

# SỬ DỤNG CHỐNG SÉT VAN KẾT HỢP DÂY NỐI ĐẤT PHÍA DƯỚI NÂNG CAO KHẢ NĂNG CHỊU SÉT CHO ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI 220kV

USE OF LINE SURGE ARRESTERS COUPLING WITH UNDERBUILT GROUND WIRE  
TO IMPROVE THE LIGHTNING PERFORMANCE FOR 220kV TRANSMISSION LINES

Ninh Văn Nam<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Quang Huy<sup>1</sup>,  
Nguyễn Lương Thành<sup>1</sup>, Phùng Thị Thanh Mai<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.001>

## TÓM TẮT

Lắp đặt chống sét van (CSV) là giải pháp hiệu quả để giảm suất sự cố (SSC) do sét đánh vào các đường dây truyền tải. Tuy nhiên, giải pháp này cũng có nhược điểm đó là chi phí đầu tư lắp đặt CSV cao, lắp đặt nhiều CSV dẫn tới sự cố tích lũy từ CSV tăng lên, làm tăng SSC đường dây do hỏng hóc từ bản thân CSV. Để giải quyết vấn đề nêu trên, một giải pháp được đề xuất đó là sử dụng CSV kết hợp với treo dây nối đất phía dưới các dây pha (Underbuilt Ground Wire-UGW) trên đường dây truyền tải 220kV, với mục đích vừa giảm SSC của đường dây vừa hạn chế số lượng CSV lắp đặt. Kết quả phân tích đánh giá dựa trên mô hình điện hình học (EGM) và chương trình mô phỏng quá độ điện từ EMTP/ATP. SSC đường dây trong các trường hợp sử dụng biện pháp khác nhau được so sánh và đánh giá. Mối tương quan giữa điện trở tiếp địa cột với SSC được tính toán và phân tích. Năng lượng hấp thụ và dòng điện qua CSV cũng được xác định để làm cơ sở cho việc lựa chọn CSV. Kết quả thu được có thể được sử dụng như một tài liệu tham khảo cho các đơn vị vận hành trong việc lựa chọn giải pháp nâng cao khả năng chịu sét cho đường dây truyền tải điện.

**Từ khóa:** Suất sự cố, dây nối đất phía dưới, chống sét van, mô phỏng EMTP/ATP.

## ABSTRACT

The use of line surge arrester on transmission lines is a method for the improvement of the lightning performance of transmission lines. However, this method also has disadvantages such as: the high investment cost and installation many line surge arresters lead to outage rate of line increase due line surge arrester fault. To address this problem, a new method use of line surge arresters coupling with underbuilt ground wire (UGW) to improve the lightning performance for 220kV transmission lines, with the purpose of both reduce outage rate and reduce number of line surge arrester. The Research results were based on the geometrical electric model (EGM) and the Electromagnetic Transients Program/Alternative Transients Program EMTP/ATP. The outage rate of the transmission line in the different use case are compared and evaluated. The relationship between the tower footing resistance and outage rate were also calculated and analyzed. The absorbed energy and current of line surge arrester were also identified as the basis for line surge arrester selection. The results obtained can be used as a practical guide for the utilities to improve the lightning performance for transmission lines.

**Keywords:** Outage rate, underbuilt ground wire, line surge arresters, EMTP/ATP simulation.

<sup>1</sup>Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>2</sup>Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực

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

Ngày nhận bài: 25/02/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/11/2022

Ngày chấp nhận đăng: 24/02/2023

## 1. GIỚI THIỆU

Lắp đặt CSV là giải pháp hiệu quả để hạn chế sự cố cắt điện do sét trên đường dây truyền tải đã được công bố trong các bài báo [1- 4] và đã được kiểm chứng từ thực tế vận hành trong những năm gần đây [5-7]. Theo [5,7] chỉ lắp 1 CSV trên tất cả các vị trí cột của đường dây 220kV một mạch, ngưỡng chịu sét có thể tăng lên tới 50 kA, với đường dây 110kV ngưỡng chịu sét có thể tăng lên tới 30kA. Nếu tất cả các vị trí và các pha đều lắp đặt CSV thì sự cố do sét có thể được loại bỏ hoàn toàn. Trong khi đó để đầu tư lắp 01 bộ CSV 220kV hoặc 110kV chi phí có thể lên tới vài chục triệu đồng/bộ CSV. Do vậy, việc lắp đặt CSV trên tất cả các vị trí là khó khả thi do chi phí quá lớn.

Giải pháp sử dụng dây UGW treo phía dưới, tức là lắp đặt dây UGW phía dưới dây pha thấp nhất trong các dây pha, song song với các dây pha phía trên của đường dây truyền tải. Dây UGW không có tác dụng che chắn cho các dây pha như DCS lắp đặt phía trên mà chỉ có tác dụng làm tăng hệ số ngẫu hợp cho các dây pha, khi đó điện áp trên cách điện của các dây pha sẽ giảm xuống đã được công bố trong [8-12]. Theo [8] hệ số ngẫu

hợp của pha lớn nhất có thể tăng tới 30% khi sử dụng một dây UGW, do đó điện áp gây phóng điện trên cách điện giảm xuống làm tăng khả năng chịu sét cho đường dây. Theo [9] đường dây 220kV hai mạch  $R_{td}$  cột 40Ω, lắp một dây UGW thì SSC của đường dây do sét đánh đỉnh cột hoặc DCS giảm tới 40% so với khi không có dây UGW. Nghiên cứu [9] cũng cho thấy biện pháp lắp đặt dây UGW giảm đáng kể điện áp đặt lên cách điện do sét gây ra của đường dây truyền tải 220kV, đồng thời giảm được SSC của đường dây truyền tải. Biện pháp này càng hiệu quả với những đường dây đi qua khu vực có điện trở suất của đất có trị số cao và mật độ sét lớn. Ngoài ra, lắp dây UGW ngoài việc tăng hệ số K giữa các dây pha, còn tản một phần dòng điện sét sang cột bên cạnh, do đó giảm điện áp đặt lên cách điện của cột bị sét đánh.

Cả hai giải pháp trên đều có những ưu nhược điểm nhất định, như theo [6] thống kê thực tế từ vận hành cho thấy không phải tất cả các vị trí đều bị sét đánh hoặc bị sét đánh nhưng cường độ dòng điện sét chưa đủ lớn để gây ra phóng điện trên chuỗi cách điện. Do vậy, những vị trí đó không nhất thiết phải lắp CSV, hoặc nếu trị số dòng điện sét lớn hơn mà sử dụng các biện pháp khác vẫn hiệu quả về mặt chống sét trong khi chi phí đầu tư lại thấp hơn. Như trên đã trình bày, nếu tất cả các vị trí đều lắp CSV mặc dù sự cố do sét có thể được loại trừ, nhưng chi phí đầu tư quá lớn. Còn giải pháp lắp dây UGW có ưu điểm lắp đặt dễ dàng, chi phí đầu tư nhỏ, nhưng chỉ cải thiện được một phần khả năng chịu sét cho đường dây khi sét đánh vào đỉnh cột hoặc DCS, còn khi sét đánh trực tiếp vào dây pha thì giải pháp này không bảo vệ được cho cách điện đường dây.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lắp đặt CSV kết hợp với lắp dây UGW cho đường dây 220kV trên lưới điện truyền tải Việt Nam. Các dữ liệu về cột, dây dẫn, DCS, cách điện, tiếp địa được lấy từ đường dây thực tế đang vận hành tại Công ty truyền tải điện 1 làm đối tượng nghiên cứu. SSC của đường dây trong trường hợp không sử dụng CSV, trường hợp chỉ sử dụng CSV và trường hợp sử dụng CSV kết hợp với dây UGW được so sánh đánh giá. Mối tương quan giữa điện trở tiếp địa cột với SSC của giải pháp đề xuất trong bài báo được tính toán và phân tích. Ngoài ra năng lượng hấp thụ và dòng điện qua CSV cũng được xác định để làm cơ sở cho việc lựa chọn CSV. Các kết quả nghiên cứu dựa trên mô hình điện hình học (EGM) và chương trình mô phỏng quá độ điện từ EMTP/ATP.

**2. HỆ SỐ NGẪU HỢP VÀ ĐIỆN ÁP TRÊN CÁCH ĐIỆN**

**2.1. Hệ số ngẫu hợp**

Xét trường hợp đơn giản khi có hai dây dẫn đặt song song nhau và song song với mặt đất (hình 1), hệ phương trình truyền sóng Maxwell được thiết lập như sau:

$$\begin{aligned} u_1 &= Z_1 i_1 + Z_{12} i_2 \\ u_2 &= Z_{12} i_1 + Z_2 i_2 \end{aligned} \tag{1}$$

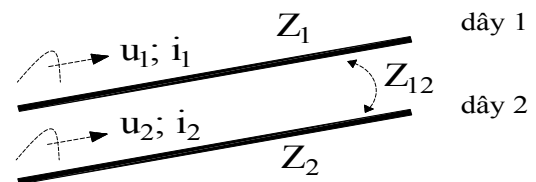
Trong đó:  $u_1, u_2$  và  $i_1, i_2$  là điện áp và dòng điện trên dây 1 và dây 2;  $Z_1, Z_2, Z_{12}$  là tổng trở sóng của bản thân dây 1, dây 2 và tổng trở sóng tương hỗ giữa dây 1 dây 2.

Phương trình truyền sóng (1) cho thấy đóng góp vào độ lớn của điện áp trên một dây bao gồm hai thành phần: i - điện áp trên dây đó do dòng điện chạy trên dây đó nhân với tổng trở sóng của bản thân dây đó; ii - thành phần điện áp cảm ứng do dòng điện trên dây đó thông qua tổng trở sóng tương hỗ  $Z_{12}$  giữa hai dây. Tỷ số giữa thành phần điện áp cảm ứng (ii) và điện áp do dòng điện và tổng trở sóng của bản thân dây đó (i) được gọi là hệ số ngẫu hợp của dây 1 lên dây 2 được xác định:

$$K = \frac{u_2}{u_1} \tag{2}$$

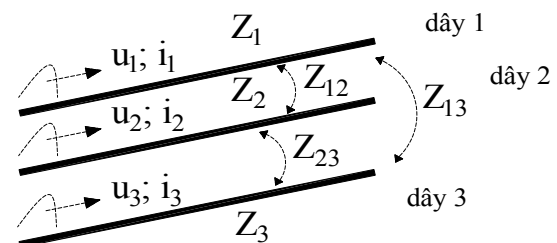
Giả thiết dòng chạy trên dây 1 là dòng điện sét, còn trên dây 2 là dòng điện làm việc của dây pha, do dòng điện sét lớn hơn nhiều lần dòng điện làm việc, nên hệ số ngẫu hợp từ công thức (2) viết thành:

$$K = \frac{Z_{12}}{Z_1} \tag{3}$$



Hình 1. Xác định hệ số ngẫu hợp khi có hai dây

Trường hợp có 3 dây (giả thiết dây 1 là DSC, dây 2 là dây UGW và dây 3 là dây pha) được mô tả trên hình 2.



Hình 2. Xác định hệ số ngẫu hợp khi có ba dây

Hệ phương trình truyền sóng Maxwell được thiết lập:

$$\begin{aligned} u_1 &= Z_1 i_1 + Z_{12} i_2 + Z_{13} i_3 \\ u_2 &= Z_{21} i_1 + Z_2 i_2 + Z_{23} i_3 \\ u_3 &= Z_{31} i_1 + Z_{32} i_2 + Z_{33} i_3 \end{aligned} \tag{4}$$

Giả thiết dòng điện sét chạy trên dây 1 và dây 2 là như nhau, hệ số ngẫu hợp của dây 1 và dây 2 lên dây 3 xác định theo (5):

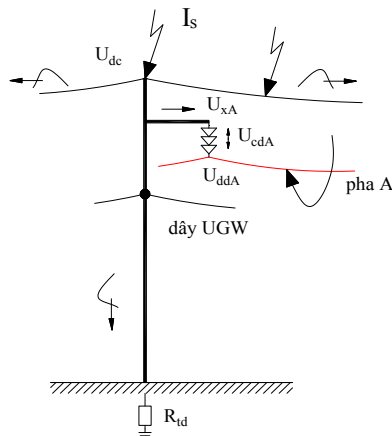
$$K = \frac{Z_{13} + Z_{23}}{Z_1 + Z_{12}} \tag{5}$$

Trong đó:  $z_{13}, z_{23}$  là tổng trở sóng tương hỗ giữa dây 1 với dây 3 và giữa dây 2 với dây 3.

Như vậy, hệ số ngẫu hợp có độ lớn tùy thuộc vào tổng trở sóng tương hỗ giữa các dây với nhau và tổng trở sóng của bản thân dây UGW hoặc DCS. Các tổng trở sóng này phụ thuộc vào cấu hình của đường dây như khoảng cách giữa các dây, số mạch đường dây, số lượng dây UGW, DCS và điện trở suất của đất đã được trình bày trong [11].

**2.2. Tính toán điện áp do sét gây ra trên cách điện**

Để xác định điện áp đặt trên cách điện khi xảy ra sét đánh vào đường dây truyền tải khi đường dây có sử dụng dây UGW. Xét hai trường hợp phổ biến nhất là khi sét đánh trực tiếp dây pha và trường hợp sét đánh đỉnh cột hoặc DCS được minh họa như trên hình 3.



Hình 3. Xác định điện áp trên cách điện khi sét đánh

Khi sét đánh trực tiếp vào dây pha, cách điện sẽ chịu toàn bộ điện áp do dòng điện sét gây ra. Do dòng điện sét chạy trên dây pha chia làm đôi và chạy về hai phía của đường dây, điện áp sét có thể ước lượng nhanh bằng một nửa trị số dòng điện sét nhân với tổng trở sóng của dây pha (tổng trở sóng này có giá trị xấp xỉ 400Ω) [4]. Như vậy, trường hợp này điện áp đặt lên cách điện không phụ thuộc vào có dây UGW hay không có dây UGW (bỏ qua sóng phản xạ từ các phần của cột điện, từ DCS, dây UGW, từ các cột lân cận trở về).

$$U_{cd} = \frac{I_s \cdot Z_{dd}}{2} + U_{lv} \tag{6}$$

Khi sét đánh đỉnh cột hoặc DCS với biên độ  $I_s$  một phần dòng điện sét sẽ lan truyền trên DCS sang hai phía của cột bị sét đánh sang cột bên cạnh, một phần sẽ lan truyền trên cột xuống đất qua hệ thống tiếp địa và truyền qua dây UGW sang cột bên cạnh. Giống như quá trình truyền sóng trên DCS và dây pha, quá trình truyền sóng trên cột cũng kèm theo hiện tượng tổn hao, phản xạ, khúc xạ. Trong trường hợp đơn giản bỏ qua thời gian truyền sóng trên DCS và trên cột, bỏ qua thành phần sóng điện áp phản xạ từ cột bên cạnh và từ điện trở tiếp địa của cột và tổn hao điện áp trên đoạn thân cột chỉ xét tới tổng trở sóng của cột và tổng trở sóng của DCS. Kết hợp với phương pháp xác định hệ số ngẫu hợp từ phần 2.1, điện áp trên cách điện một pha bất kỳ (ví dụ

pha A)  $U_{cdA}$  là hiệu điện thế giữa điện áp trên xà pha A  $U_{xA}$  và điện áp trên dây pha  $U_{ddA}$  được tính như sau:

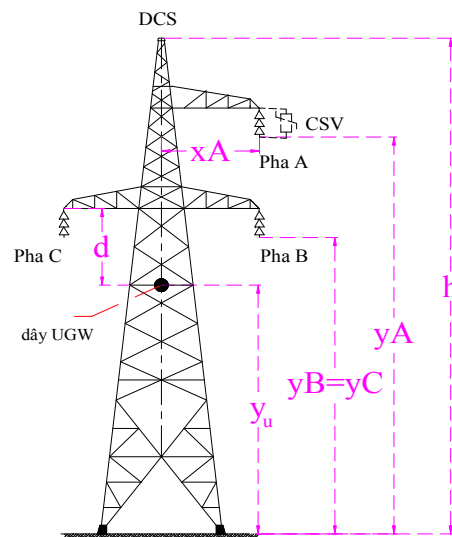
$$U_{cdA} = (1 - K_A) U_{dc} \tag{7}$$

Trong đó:  $U_{dc}$  là điện áp đỉnh cột,  $K_A$  là hệ số ngẫu hợp của DCS và dây UGW tác động lên dây pha A.

Do vậy, khi sử dụng dây UGW và lắp CSV, khi CSV trên pha đó làm việc dòng điện sét qua CSV lan truyền trên dây pha, dây pha đó đóng vai trò như DCS hoặc dây UGW. Trên pha không lắp CSV sẽ có điện áp cảm ứng từ DCS hoặc từ dây pha có lắp CSV làm việc, làm cho hệ số K của pha không lắp CSV tăng lên, dẫn tới điện áp trên cách điện của pha đó giảm xuống.

**3. THÔNG SỐ ĐƯỜNG DÂY 220kV VÀ MÔ HÌNH MÔ PHÒNG EMTP/ATP**

Áp dụng phương pháp đề xuất, tiến hành mô phỏng cho đường dây 220kV một mạch hiện đang sử dụng trên lưới điện của Công ty truyền tải điện 1. Sử dụng 1 CSV lắp ở pha trên cùng (pha A) kết hợp với dây UGW, các số liệu về cột, dây dẫn và dây UGW được trình bày trên hình 4 và trong bảng 1. Đường dây sử dụng loại cột Đ212A dây dẫn loại ACSR330/42- phân pha 2, DCS dùng loại dây TK-70, chiều dài khoảng vượt 350m. Dây UGW lắp đặt phía dưới các dây pha, phải đảm bảo hai yếu tố: thứ nhất là khoảng cách từ dây UGW xuống mặt đất phải tuân thủ khoảng cách an toàn với mặt đất, thứ hai là khoảng cách từ dây UGW tới dây pha phải lớn hơn chiều dài phóng điện trong không khí. Đồng thời, đảm bảo khoảng cách cách điện nhỏ nhất tại cột, giữa phần mang điện và phần được nối đất của đường dây và khoảng cách cách điện nhỏ nhất giữa các pha tại cột của đường dây trên không theo quy phạm [13], trong bài báo này, sử dụng ngay DCS để làm dây UGW. Điện trở suất của đất là 1000Ω.m, mật độ sét 10 lần/km<sup>2</sup>.năm.



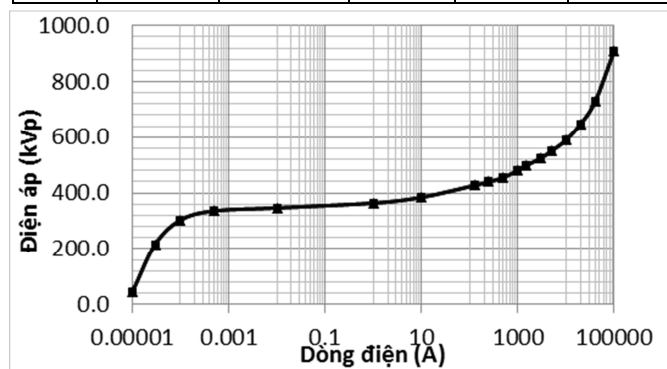
Hình 4. Cấu hình cột 220kV một mạch khi sử dụng CSV kết hợp dây UGW

Mô hình đường dây trong EMTP/ATP sử dụng mô hình phụ thuộc tần số J-Marti [13] với 1 DCS và 3 dây pha, mô hình JMarti sẽ tính toán sự thay đổi tổng trở sóng của dây

dẫn theo các tần số khác nhau. Mô hình các phần tử như: nguồn sét, cột, dây dẫn, cách điện, tiếp địa cột, đã được trình bày trong [4, 13]. CSV sử dụng mô hình đơn giản của IEEE [14] có đặc tính V- A như trên hình 5.

Bảng 1. Dữ liệu trong mô phỏng

h (m)	yA (m)	yB (m)	yC (m)	y <sub>0</sub> (m)	x <sub>A</sub> (m)
28,5	23,5	17,5	17,5	15	4,5

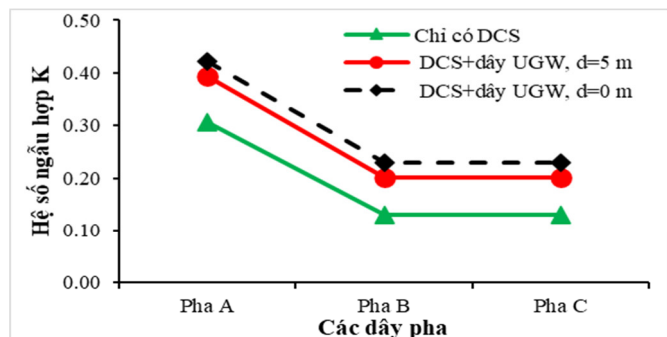


Hình 5. Đường đặc tính V-A của CSV 220kV

#### 4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

##### 4.1. Hệ số ngẫu hợp khi có dây UGW

Mô phỏng với dòng điện sét (1,2/50μs, nguồn sét loại Slope-Ramp) đánh đỉnh cột đường dây 220kV một mạch có cấu hình như ở hình 4, kết quả so sánh hệ số ngẫu hợp K của các dây pha trong trường hợp chỉ có DCS và trường hợp có thêm một dây UGW (với khoảng cách d = 0m và 5m) được thể hiện trên hình 6. Kết quả mô phỏng cho thấy, chỉ cần lắp thêm một dây UGW có độ treo cao so với mặt đất giống với dây pha dưới cùng, hệ số ngẫu hợp K của các pha A tăng lên 35% và pha B, C tăng tới 60% so với trường hợp chỉ có DCS. Điều đó cho thấy, lắp dây UGW sẽ làm giảm điện áp đặt lên cách điện, góp phần tăng cao khả năng chịu sét cho đường dây. Qua kết quả mô phỏng này cũng cho thấy, các pha phía dưới khi chưa có dây UGW thì trị số ngẫu hợp K là nhỏ hơn so với dây pha phía trên, nhưng khi lắp dây UGW thì hệ số K của các pha phía dưới tăng lên rõ rệt, điều đó cho thấy lắp dây UGW sẽ có lợi cho các pha phía dưới, trong khi pha trên được bảo vệ bởi DCS hoặc CSV.

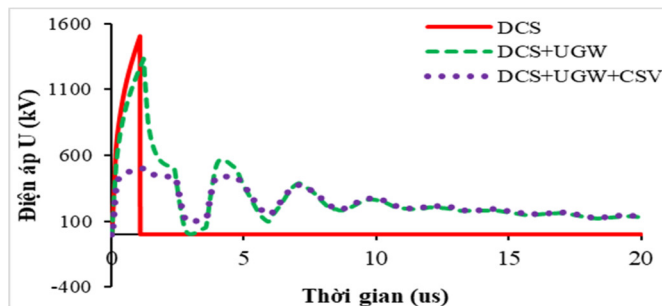


Hình 6. Hệ số ngẫu hợp K của các pha với DCS, R<sub>td</sub> = 10Ω

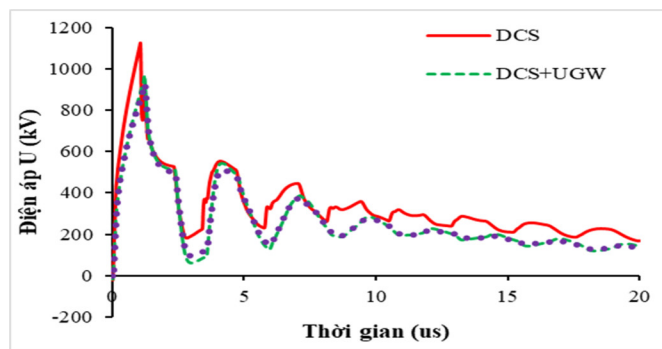
##### 4.2. Điện áp trên cách điện khi có dây UGW

Hình 7 trình bày kết quả mô phỏng dạng sóng điện áp trên cách điện pha A, pha B và C khi sét đánh đỉnh cột với

dòng điện sét có trị số 90kA, điện trở tiếp địa R<sub>td</sub> = 10Ω, trong 3 trường hợp: đường dây chỉ có DCS, đường dây có DCS kết hợp với dây UGW và trường hợp đường dây có DCS kết hợp với dây UGW và lắp CSV ở pha A (với d = 0m).



(a)



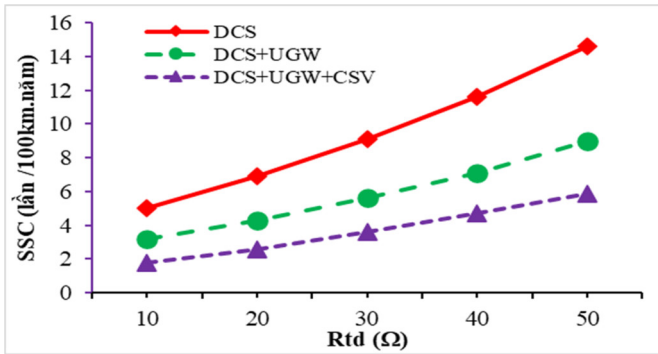
(b)

Hình 7. Điện áp trên cách điện pha A (a) và pha B, C (b) với R<sub>td</sub> = 10Ω

Kết quả mô phỏng cho thấy, trường hợp chỉ dùng DCS trên cách điện pha A xảy ra hiện tượng phóng điện, trong khi đó sử dụng DCS kết hợp với dây UGW trên cách điện pha A không xảy ra phóng điện, còn sử dụng DCS kết hợp với dây UGW và lắp CSV tại pha A, điện áp lớn nhất trên cách điện của pha này lớn nhất cũng chỉ bằng điện áp dư của CSV, nên cũng không xảy ra phóng điện (hình 7b). Còn trên cách pha B hoặc pha C cả ba trường hợp đều không xảy ra hiện tượng phóng điện. Trị số điện áp lớn nhất trên cách điện pha B hoặc pha C trong trường hợp dùng DCS kết hợp với dây UGW giảm 1,2 lần so với chỉ sử dụng DCS. Rõ ràng khi sử dụng dây UGW đã làm hệ số ngẫu hợp tăng lên. Ngoài ra, trên pha lắp CSV, khi CSV làm việc điện áp cảm ứng trên các pha không có dòng sét đi qua sẽ thay đổi đáng kể do hệ số ngẫu hợp K giữa các pha này với pha lắp CSV làm việc đã bị thay đổi, vì thế hiệu quả của việc treo dây UGW càng rõ rệt.

##### 4.3. Suất sự cố của đường dây khi sử dụng CSV kết hợp dây UGW

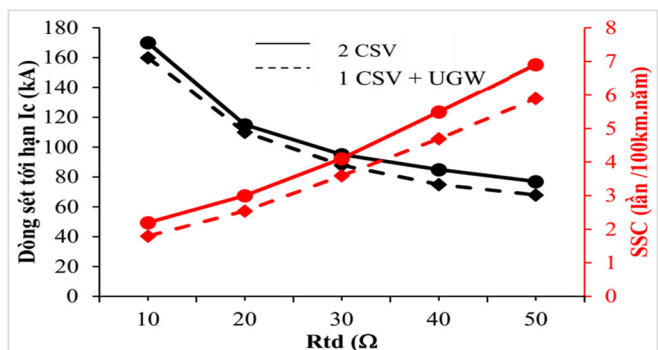
Tiến hành mô phỏng cho 220kV một mạch với các trường hợp: đường dây chỉ có DCS, trường hợp sử dụng DCS kết hợp dây UGW và trường hợp sử dụng DCS kết hợp với dây UGW và lắp CSV tại pha A theo trị số điện trở tiếp địa cột thay đổi từ 10Ω đến 50Ω, SSC do sét của đường dây 220kV một mạch được xác định theo [4]. Kết quả mô phỏng tính toán SSC đường dây trong các trường hợp nêu trên được trình bày trên hình 8.



Hình 8. SSC của đường dây trong các trường hợp khác nhau

Kết quả mô phỏng cho thấy, sử dụng DCS kết hợp với dây UGW và lắp CSV thì SSC của đường dây giảm so với chỉ có DCS hoặc có DCS kết hợp với dây UGW. Điện trở tiếp địa cột càng có trị số lớn hiệu quả của giải pháp đề xuất càng cao. Tại giá trị điện trở tiếp địa cột là 50Ω thì SSC đường dây khi sử dụng DCS kết hợp với dây UGW và lắp CSV giảm 1,5 lần so với khi chỉ sử dụng DCS kết hợp dây UGW và giảm tới 2,4 lần khi chỉ sử dụng DCS. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy SSC của đường dây với giải pháp đề xuất tương đương với giải pháp giảm điện trở tiếp địa xuống 15Ω khi sử dụng DCS kết hợp với dây UGW và giảm 30Ω nếu chỉ có DCS, mà trong thực tế việc giảm trị số điện trở tiếp địa như vậy là rất khó khả thi, đặc biệt những đường dây truyền tải đi qua khu vực có điện trở suất của đất cao.

Kết quả mô phỏng và tính toán trên hình 9 cho thấy giải pháp sử dụng 1 CSV kết hợp với dây UGW thì SSC của đường dây do sét đánh đỉnh cột hoặc DCS nhỏ hơn so với trường hợp lắp 2 CSV. Với  $R_{td} = 10\Omega$  chỉ cần sử dụng 1 CSV lắp trên pha A kết hợp với dây UGW thì dòng sét xảy ra phóng điện tăng từ 160kA lên xấp xỉ 175kA, tương đương với SSC do sét đánh đỉnh cột hoặc DCS giảm xuống 0,8 lần từ 2,2 lần/100km.năm xuống còn 1,8 lần/100km.năm. Tính toán này chứng tỏ hiệu quả của việc lắp thêm dây UGW so với lắp thêm 1 CSV.

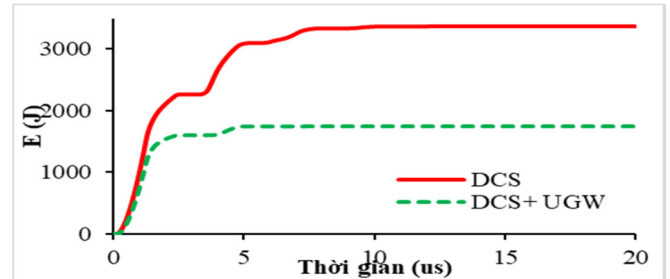


Hình 9. SSC của đường dây khi sử dụng 2CSV và khi sử dụng 1CSV+UGW

#### 4.4. Năng lượng hấp thụ CSV khi có dây UGW

Mô phỏng với dòng điện sét 90kA (1,2/50μs), điện trở tiếp địa cột 10Ω, đây là ngưỡng dòng điện sét mà CSV lắp ở pha A làm việc trong khi các pha không lắp CSV không xảy ra phóng điện. Ngưỡng dòng điện này theo phân bố xác suất tích lũy cường độ dòng sét [8] xác suất xuất hiện trị số dòng

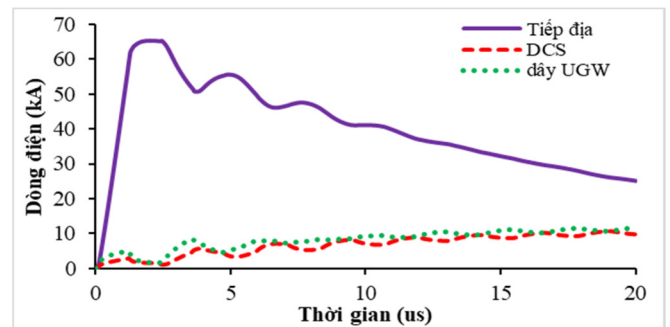
điện sét lớn hơn 90kA là 6%. Kết quả mô phỏng xác định năng lượng hấp thụ của CSV trong trường hợp chỉ có DCS + CSV và trường hợp DCS + CSV kết hợp lắp dây UGW được trình bày trên hình 10. Kết quả mô phỏng cho thấy năng lượng hấp thụ của CSV trong trường hợp có sử dụng dây UGW giảm xuống đáng kể, nên kích thước và khối lượng sẽ nhỏ gọn, nhẹ hơn so với trường hợp chỉ sử dụng DCS.



Hình 10. Năng lượng hấp thụ của CSV

#### 4.5. Khả năng tản dòng điện sét qua dây UGW

Mô phỏng với trường hợp sét đánh vào đỉnh cột với trị số dòng điện sét 85kA, với điện trở tiếp địa cột là 10Ω. Dòng điện sét qua một phía của dây UGW và qua điện trở tiếp địa cột được trình bày trên hình 11. Kết quả mô phỏng cho thấy dòng điện sét khi đánh vào đỉnh cột ngoài tản theo DCS theo các phía và đi qua điện trở tiếp địa xuống đất cột còn tản qua 2 phía của dây UGW, dòng điện sét tản qua dây UGW chiếm 20% trị số dòng điện sét đánh đỉnh cột.



Hình 11. Dòng điện sét tản qua  $R_{td}$ , qua DCS và qua dây UGW

### 5. KẾT LUẬN

Các công trình nghiên cứu về CSV hiện nay đều dựa vào so sánh điện áp trên CSV với điện áp làm việc của CSV để quyết định cách điện có được bảo vệ hay không. Các hiện tượng xảy ra sau khi CSV làm việc, dòng điện chạy trên dây dẫn cảm ứng sang các pha khác và cảm ứng trên DCS đều được bỏ qua. Bài báo này đã dựa trên cách tiếp cận bằng dòng điện cho phép lý giải một cách rõ ràng về ảnh hưởng của hệ số ngẫu hợp tới điện áp trên cách điện. Các kết quả mô phỏng cho thấy giải pháp sử dụng CSV kết hợp với dây UGW là một giải pháp hiệu quả vừa giảm được SSC của đường dây truyền tải và vừa giảm số lượng CSV lắp đặt.

Điện áp trên cách điện của một pha bất kỳ khi xảy ra sét đánh không chỉ phụ thuộc vào cường độ dòng sét, các tham số tổng trở sóng của dây dẫn, DCS, cột và hệ thống tiếp địa mà còn phụ thuộc vào điện áp cảm ứng thông qua tổng trở sóng tương hỗ giữa DCS với dây pha đó.

Mặc dù, dây UGW không có tác dụng che chắn cho các dây pha như DCS lắp đặt phía trên mà chỉ có tác dụng làm tăng hệ số ngẫu hợp cho các dây pha. Lắp đặt dây UGW sẽ làm cho hệ số ngẫu hợp có thể tăng lên tới 60% sẽ làm cho điện áp đặt lên cách điện giảm xuống đáng kể.

Sử dụng dây UGW cũng làm cho năng lượng hấp thụ của CSV giảm xuống, kích thước và khối lượng của CSV lựa chọn sẽ nhỏ gọn và nhẹ hơn so với trường hợp không có dây UGW. Ngoài việc tăng hệ số ngẫu hợp giữa các dây pha với DCS, dây UGW treo phía dưới còn tản một phần dòng điện sét sang cột bên cạnh, giảm điện áp đặt lên cách điện của cột bị sét đánh.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Sadovic S., R. Joulie, S. Tartier, E. Brocard, 1997. *Use of line surge arresters for the improvement of the lightning performance of 63kV and 90kV shielded and unshielded transmission lines*. IEEE Transactions on Power Delivery. vol. 12, no. 3, pp. 1232-1240.
- [2]. CIGRE WG C4. 301, 2010. *Use of Surge Arresters for Lightning Protection of Transmission Lines*. CIGRE Technical Brochure.
- [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 220kV Line*. IEEE Transactions on power delivery. vol. 27, no. 4, pp. 1991-1997.
- [4]. Ninh Van Nam, Nguyen Xuan Phuc, 2017. *Application of surge arrester reduce outage rate by lightning on transmission line*. Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry, No. 38, pp.160-165.
- [5]. Pham Hong Thinh, et al., 2016. *Nghien cuu cac giai phap giam su co do set tren duong day truyền tại 220kV Thanh Thuy - Ha Giang - Thuy din Tuyen Quang - Yen Bai - Thai Nguyen*. National Power Transmission Corporation (EVNNPT).
- [6]. Institute of Energy, 2016. *Lap dat chong set van cho cac du an duong day, tram bien ap nam trong khu vuc co nhieu set*. Ministry of Industry and Trade, Vietnam.
- [7]. Pham Hong Thinh, et al., 2018. *Nghien cuu bo sung chong set cho duong day 110kV*. Science and Technology Project of Vietnam Electricity Corporation.
- [8]. Andrew R.Hileman, 1999. *Insulation coordination for power systems*. CRC Press.
- [9]. Ninh Van Nam, 2017. *Improving the lightning performance of 220kV transmission lines by using underbuil ground wires*. Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry, No. 43, pp. 38-43.
- [10]. Visacro S., F. H. Silveira, A. De Conti, 2011. *The use of underbuilt wires to improve the lightning performance of transmission lines*. IEEE Transactions on Power Delivery. vol. 27, no. 1, pp. 205-213.
- [11]. Nam V. Ninh, Thinh H. Pham, Top V. T, 2016. *Coupling Effect in Transmission Line Submitted to Lightning Strikes*. The 9th Regional Conference on Electrical and Electronics Engineering (RCEE 2016) November 17-18, 2016, HUST, Hanoi, Vietnam, pp.20-24.
- [12]. Nam V. Ninh, Thinh H. Pham, Top V. T, 2017. *A Method to Improve Lightning Performance of Transmission Lines in High Footing Resistance Areas*. Electrical Insulating Materials (ISEIM), 2017 International Symposium on, IEEE, Vol 2, pp.761 -764.

[13]. Ametani A., T. Kawamura, 2005. *A method of a lightning surge analysis recommended in Japan using EMTP*. IEEE Transactions on Power Delivery. vol. 20, no. 2, pp. 867-875.

[14]. IEEE Working Group 3.4.11, 1992. *Modeling of metal-oxide surge arresters*. IEEE Transactions on Power Delivery. vol. 7, no. 1, pp. 302-309.

#### AUTHORS INFORMATION

**Ninh Van Nam<sup>1</sup>, Nguyen Quang Huy<sup>1</sup>, Nguyen Luong Thanh<sup>1</sup>,  
Phung Thi Thanh Mai<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry

<sup>2</sup>Faculty of Electrical Engineering, Electric Power University