

LỰA CHỌN VỊ TRÍ VÀ SỐ LƯỢNG CHỐNG SÉT VAN ĐỂ CẢI THIẾN KHẢ NĂNG CHỊU SÉT CỦA ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI 220KV

SELECTING LOCATION AND NUMBER OF SURGE ARRESTERS FOR IMPROVEMENT THE LIGHTNING PERFORMANCE OF 220KV TRANSMISSION LINES

Ninh Văn Nam^{1,2,*}, Trần Văn Tớp²

TÓM TẮT

Xác định vị trí và số lượng chống sét van (CSV) lắp đặt trên đường dây truyền tải để đạt được suất cắt tốt nhất luôn là bài toán mang tính thời sự, có ý nghĩa quan trọng trong vấn đề giảm thiểu sự cố do sét trên các đường dây truyền tải. Bài báo này trình bày giải pháp lựa chọn vị trí, số lượng CSV lắp đặt trên đường dây truyền tải. Một số yếu tố như khả năng chịu sét của mỗi vị trí cột, điện trở tiếp địa cột, chiều cao cột, chiều dài khoảng cột, độ cao của cột được xét tới. Kết quả tính toán dựa trên phương pháp mô hình điện hình học và chương trình mô phỏng quá độ điện từ EMTP. Nghiên cứu và các kết quả tính toán mô phỏng được thực hiện với đường dây 220kV nhánh rẽ Sơn Động. Kết quả nghiên cứu này sẽ là cơ sở tham khảo, gợi ý cho việc lựa chọn vị trí, số lượng CSV tốt nhất để lắp đặt cho các đường dây truyền tải điện.

Từ khóa: Chống sét van; đường dây truyền tải; dây chống sét; mô phỏng EMTP.

ABSTRACT

Determining the location and number of surge arrester installed on the transmission line to achieve the best flashover rate is always an important issue, which is important in minimizing the incident due to lightning on transmission lines. This paper mentions a solution choice of location and number of surge arrester installed on the transmission line. Some elements such as the lightning current threshold of each tower position, the footing resistance, the span and the altitude of the tower are considered. Calculation results were based on the electrogeometric model (EGM) and Electromagnetic Transients Program EMTP. Research and simulation results are made with the 220 kV transmission line of Son Dong branch. These results provide the basis for reference, suggestion for the location selection, the best number of surge arrester to install for transmission lines.

Keywords: Surge Arrester; transmission line; shielding wire; EMTP simulation.

¹Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Bộ môn HTĐ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: namnv@haui.edu.vn

Ngày nhận bài: 03/01/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 02/4/2018

Ngày chấp nhận đăng: 21/8/2018

Phản biện khoa học: PGS. TS. Trịnh Trọng Chương

1. GIỚI THIỆU

Chống sét cho lưới điện truyền tải hiện nay đang là vấn đề được quan tâm nhiều, đặc biệt là những đường dây trong

khu vực có mật độ sét cao và điện trở suất của đất lớn. Lắp đặt CSV trên đường dây là một trong những giải pháp hiệu quả giảm cắt điện do sét gây ra [1]. Lắp đặt CSV tại tất cả các vị trí cột và trên tất cả các pha thì sự cố do sét hầu như được loại trừ [2]. Nhưng như vậy vốn đầu tư rất lớn, nên với số lượng CSV hạn chế thì việc lựa chọn vị trí, số lượng CSV lắp đặt sao cho hiệu quả để đạt được suất cắt tốt nhất là rất quan trọng. Lựa chọn vị trí, số lượng CSV lắp đặt dựa trên các yếu tố: i) Kinh nghiệm và thống kê trong quá trình quản lý, vận hành (vị trí cột và pha hay bị sét đánh), ii) Đặc điểm địa hình (mật độ sét) và iii) Các đặc điểm của đường dây (các vị trí cột bất lợi với sét như: cột có điện trở nối đất (R_{td}) cao, chiều cao cột (h), chiều dài khoảng cột (L), cao độ cột (H) và chênh lệch đỉnh cột so với các cột kế cận (ΔH) lớn). Ở đường dây 500kV, theo tính toán [3] và thực tế cũng chứng tỏ CSV thường lắp cho những vị trí cột có R_{td} cao. Tuy nhiên, tính toán này chỉ xét cho đường dây 500kV 2 mạch và vị trí lựa chọn lắp CSV chỉ dựa vào ngưỡng dòng điện gây phóng điện ngược nhỏ nhất tại một số vị trí cột. Suất cắt do sét đánh đỉnh cột hoặc khoảng vượt và suất cắt do sét đánh trực tiếp dây dẫn chưa được tính toán cụ thể và các yếu tố về cao độ cột, khoảng vượt cực đại cũng chưa đề cập.

Nội dung bài báo này sẽ trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn số lượng và vị trí lắp đặt CSV theo tiêu chí về suất cắt do sét của đường dây truyền tải. Các yếu tố ảnh hưởng được xem xét, từ đó có những gợi ý cho việc lựa chọn vị trí, số lượng CSV lắp đặt phù hợp để đạt được suất cắt tốt nhất. Kết quả tính toán dựa trên phương pháp mô hình điện hình học và phần mềm mô phỏng EMTP.

2. CƠ SỞ LÝ LUẬN VÀ GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

Để đảm bảo tính kinh tế đồng thời đáp ứng độ tin cậy trong vận hành, trong phạm vi và khuôn khổ nghiên cứu này CSV sẽ được lắp đặt trên một mạch, những vị trí nào lắp đặt CSV thì sẽ lắp trên cả 3 pha. Vị trí và số lượng CSV được xác định dựa theo tiêu chí giảm suất cắt đường dây tới giá trị yêu cầu. Vì vậy, trước hết cần tính toán khả năng chịu sét của đường dây và suất cắt đường dây tương ứng với tình trạng vận hành. Lựa chọn vị trí cột cần lắp đặt CSV dựa trên các tiêu chí xác định các vị trí cột có nhiều khả năng gặp sự cố do sét đánh như: các cột đã từng bị sự cố trong quá khứ, các cột có mức chịu sét thấp, các cột có khả năng bị sét

đánh trong tương lai (tiêu chí cao độ cột, chiều dài khoảng cột, chênh lệch độ cao đỉnh cột).

Giải pháp lựa chọn vị trí lắp đặt CSV được thực hiện theo các bước:

Bước 1: Xác định ngưỡng dòng điện sét (I_{ngs}) của các cột trên toàn tuyến khi sét đánh vào đỉnh cột hoặc dây chống sét, giá trị I_{ngs} này được xác định từ mô phỏng EMTP [4].

Bước 2: Phân tích đặc điểm các cột từng xảy ra sự cố:

(1) Cột có ngưỡng chịu sét thấp:

Cột từng bị sự cố	Cột sự cố 1		Cột sự cố n
Ngưỡng chịu sét	I_{ngsc1}		I_{ngscn}

(2) Cột có cao độ cột lớn

Cột từng bị sự cố	Cột sự cố 1		Cột sự cố n
Cao độ cột lớn	H_{sc1}		H_{scn}

(3) Cột có chiều dài khoảng cột lớn

Cột từng bị sự cố	Cột sự cố 1		Cột sự cố n
Khoảng vượt lớn	L_{sc1}		L_{scn}

(4) Cột có chênh lệch đỉnh cột so với các cột kế cận lớn

Cột từng bị sự cố	Cột sự cố 1		Cột sự cố n
Chênh lệch đỉnh cột lớn	ΔH_{sc1}		ΔH_{scn}

Phân tích cột từng bị sự cố theo 4 đặc điểm trên để quyết định mức độ dễ gặp sự cố theo bảng 1.

Bảng 1. Mức độ sự cố

Tiêu chí	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
Ngưỡng chịu sét thấp	I_{ngs1} chiếm 85% số cột trên tuyến trở lên	I_{ngs2} chiếm 75% đến 85% số cột trên tuyến trở lên	I_{ngs3} chiếm 65% đến 75% số cột trên tuyến trở lên	I_{ngs4} chiếm 50% đến 65% số cột trên tuyến trở lên
Cao độ cột lớn	H_1 chiếm 85% số cột trên tuyến trở lên	H_2 chiếm 75% đến 85% số cột trên tuyến trở lên	H_3 chiếm 65% đến 75% số cột trên tuyến trở lên	H_4 chiếm 50% đến 65% số cột trên tuyến trở lên
Chiều dài khoảng cột	L_1 chiếm 85% số cột trên tuyến trở lên	L_2 chiếm 75% đến 85% số cột trên tuyến trở lên	L_3 chiếm 65% đến 75% số cột trên tuyến trở lên	L_4 chiếm 50% đến 65% số cột trên tuyến trở lên
Chênh lệch đỉnh cột	ΔH_1 chiếm 85% số cột trên tuyến trở lên	ΔH_2 chiếm 75% đến 85% số cột trên tuyến trở lên	ΔH_3 chiếm 65% đến 75% số cột trên tuyến trở lên	ΔH_4 chiếm 50% đến 65% số cột trên tuyến trở lên

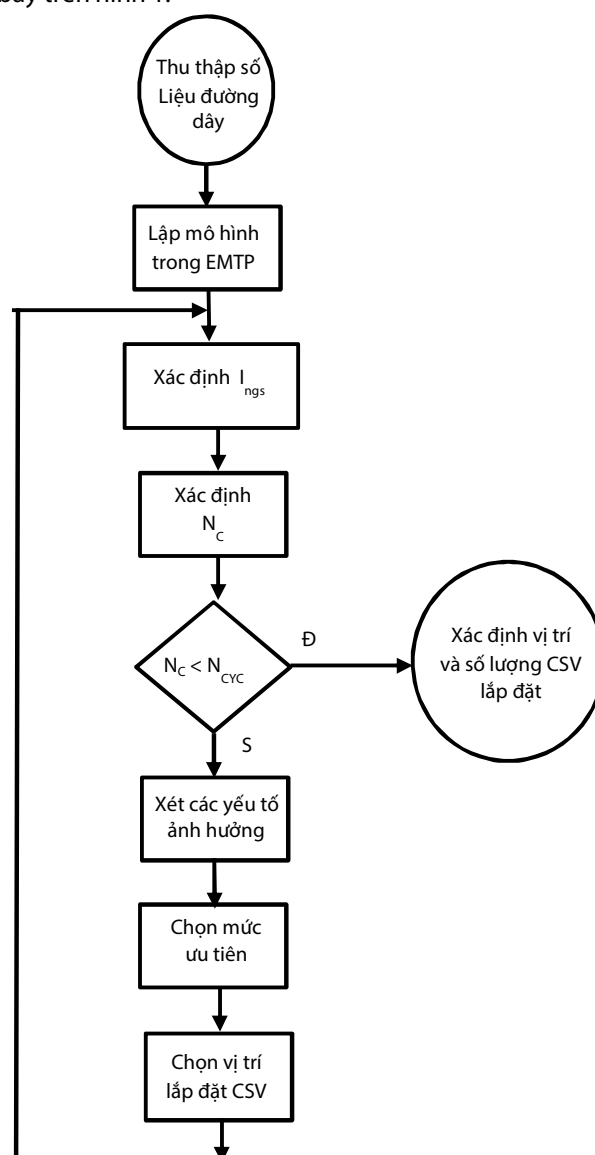
Bước 3: Dựa vào kết quả phân tích từ 2 bước trên để quyết định mức ưu tiên cho cột đó, về cơ bản có các mức ưu tiên như bảng 2.

Bảng 2. Mức ưu tiên

Tiêu chí	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
Ngưỡng chịu sét thấp	$I_{ngs} < I_{ngs1}$	$I_{ngs1} < I_{ngs} < I_{ngs2}$	$I_{ngs2} < I_{ngs} < I_{ngs3}$	$I_{ngs3} < I_{ngs} < I_{ngs4}$
Cao độ cột lớn	$H_{sc} > H_{sc1}$	$H_{sc1} > H_{sc} > H_{sc2}$	$H_{sc2} > H_{sc} > H_{sc3}$	$H_{sc3} > H_{sc} > H_{sc4}$
Chiều dài khoảng cột	$L_{sc} > L_{sc1}$	$L_{sc1} > L_{sc} > L_{sc2}$	$L_{sc2} > L_{sc} > L_{sc3}$	$L_{sc3} > L_{sc} > L_{sc4}$
Chênh lệch đỉnh cột	$\Delta H_{sc} > \Delta H_{sc1}$	$\Delta H_{sc1} > \Delta H_{sc} > \Delta H_{sc2}$	$\Delta H_{sc2} > \Delta H_{sc} > \Delta H_{sc3}$	$\Delta H_{sc3} > \Delta H_{sc} > \Delta H_{sc4}$

Bước 4: Tính toán suất cắt (N_c) của đường dây trước khi lắp đặt CSV và sau khi lắp đặt CSV theo các mức ưu tiên. Suất cắt của đường dây được tính toán theo phương pháp CIGRE [5].

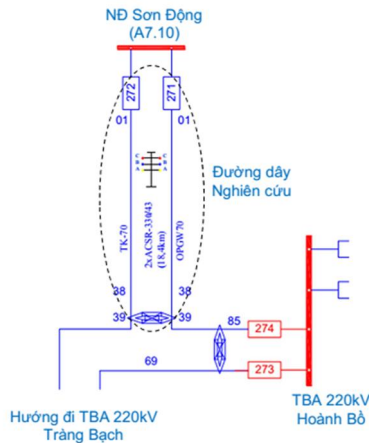
Các bước chính của giải pháp đề xuất lựa chọn vị trí, số lượng CSV lắp đặt để đạt suất cắt yêu cầu (N_{cyc}) được trình bày trên hình 1.



Hình 1. Các bước chọn vị trí, số lượng CSV lắp đặt

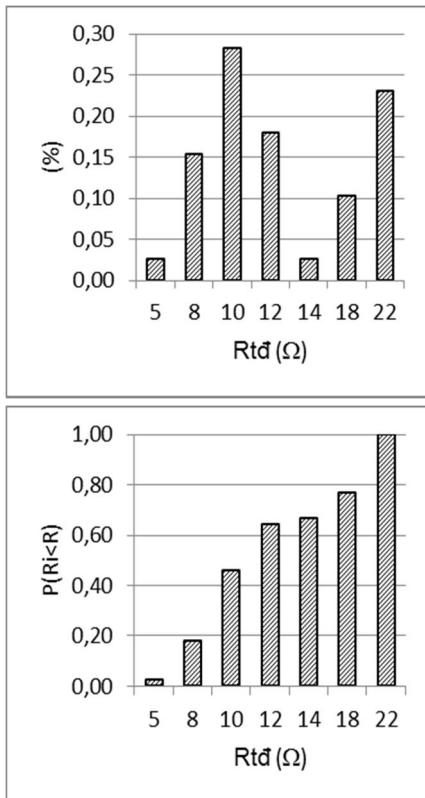
3. ĐƯỜNG DÂY 220KV NHÁNH RỄ SƠN ĐỘNG

Tuyến đường dây 220kV nhánh rẽ Sơn Động được xét trong bài báo dài 18,4km nối từ trạm biến áp 220kV Hoàn Bồ tới Nhiệt điện Sơn Động (hình 2) sử dụng đường dây 2 mạch, dây dẫn loại 2ACSR 330/43 và DCS gồm một dây loại TK 70 và một dây cáp quang OPGW70. Tuyến đường dây sử dụng 7 loại cột khác nhau với chiều cao từ 33m cho tới 44,5m bao gồm 3 loại cột đỡ và 4 loại cột néo, đường dây gồm có 39 vị trí cột [6], R_{td} phân bố trải dài từ 3Ω tới 22Ω (hình 3) [7].



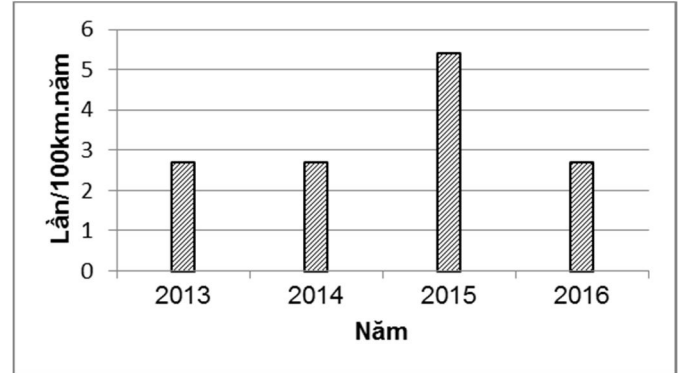
Hình 2. Sơ đồ 1 sợi đường dây 220kV nhánh rẽ Sơn Động

R_{td} tập trung lớn nhất ở 2 dải giá trị là từ 8 đến 10Ω và từ 18 đến 22Ω. Đường dây nằm trong vùng có mật độ sét $N_g = 10,9$ số lần/km²/năm [8].



Hình 3. Phân bố mật độ xác suất (a) và phân bố tích lũy (b) giá trị điện trở tiếp địa trên tuyến

Theo thống kê từ công ty Truyền tải điện 1 từ năm 2013 tới năm 2016 đã thống kê được số lần sự cố do sét [7]. Từ đó tính được suất cắt do sét của tuyến đường dây này được thể hiện trên hình 4. Trong khi đó chỉ tiêu về suất cắt đối với đường dây 220kV mà công ty truyền tải điện quốc gia (NPT) đưa ra sự cố vĩnh cửu là 0,895 và sự cố thoáng qua là 0,263 lần/100km/năm [9]. Như vậy suất cắt đường dây này lớn hơn từ 2,8 đến 5,5 lần so với chỉ tiêu mà NPT đề ra.



Hình 4. Suất cắt do sét theo thống kê của tuyến đường dây

4. CÁC PHẦN TỬ TRONG MÔ PHỎNG EMTP

Các phần tử trong mô phỏng EMTP như nguồn sét, cột, dây dẫn, dây chống sét, chuỗi sứ, tiếp địa, CSV đã được trình bày trong [4,10], trong nghiên cứu này sử dụng loại CSV có khe hở ngoài các thông số được nêu trong bảng 3.

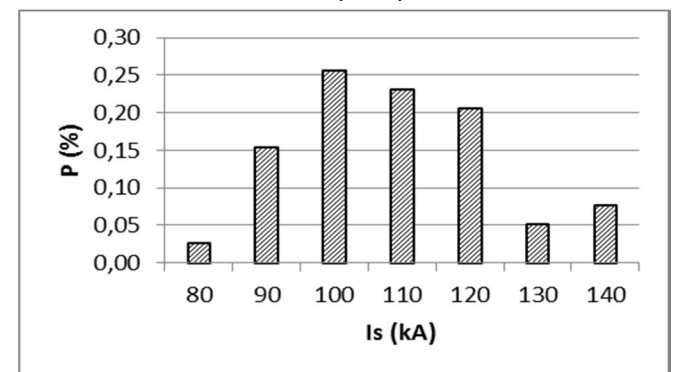
Bảng 3. Tham số của CSV

Điện áp danh định	192kV
Dòng phóng điện danh định I_n	$\geq 10kA$
Dòng phóng điện lớn nhất I_{max}	$\geq 25kA$
Điện áp dư lớn nhất với sóng sét:	
+ 10kA	525 kVp
+ 20kA	538 kVp
Khe hở phóng điện ngoài	1000 mm
Chịu được điện áp xung (1,2/50μs)	$\geq 1140kV$

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

5.1. Xác định ngưỡng dòng điện sét gây phóng điện

5.1.1. Khi sét đánh đỉnh cột hoặc DCS

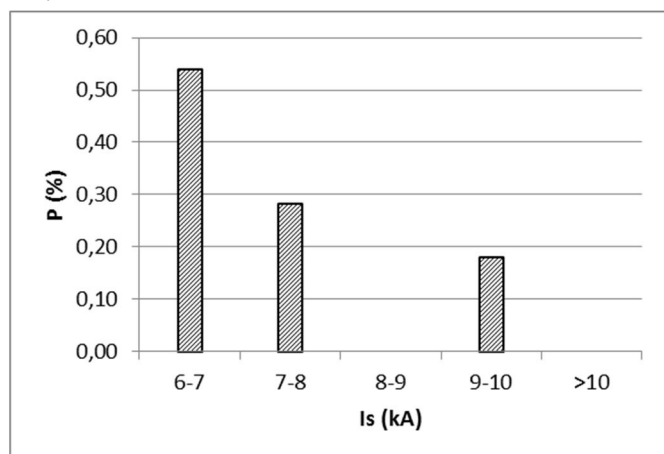


Hình 5. Phân bố dòng điện sét gây phóng điện khi sét đánh đỉnh cột hoặc DCS

Kết quả mô phỏng cho thấy ngưỡng dòng điện sét gây phóng điện trong trường hợp sét đánh vào đỉnh cột hoặc DCS, với dạng sóng sét (1,2/50 μ s) tại các vị trí cột có trị số từ 83kA đến 141kA. Phân bố cường độ dòng sét gây phóng điện hình 5 cho thấy các cú sét đánh vào đỉnh cột hoặc DCS có xác suất gây ra phóng điện cao nhất nằm trong dải từ 90kA tới 120kA. Đó là do khi trị số điện trở R_{td} tăng, phần điện áp đặt lên hệ thống nối đất ($I.R_{td}$) tăng tương ứng làm cho điện áp đặt lên chuỗi cách điện tăng lên. Vì vậy, trị số cường độ dòng sét gây phóng điện giảm đi.

5.1.2. Khi sét đánh vào dây dẫn

Khi sét đánh vào dây dẫn, ngưỡng phóng điện không phụ thuộc vào kiểu cột, điện trở nối đất, mà chỉ phụ thuộc vào tổng trở sóng của dây dẫn (tức là chỉ phụ thuộc độ cao và bán kính của dây dẫn). Phân bố dòng điện sét lớn nhất có thể đánh vào dây dẫn thể hiện trên hình 6. Kết quả tính toán và mô phỏng cho thấy dải dòng điện sét lớn nhất có thể đánh vào dây dẫn có giá trị từ 6,6kA đến 9,8kA. Ngưỡng dòng điện sét gây ra phóng điện khi sét đánh vào dây dẫn là 8,5kA.



Hình 6. Phân bố dòng điện sét lớn nhất có thể đánh vào dây dẫn

5.2. Xác định mức ưu tiên chọn lựa vị trí cột

Từ kết quả mô phỏng ngưỡng dòng điện sét gây phóng điện và phân tích các yếu tố của cột từng sự cố như: ngưỡng chịu sét, cao độ cột, chiều dài khoảng cột, chênh lệch đỉnh cột. Và từ số liệu thống kê vận hành, thông tin về đường dây xác định được các mức ưu tiên như bảng 4.

Bảng 4. Mức ưu tiên

Tiêu chí	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
Ngưỡng chịu sét thấp (kA)	$I_s \leq 85$	$85 < I_{ngs} \leq 90$	-	-
Cao độ cột lớn (m)	$H_{sc} \geq 543,1$	$392 \leq H_{sc} < 543,1$	$308.8 \leq H_{sc} < 392$	$296 \leq H_{sc} < 308,8$
Chiều dài khoảng cột (m)	$L_{sc} > 992,1$	$893 \leq L_{sc} < 992,1$	$825 \leq L_{sc} < 893$	$800 \leq L_{sc} < 825$
Chênh lệch đỉnh cột (m)	-	-	$H_{sc} \geq 167,1$	$82 \leq \Delta H_{sc} < 167,1$

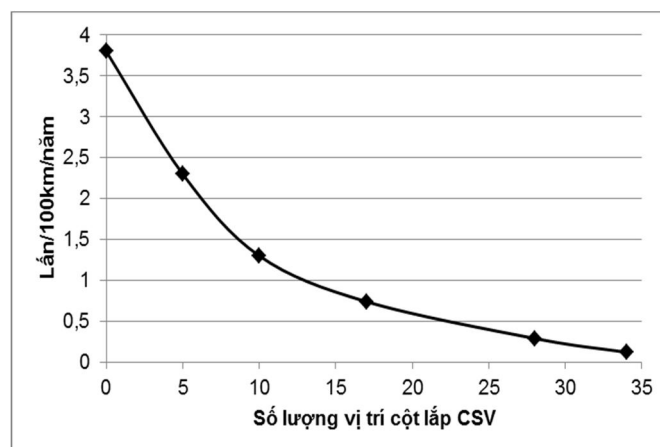
Phân tích mức ưu tiên từ 1 đến 4 đối với từng vị trí cột trên tuyến đường dây nhánh rẽ Sơn Động xác định được vị trí, số lượng cột lắp đặt CSV theo các mức ưu tiên như bảng 5.

Bảng 5. Số lượng, vị trí cột theo nhóm ưu tiên

STT	Nhóm ưu tiên	Số lượng cột	Các vị trí cột
1	Nhóm ưu tiên 1	10	7, 13, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 35, 36
2	Nhóm ưu tiên 2	7	3, 6, 12, 19, 23, 24, 25
3	Nhóm ưu tiên 3	11	4, 8, 14, 16, 17, 20, 21, 31, 32, 33, 34
4	Nhóm ưu tiên 4	7	9, 11, 22, 35, 36, 38, 39

5.3. Xác định suất cắt

Đường dây nhánh rẽ Sơn Động đi qua khu vực có mật độ sét 10,9 lần/100km²/năm, chiều cao cột từ 33m đến 44,5m. Kết quả tính toán mô phỏng nếu không lắp CSV suất cắt đường dây là 3,8 lần/100km/năm, trong khi đó suất cắt thực tế trung bình hàng năm của đường dây theo thống kê là 3,4 lần/100km/năm, như vậy giữa mô phỏng với thống kê cho kết quả tương đồng nhau. Kết quả tính toán suất cắt theo số lượng vị trí cột lắp đặt CSV thể hiện trình hình 7.

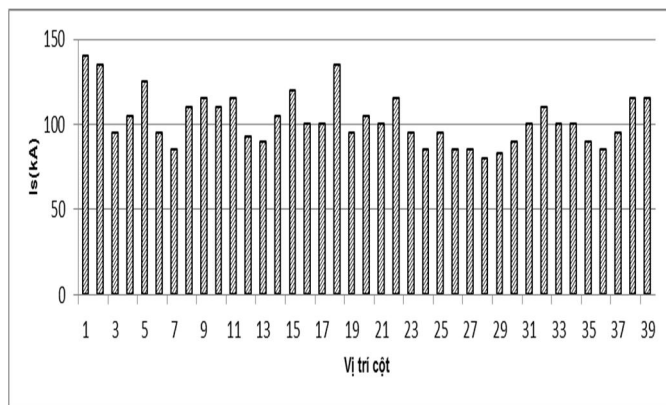


Hình 7. Suất cắt đường dây theo số lượng vị trí CSV lắp đặt

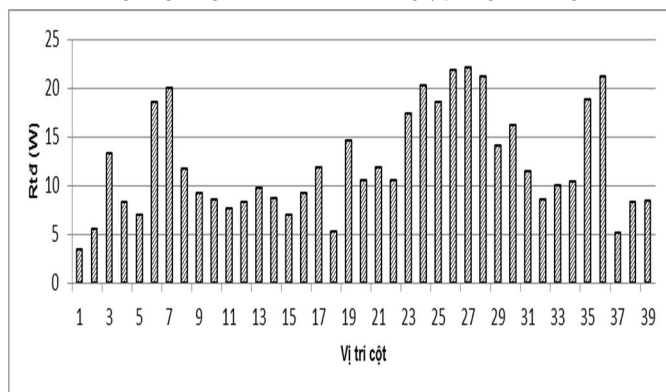
Từ kết quả hình 7 cho thấy, khi lắp CSV ở 10 vị trí cột (tương ứng với 25% tổng số cột trên toàn tuyến) mức suy giảm suất cắt đường dây so với khi không lắp CSV là 1,6 lần, còn khi lắp ở 34 vị trí cột (tương ứng với 87% tổng số cột trên toàn tuyến) mức suy giảm suất cắt đường dây so với khi không lắp CSV là 15 lần. Kết quả suy giảm suất cắt này là do khi sét đánh đỉnh cột hoặc DCS ngưỡng dòng điện sét gây phóng điện đã được nâng lên, nên xác suất gây ra phóng điện giảm.

5.4. Dòng điện sét gây phóng điện, điện trở tiếp địa và chiều cao tại từng vị trí cột

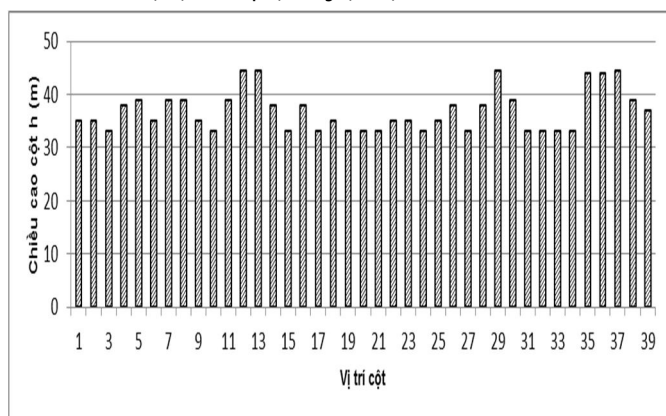
Mô phỏng cho thấy ngưỡng dòng điện sét đánh đỉnh cột gây phóng điện tại từng vị trí cột thể hiện trên hình 8. Từ thống kê điện trở tiếp địa cột và chiều cao từng cột thể hiện trên hình 9 và 10. Kết quả cho thấy những cột có điện trở tiếp địa $R_{td} > 15\Omega$ ngưỡng dòng điện sét gây phóng điện $I_{ng} < 100kA$.



Hình 8. Ngưỡng dòng điện sét đánh đỉnh cột gây phóng điện từng vị trí cột



Hình 9. Giá trị điện trở tiếp địa từng vị trí cột



Hình 10. Chiều cao cột từng vị trí

6. KẾT LUẬN

Mô phỏng được thực hiện cho đường dây 220kV nhánh rẽ Sơn Động, xét tới các yếu tố như ngưỡng chịu sét thấp, cao độ cột lớn, chiều dài khoảng cột, chênh lệch đỉnh cột, để chọn lựa vị trí và số lượng CSV lắp đặt. Mô hình điện hình học được sử dụng để xác định số lần sét đánh vào đỉnh cột (hoặc vào dây chống sét) và dây pha. Suất cắt đường dây được tính toán theo CIGRE. Ngưỡng dòng điện sét gây phóng điện của đường dây này có giá trị từ 83kA đến 141kA khi sét đánh đỉnh cột hoặc DCS và 8,5kA khi sét đánh vào dây pha.

Để đạt suất cắt là 0,58 lần/100km/năm phải lắp đặt CSV cho 28 vị trí cột có mức ưu tiên từ 1-3, tương ứng với 84

CSV và để đạt suất cắt 0,24 lần/100km/năm phải lắp đặt CSV cho 34 vị trí cột có mức ưu tiên từ 1-4, tương ứng với 102 CSV. Cho nên, để đảm bảo chỉ tiêu kinh tế thì giải pháp lắp đặt CSV nên kết hợp giải pháp giảm trị số R_{td} .

Trên quan điểm kỹ thuật, vị trí và số lượng CSV lắp đặt xét tới từng yếu tố của đường dây, cũng như trong quá trình vận hành gợi ý một giải pháp để suất cắt đường dây do sét gây ra đạt giá trị tốt nhất. Với từng vị trí cột, có nhất thiết phải lắp trên cả 3 pha hay không, việc chọn lựa pha nào để ưu tiên lắp đặt, phân bố góc của sét khi đánh xuống đỉnh cột hoặc khoảng vượt và đánh vào dây dẫn, dây cũng là những nội dung mà chúng tôi sẽ nghiên cứu trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. IEEE Std 1243-1997. *IEEE guide for improving the lightning performance of transmission lines*.
- [2]. T. H. Pham, S. A. Boggs, H. Suzuki, and T. Imai, 2012. *Effect of externally gapped line arrester placement on insulation coordination of a twin-circuit 220 kV line*. IEEE Trans. Power Delivery, vol. 27, no. 4, pp. 1991–1997.
- [3]. Đinh Thành Việt, Nguyễn Tấn Tiến, 2014. *Nghiên cứu xác định vị trí tối ưu lắp chống sét van trên đường dây 500kV nhằm hạn chế hiện tượng phóng điện ngược*. Tạp chí khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng số 3 (76).
- [4]. A. Ametani and T. Kawamura, 2005. *A Method of a Lightning Surge Analysis Recommended in Japan Using EMTP*. IEEE Trans. Power Delivery, vol. 20, no. 2, pp. 867–875.
- [5]. CIGRE WG 33-01, 1991. *Guide to Procedures for Estimating the Lightning Performance of Transmission Lines*, CIGRE Brochure 63.
- [6]. Tập đoàn điện lực Việt Nam, Công ty tư vấn xây dựng 1, 2007. *Đường dây 220kV đấu nối NB Sơn động vào HTĐ*.
- [7]. Công ty truyền tải điện 1, 2016. *Báo cáo vận hành đường dây 220kV nhánh rẽ Sơn động*.
- [8]. QCVN 02:2008/BXD, 2008. *Quy chuẩn xây dựng Việt Nam số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng (phần I)*.
- [9]. Công ty truyền tải điện 1, 2012. *Tổng kê sự cố tuyến đường dây mua điện Trung Quốc từ năm 2006 đến 2012*.
- [10]. Nam V Ninh, Thịnh Phạm, Top V. Tran, 2017. *A Method to Improve Lightning Performance of Transmission Lines in High Footing Resistance Areas*, 2017 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM). IEEE, vol. 2, no. 5. pp. 761–764.