây. Hình 9 cho thấy năng lượng do CSV phụ thuộc vào số các CSV trong các cột lân cận. Điều này được hiểu rõ ràng, khi sét đánh vào dây dẫn pha, các CSV lân cận giúp chia sẻ một số nhiệm vụ và do đó, điều này làm giảm ứng suất năng lượng lên CSV tại cột bị sét đánh. Tuy nhiên, khi sét đánh vào đỉnh cột kết quả lại ngược lại. Trong trường hợp này, năng lượng được hấp thụ bởi các CSV ở cột tăng lên khi số lượng các CSV ở các cột lân cận tăng. Điều này được giải thích là do dòng điện đi qua các CSV lân cận có cực tính ngược nhau, và do đó phản xạ ngược trở lại dẫn đến sự gia tăng năng lượng được hấp thụ bởi CSV tại cột bị sét đánh.



Hình 9. Ảnh hưởng của các CSV cột lân cận tới năng lượng hấp thụ cột bị sét đánh

Hình 10 cho thấy tỷ lệ phần trăm năng lượng được chia sẻ bởi các CSV ở các cột lân cận, khi sét đánh vào dây dẫn pha và sét đánh vào đỉnh cột. Do đó, có thể nói rằng khi sét đánh vào dây dẫn pha, các CSV gần nhất hấp thụ gần 40% năng lượng, và các CSV trên các cột liền kề hấp thụ 20%. Giá trị này giảm xuống chỉ còn 10% đối với các CSV ở đầu xa trên phần đường dây

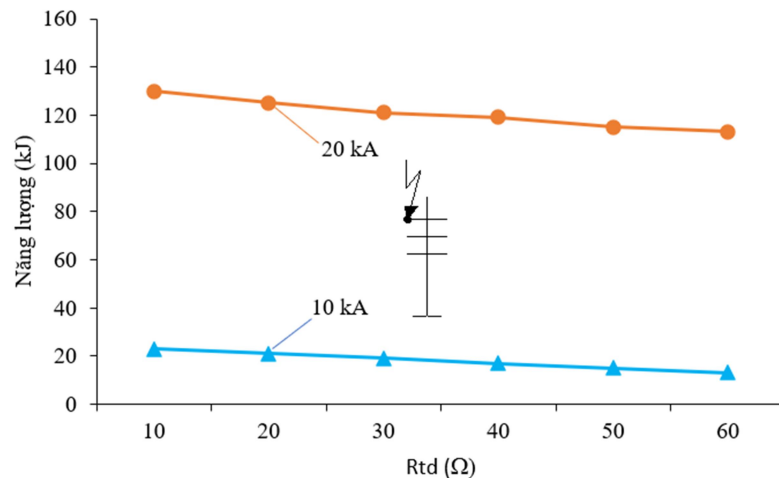
được xem xét trong nghiên cứu này. Tuy nhiên, khi sét đánh vào đỉnh cột, CSV gần nhất chỉ hấp thụ 10%, trong khi CSV ở xa năng lượng hấp thụ rất nhỏ.



Hình 10. Tỷ lệ phần trăm (đối với năng lượng được hấp thụ bởi CSV tại cột bị sét đánh) năng lượng được chia sẻ bởi CSV liền kề tại các cột dọc theo đường dây

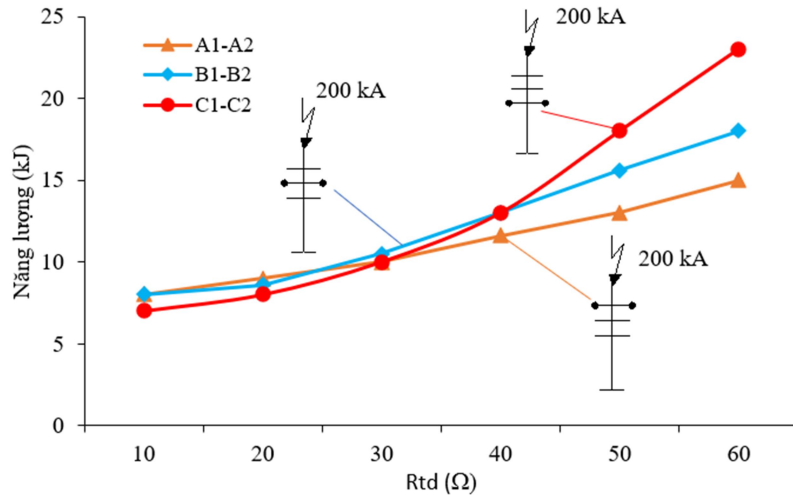
#### C2: Ảnh hưởng của trị số điện trở tiếp địa cột

Kết quả mô phỏng chỉ ra rằng năng lượng hấp thụ của CSV phụ thuộc vào điện trở tiếp địa cột. Hình 11.a là trường hợp sét đánh vào dây pha với dòng điện sét 10 kA và 20 kA còn ở hình 11.b trường hợp dòng điện sét 200 kA đánh vào đỉnh cột, điện trở cột có dải từ 10 Ω đến 60 Ω. Với trường hợp sét đánh vào dây pha năng lượng hấp thụ giảm khi điện trở tiếp địa tăng, đối với trường hợp sét đánh đỉnh cột năng lượng hấp thụ tăng khi điện trở tiếp địa cột tăng lên. Trong trường hợp này khi lắp CSV ở 2 pha A1-A2 (pha cao nhất) thì ở dải điện trở nhỏ năng lượng hấp thụ lớn nhất, khi điện trở tiếp địa lớn (>50 Ω) năng lượng hấp thụ nhỏ nhất trong 3 trường hợp lắp CSV trên pha B1-B2 hoặc C1-C2.



a. Sét đánh vào dây pha



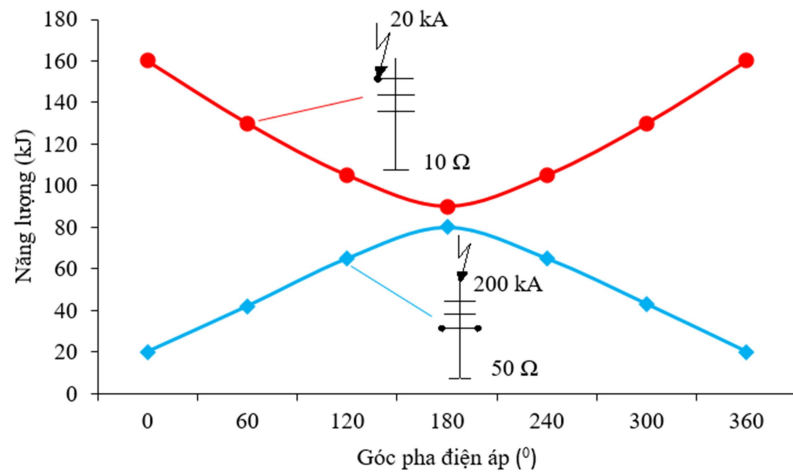


b. Sét đánh vào đỉnh cột

Hình 11. Năng lượng hấp thụ của CSV theo điện trở tiếp địa cột

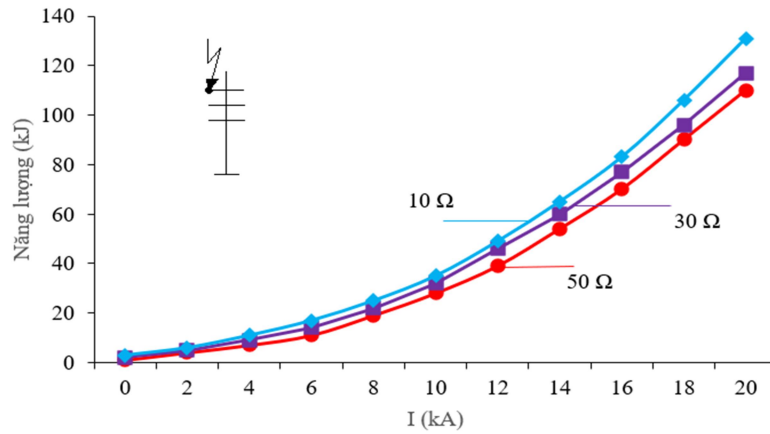
C3: Ảnh hưởng của góc pha điện áp nguồn

Hình 12 cho thấy ảnh hưởng của góc pha điện áp nguồn tới năng lượng hấp thụ của CSV là đáng kể trong cả trường hợp sét đánh vào dây pha và trường hợp sét đánh vào đỉnh cột. Năng lượng hấp thụ của CSV khi sét đánh vào dây pha lớn nhất ở góc điện áp  $0^{\circ}$ , trong khi sét đánh vào đỉnh cột năng lượng hấp thụ của CSV ở góc điện áp  $180^{\circ}$ . Với sự thay đổi góc pha điện áp, năng lượng hấp thụ của CSV tăng lên khi sét đánh vào đỉnh cột, nhưng năng lượng hấp thụ này vẫn khá thấp so với mức năng lượng hấp thụ mà CSV có thể chịu được.

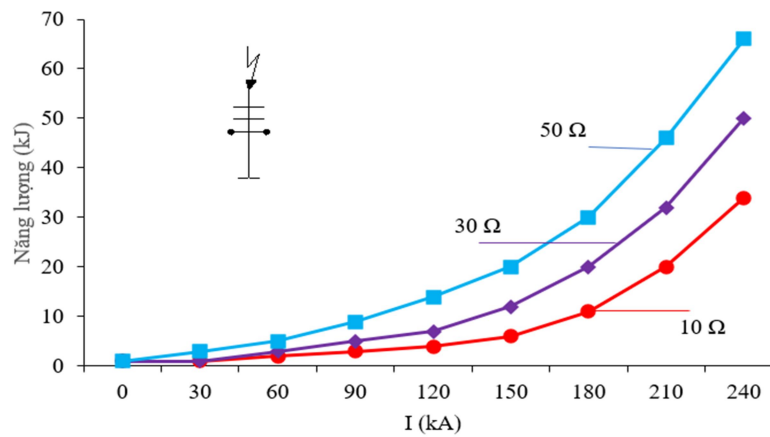


Hình 12. Năng lượng hấp thụ của CSV theo góc pha điện áp nguồn

Hình 13 trình bày kết quả mô phỏng năng lượng hấp thụ của CSV cho cả trường hợp sét đánh dây pha và sét đánh đỉnh cột khi dòng điện sét thay đổi, xét với các trị số điện trở tiếp địa khác nhau. Kết quả cho thấy khi dòng điện sét tăng thì năng lượng hấp thụ của CSV tăng lên. Trong trường hợp sét đánh dây pha năng lượng hấp thụ của CSV hầu như không phụ thuộc vào trị số điện trở tiếp địa, còn trường hợp sét đánh đỉnh cột năng lượng hấp thụ của CSV ngoài phụ thuộc vào trị số dòng điện sét còn phụ thuộc vào điện trở tiếp địa cột.



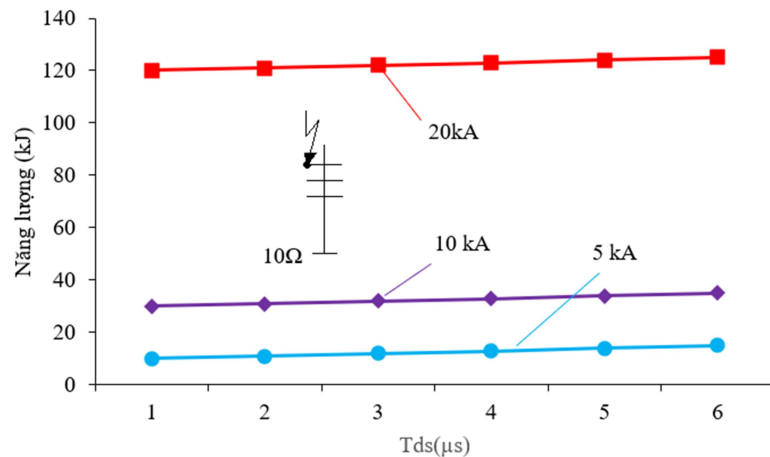
a. Sét đánh vào dây pha



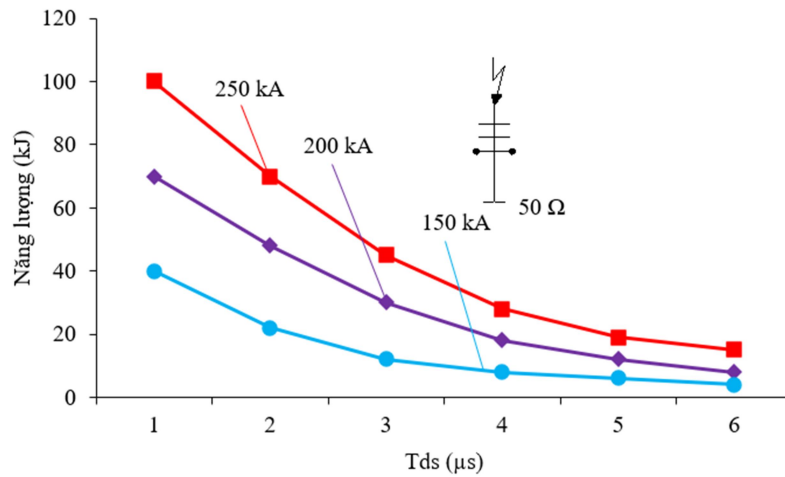
b. Sét đánh vào đỉnh cột

Hình 13. Năng lượng hấp thụ của CSV theo cường độ dòng điện sét

Ảnh hưởng của thời gian đầu sóng của dòng điện sét tới năng lượng hấp thụ của CSV theo một số vường độ dòng điện sét được trình bày trên hình 14. Kết quả mô phỏng cho thấy trường hợp sét đánh dây pha năng lượng hấp thụ của CSV hầu như không thay đổi. Trong trường hợp sét đánh đỉnh cột khi thời gian đầu sóng tăng lên năng lượng hấp thụ của CSV giảm.



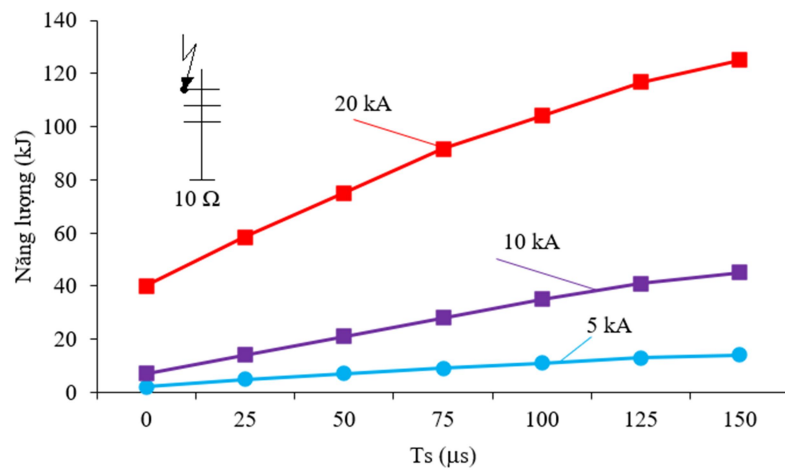
a. Sét đánh vào dây pha



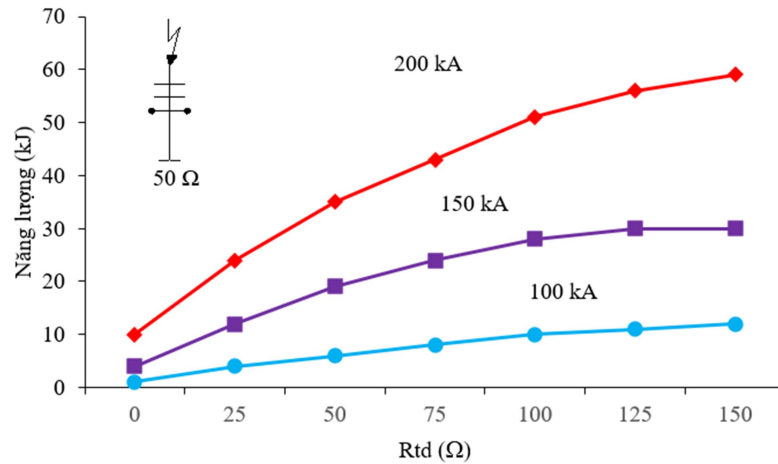
*b. Sét đánh vào đỉnh cột*

*Hình 14. Năng lượng hấp thụ của CSV theo thời gian đầu sóng (độ dài sóng: 77,5μs)*

Trường hợp ảnh hưởng của độ dài sóng tới năng lượng hấp thụ của CSV khi sét đánh đỉnh cột và trường hợp sét đánh vào dây dẫn được trình bày kết quả trên hình 15. Kết quả cho thấy khi độ dài sóng tăng lên thì năng lượng hấp thụ của CSV trong hai trường hợp trên đều tăng.



*a. Sét đánh vào dây pha*



b. Sét đánh vào đỉnh cột

Hình 14. Năng lượng hấp thụ của CSV theo thời gian đầu sóng ( $T_{ds} = 4\mu s$ )

## 5. KẾT LUẬN

Thông qua kết quả mô phỏng xác định năng lượng hấp thụ của CSV lắp đặt trên đường dây 110 kV mạch kép với các trường hợp khác nhau cho thấy, nếu CSV chỉ được lựa chọn dựa trên các tính toán về quá điện áp với đại lượng điện áp và dòng điện là chưa đủ. Khả năng hấp thụ năng lượng của CSV cũng là một đại lượng cần được xét đến. Để tính toán mức năng lượng hấp thụ lớn nhất của CSV cần phải xét đến các yếu tố ảnh hưởng như tham số của dòng điện sét và điện trở tiếp địa của cột.

Trường hợp sét đánh trực tiếp vào dây dẫn, năng lượng hấp thụ của CSV là lớn nhất, do vậy khi đây là trường hợp được tính toán để chọn CSV. Số lượng và vị trí CSV trên một cột đều ảnh hưởng tới năng lượng hấp thụ của CSV, trong các trường hợp lắp CSV thì CSV lắp ở pha trên cùng luôn chịu mức năng lượng hấp thụ cao nhất.

Các yếu tố về dòng điện sét bao gồm cường độ dòng sét, thời gian đầu sóng hay độ dài sóng hoặc điện trở tiếp địa đều ảnh hưởng đến năng lượng hấp thụ của CSV. Các kết quả mô phỏng cho thấy trị số dòng điện sét và điện trở tiếp địa cột ảnh hưởng rất rõ đến năng lượng hấp thụ của CSV. Do đó, mỗi đường dây khi cần lắp CSV thì cần xem xét các yếu tố này để chọn được CSV phù hợp đáp ứng được mức năng lượng hấp thụ để nâng cao độ tin cậy cho CSV

## 6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Martinez, J. A., and F. Castro-Aranda (2007). *Lightning flashover rate of an overhead transmission line protected by surge arresters*. 2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting. IEEE.
- [2] Sadovic S., M. Babuder, M. Hrast, D. Bokal, M. Marnisek ,T. Sadovic (2009), *Line Surge Arrester Application on 123 kV Double Circuit Line*, International Symposium on High Voltage Engineering, Johannesburg, South Africa.
- [3] Pham T. H., S. A. Boggs, H. Suzuki ,T. Imai (2012), *Effect of Externally Gapped Line Arrester Placement on Insulation Coordination of a Twin-Circuit 220 kV Line*, IEEE Transactions on power delivery. vol. 27, no. 4, pp. 1991-1997.
- [4] <http://www.arresterworks.com/arresterfacts>

- [5]. Hassan, N. H. N., Bakar, A. H. A., Mokhlis, H., & Illias, H. A. (2012). *Analysis of arrester energy for 132kV overhead transmission line due to back flashover and shielding failure*. In *2012 IEEE International conference on power and energy (PEC on)*, pp. 683-688.
- [6]. Martinez, Juan A., and Ferley Castro-Aranda (2005), *Lightning performance analysis of overhead transmission lines using the EMTP*. IEEE Transactions on Power Delivery 20.3, pp. 2200-2210.
- [7]. IECTR 60771-4 Part 4: *Computational guide to insulation coordination and modelling of electrical networks*. 2004-06.
- [8]. IEEE Std 1243-1997, *IEEE guide for improving the lightning performance of transmission lines*, Standard IEEE, 1997.
- [9]. IEEE Working Group 3.4.11, *Modelling of Metal Oxide Surge Arresters*, vol. 7, no. 1, pp. 302–309, 1992.
- [10]. CIGRE WG 33-01 (1991), *Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines*, CIGRE Brochure 63.