GIẢI PHÁP CHỐNG SÉT MỚI CHO ĐƯỜNG DÂY PHÂN PHỐI

A NEW LIGHTNING PROTECTION SOLUTION FOR DISTRIBUTION LINES

Hồ Chí Thoại[1,*], Ninh Văn Nam[1], Bùi Lập Hiến[1]

DOI: https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.132

TÓM TẮT

Hầu hết các đường dây phân phối điện trên không là ngoài trời, các sự cố thường là do điều kiện thời tiết gây ra, trong các sự cố tỷ lệ sự cố do sét gây ra khoảng 60 - 65%. Do đó, nhiệm vụ của thiết kế vận hành các đường dây phân phối là phải tìm giải pháp để làm giảm sự cố do sét gây ra. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu một giải pháp mới bảo vệ chống sét cho đường dây phân phối trên không cấp điện áp 110kV bằng cách sử dụng dây chống sét phía dưới các dây pha. Điều này không chỉ làm giảm được sự cố do sét gây ra mà còn giảm được một phần dòng điện sét chạy qua hệ thống nối đất. Các kết quả được thực hiện bởi chương trình mô phỏng quá độ điện EMTP/ATP và các tính toán dựa trên hướng dẫn của IEEE std. 1410-2010. Hệ số ngẫu hợp và suất cắt do sét của đường dây do sét gây ra được đánh giá. Ảnh hưởng của số lượng và vị trí lắp đặt dây chống sét treo phía dưới cũng được phân tích.

Từ khóa: *Đường dây phân phối, dây chống sét phía dưới, chống sét van, EMTP/ATP.*

ABSTRACT

Most of the overhead power distribution lines are exposed to the outdoor weather, failures are usually caused by weather conditions, in incidents the failure rate caused by lightning is about 60 - 65%. Therefore, the task of the design and operation of distribution lines is to find solutions to reduce the failure caused by lightning. This paper presents the results of research on a new method for lightning protection for 110kV overhead distribution lines by using the additional underbuilt shield wires. This would not only reduces the fault caused by lightning, but also partially reduces the lightning current flowing through the grounding system of tower. The results are performed by the EMTP/ATP electromagnetic transient program and the calculations are based on IEEE std. 1410-2010. The voltage coupling coefficient and lightning shear rate of the line caused by lightning are evaluated. The influence of the number and placement location of installation of the shielding wire below the phase wires below have been analyzed.

Keywords**:** *Distribution lines, underbuilt shield wire, line serge arrester, EMTP/ATP.*

[1]Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
[*]Email: hochithoaidhcn@gmail.com
Ngày nhận bài: 20/3/2023
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 28/4/2023
Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2023

1. GIỚI THIỆU

Nguyên nhân chính gây ra sự cố đường dây phân phối điện trên không là do điều kiện tự nhiên, trong đó hầu hết các vụ sự cố xảy ra đều do sét đánh. Thiệt hại do sét đánh chủ yếu là gây đến mất điện phụ tải và làm hư hỏng các thiết bị. Trên các đường dây phân phối sự cố do sét gây ra chiếm tỷ lệ cao thường 60% đến 65%, đặc biệt có một số đường dây sự cố 100% do sét gây ra [1]. Việc giảm sự cố do sét là nhiệm vụ quan trọng của các đơn vị thiết kế cũng như vận hành đường dây phân phối. Vì không thể ngăn chặn sét đánh vào đường dây, nên các đơn vị cũng đang thực hiện nhiều biện pháp để giảm thiểu sự cố do sét gây ra nhưng vẫn đang gặp khó khăn. Đường dây phân phối sẽ bị cắt điện khi xảy ra phóng điện trên bề mặt chuỗi cách điện. Có hai loại phóng điện bề mặt, phóng điện bề mặt trực tiếp và phóng điện bề mặt gián tiếp hoặc điện áp cảm ứng. Sét đánh trực tiếp xảy ra khi sét đánh vào dây chống sét (DCS) hoặc đỉnh cột hoặc dây dẫn pha, điều này có thể dẫn đến phóng điện ngược. Phóng điện gián tiếp xảy ra khi sét đánh xuống đất hoặc các vật thể gần đó dẫn đến phóng điện áp cảm ứng.

Khi đường dây phân phối bị sét đánh, điện áp trên chuỗi cách điện vượt quá điện áp chuỗi cách điện chịu đựng ($U_{50\%}$) sẽ gây phóng điện trên bề mặt chuỗi cách điện, đường dây bị cắt điện [2]. Do vậy, các giải pháp để cải thiện khả năng chịu sét của đường dây phân phối đang được sử dụng đều có mục đích là làm giảm trị số điện áp trên chuỗi cách điện. Hầu hết các đơn vị quản lý vận hành đường dây phân phối sử dụng giải pháp giảm điện trở của tiếp địa cột hơn so với các giải pháp khác do hiệu quả nhất (cả về kỹ thuật và kinh tế). Tuy nhiên, khi việc giảm tiếp địa cột bị hạn chế, các giải pháp khác có thể được chọn. Lắp đặt CSV trên các đường dây phân phối là giải pháp chống sét hiệu quả [3] nhưng chi phí kinh tế rất lớn và lắp quá nhiều CSV dẫn đến suất sự cố do CSV bị hỏng gây ra đôi khi lại cân bằng với suất sự cố do lắp CSV.

Đối với đường dây phân phối giải pháp lắp DCS phía trên các dây pha như vậy sẽ làm tăng độ cao cột và tăng diện tích vùng sét đánh vào đường dây, sẽ làm tăng số lần sét đánh vào đường dây trong một năm. Vì vậy, để vừa giảm được những nhược điểm của các giải pháp nêu trên vừa đáp ứng một phần về giảm điện áp trên chuỗi cách điện và dựa theo hướng dẫn của IEEE std. 1243-1997 [4] và IEEE std. 1410-2010 [5] về chống sét cho các đường dây phân phối, bài báo này sẽ trình bày giải pháp chống sét mới cho đường dây phân phối, đó là lắp dây chống sét treo phía dưới các dây pha. Lắp dây chống sét bên dưới các dây pha với mục đích làm tăng

điện áp cảm ứng đặt lên dây pha khi bị sét đánh vào đỉnh cột hoặc vào DCS phía trên làm cho điện áp đặt lên chuỗi cách điện giảm xuống. Việc lắp dây chống dưới các dây pha mới chỉ được gợi ý trong [4, 5] mà chưa có các kết quả cụ thể, còn trong [6] đã trình bày hiệu qủa của việc sử dụng dây chống sét cho các đường dây truyền tải cấp điện áp 220kV.

Bài báo này trình bày giải pháp mới bảo vệ chống sét cho đường dây phân phối cáp điện áp 110kV bằng cách sử dụng dây chống sét lắp bên dưới các dây pha. Hệ ngẫu hợp và suất cắt của đường dây trước và sau khi sử dụng giải pháp đước tính toán xác định theo IEEE std. 1243-1997 và IEEE std. 1410-2010. Ảnh hưởng của số lượng và vị trí lắp đặt dây chống sét treo phía dưới cũng được phân tích.

2. TRUYỀN SÓNG TRÊN ĐƯỜNG DÂY PHÂN PHỐI

2.1. Trường hợp tổng quát

Hiện tượng sét đánh vào đường dây giống như đóng vào đường dây một nguồn dòng hay nguồn áp có thời gian tồn tại từ vài chục μs đến vài ms. Chiều dài của bước sóng trong trường hợp này chỉ còn vài mét, thậm chí còn nhỏ hơn với kích thước vật lý của của cột hay khoảng cách giữa hai thanh xà nên điện áp trên một phần tử của đường dây sẽ phụ thuộc vào thời gian lan truyền và vị trí, khác hoàn toàn so với ở chế độ xác lập thì điện áp trên mọi điểm của đường dây là như nhau [6]. Do đó, khi tính toán quá điện áp do sét, các phần tử của đường dây như dây dẫn, DCS, cột phải được mô tả bằng mô hình thông số rải trên mỗi đoạn dài dx được thể hiện như trên hình 1. Phương trình vi phân biểu diễn quá trình truyền sóng điện áp và dòng điện trên một đơn vị chiều dài dx của đường dây phân phối sẽ được lập như sau [7]:

$$\begin{cases} -\dfrac{\partial u(x,t)}{\partial x} = Ri(x,t) + L\dfrac{\partial i(x,t)}{\partial t} \\ -\dfrac{\partial i(x,t)}{\partial x} = Gu(x,t) + C\dfrac{\partial u(x,t)}{\partial t} \end{cases} \quad (1)$$

Hệ phương trình (1) viết dưới dạng toán tử Laplace như sau:

$$\begin{cases} -\dfrac{\partial u(\omega)}{\partial x} = (R+j\omega L)i(x,p) = Z_0(\omega)i(\omega) \\ -\dfrac{\partial i(\omega)}{\partial x} = (G+j\omega C)u(x,p) = Y_0(\omega)u(\omega) \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó: R, L, G, C là điện trở R, điện cảm L, điện dung C và điện dẫn G của đường dây trên một đơn vị chiều dài; Z_0 và Y_0 là tổng trở và dây tổng dẫn của đường dây.

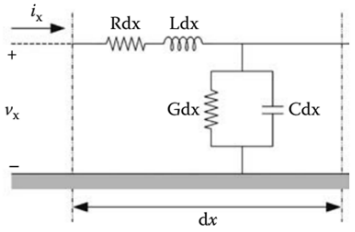
Nghiệm tổng quát của hệ phương trình vi phân (1) xác định được điện áp và dòng điện trên đường dây phụ thuộc vào vị trí x và thời gian t dưới dạng sóng như sau:

$$\begin{cases} u(x,t) = u^+ + u^- = f^+(x-vt) + f^-(x+vt) \\ i(x,t) = i^+ + i^- = \dfrac{1}{Z}\left[f^+(x-vt) + f^-(x+vt)\right] \end{cases} \quad (3)$$

Với: $f^+(x-vt)$ và $f^-(x+vt)$ là các hàm ngẫu nhiên của t, v là vận tốc truyền sóng (m/s), Z là tổng trở sóng của đường dây (Ω) xác định theo biểu thức (4):

$$z = \sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}} \quad (4)$$

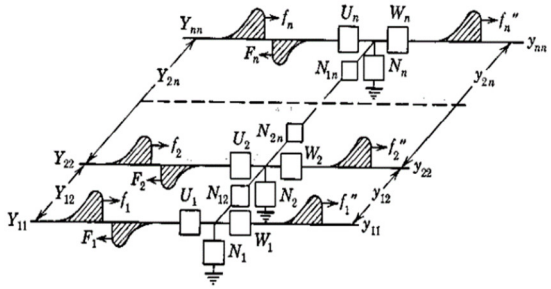
Như vậy, sóng điện áp và dòng điện đường dây tại mỗi vị trí, mỗi thời điểm là tổng của hai thành phần sóng tới u^+, i^+ truyền trên đường dây và thành phần sóng phản xạ u^-, i^- truyền theo chiều ngược lại. Từ biểu thức (1) điện áp do sét trên đường dây phụ thuộc vào các tham số đường dây R, L, G, C qua tổng trở sóng Z. Ngoài ra, vì là quá trình sóng nên điện áp do sét tác động lên các phần tử của đường dây cũng xảy ra hiện tượng phản xạ, khúc xạ khi đi qua các môi trường có tổng trở sóng khác nhau [7].



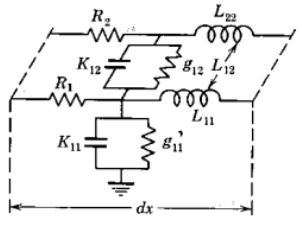
Hình 1. Sơ đồ thay thế của đường dây trong tính toán truyền sóng

2.2. Trường hợp truyền sóng khi có nhiều dây

Biểu thức (1) ở trên chỉ thích hợp để giải thích một cách cơ bản hiện tượng truyền sóng trên đường dây. Trên thực tế nó đã bỏ qua ảnh hưởng của các dây bên cạnh (dây pha, dây chống sét) và ảnh hưởng của mặt đất. Ảnh hưởng của các dây dẫn bên cạnh được mô tả thông qua các giá trị điện cảm tương hỗ, điện dung và điện dẫn giữa các dây dẫn với nhau. Giả thiết đường dây truyền tải gồm có n dây dẫn song song với nhau và với mặt đất, do đó hiệu ứng của dòng điện và điện áp trên bất kỳ dây nào đều được cảm nhận trên bất kỳ dây khác. Tương hỗ giữa các dây thể hiện trên sơ đồ mạch thông số rải trên hình 2 giữa dây i và dây j với các thông số của mạch:



a)



b)

Hình 2. Truyền sóng khi xét hệ nhiều dây
a) hệ nhiều dây, b) xét tương quan giữa các dây

Trong đó: L_{11}: điện cảm của bản thân dây dẫn 1; L_{12}: điện cảm tương hỗ giữa dây dẫn 1 và dây dẫn 2; K_{11}: điện dung của bản thân dây dẫn 1; K_{12}: điện dung tương hỗ giữa dây dẫn 1 và dây dẫn 2; R_1, R_2 điện trở của dây dẫn 1 và dây dẫn 2; g_{11}: điện dẫn của dây dẫn 1; g_{12}: điện dẫn tương hỗ giữa dây dẫn 1 và dây dẫn 2

Hệ phương trình Maxwell điện áp trên mỗi dây dẫn trên một đơn vị dài dx của các đường dây được thiết lập như sau [8]:

$$\begin{cases} u_1=Z_{11}(i_1^+-i_1^-)+Z_{12}(i_2^+-i_2^-)+Z_{13}(i_3^+-i_3^-)+...+Z_{1n}(i_n^+-i_n^-) \\ u_2=Z_{21}(i_1^+-i_1^-)+Z_{22}(i_2^+-i_2^-)+Z_{23}(i_3^+-i_3^-)+...+Z_{2n}(i_n^+-i_n^-) \\ ..... \\ u_n=Z_{n1}(i_1^+-i_1^-)+Z_{n2}(i_2^+-i_2^-)+Z_{n3}(i_3^+-i_3^-)+...+Z_{nn}(i_n^+-i_n^-) \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó:

Z_{ii} là tổng trở sóng của bản thân dây dẫn i (i = 1 ÷ n)

Z_{ij} là tổng trở sóng tương hỗ giữa dây dẫn i với dây j (i =1 ÷ n, j = 1 ÷ n)

I^+_i: thành phần sóng dòng điện thuận trên đường dây i

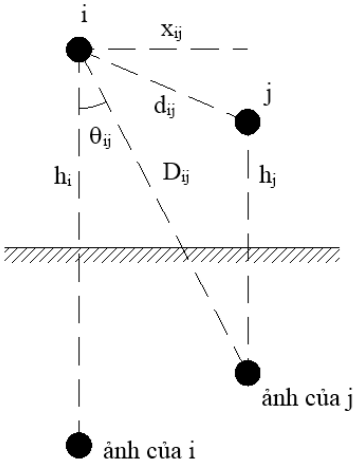
I^-_i: thành phần sóng dòng điện ngược trên đường dây i

Trường hợp đơn giản, theo [7], tổng trở sóng của dây dẫn và tổng trở sóng tương hỗ giữa các dây với nhau định như sau:

$$Z_{ii}=60\ln\frac{2h_i}{r_i} \quad (6)$$

$$Z_{ij}=60\ln\frac{D_{ij}}{d_{ij}} \quad (7)$$

Trong đó: h_i chiều cao của dây dẫn tính từ mặt đất, r_i là bán kính của dây dẫn, D_{ik} là khoảng cách giữa dây i và ảnh của dây j, và d_{ij} là khoảng cách giữa dây i và dây j (hình 3).

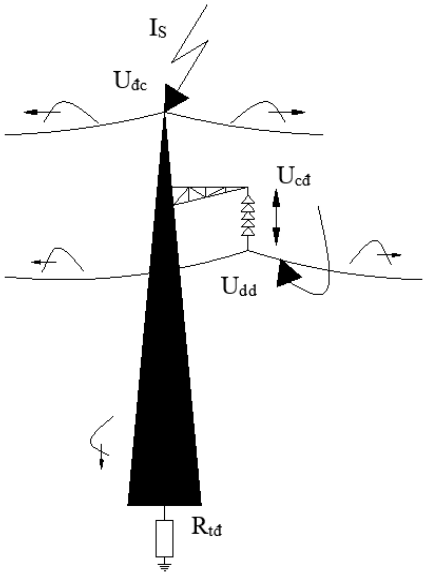


Hình 3. Khoảng D_{ij} và d_{ij} giữa dây dẫn i và j

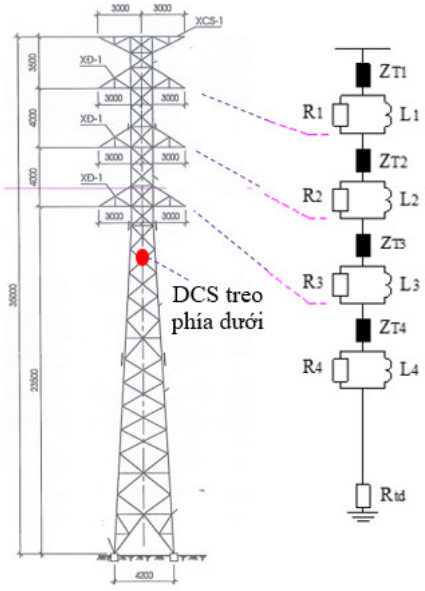
Khi đó, sóng điện áp sét trên một dây ngoài sự phụ thuộc vào dòng điện chạy trên dây đó (bao gồm thành phần sóng dòng điện thuận i^+ và thành phần sóng dòng điện phản xạ i^-) còn phụ thuộc vào tổng trở sóng Z_{ii} của bản thân dây dẫn đó và tổng trở sóng tương hỗ Z_{ij} giữa các dây bên cạnh.

3. HỆ SỐ NGẪU HỢP

Từ phương trình truyền sóng (5) cho thấy, sóng điện áp trên một dây dẫn nào đó gồm có hai thành phần, thành phần điện áp thứ nhất được tạo bởi dòng điện chạy trên dây đó nhân với tổng trở của bản thân dây đó, thành phần điện áp thứ hai là do thành phần dòng điện trên các dây bên cạnh nhân với tổng trở tương hỗ giữa các dây. Tỷ số giữa hai thành phần điện áp đó gọi là hệ số ngẫu hợp. Phần tiếp theo, tác giả sẽ trình bày cách xác đinh hệ số ngẫu hợp cho trường hợp đường dây phân phối sét đánh đỉnh cột (hình 4).



Hình 4. Lan truyền sóng khi sét đánh đỉnh cột hoặc dây pha



Hình 5. Cấu hình cột hai mạch cấp điện áp 110kV và mô hình trong EMTP/ATP

Xét trường hợp đơn giản, bỏ qua hiện tượng phản xạ, khúc xạ nên trường hợp sét đánh đỉnh cột tạo ra điện áp tại đỉnh cột ($U_{đc}$), dòng điện làm việc trên dây pha nhỏ hơn nhiều lần dòng điện sét, nên điện áp trên dây dẫn (U_{dd}) chính là do cảm ứng từ DCS sang xác định theo công thức (8):

$$U_{dd} = K.U_{đc} \quad (8)$$

Điện áp trên chuỗi cách điện của pha bất kỳ xác định theo biểu thức (9):

$$U_{cđ} = U_{đc} - U_{dd} = (1-K)U_{đc} \quad (9)$$

Như vậy, trường hợp sét đánh đỉnh cột nếu giải pháp là tăng hệ số ngẫu hợp K, điện áp trên chuỗi cách điện giảm (giảm được suất cắt) khả năng chịu sét của đường dây tăng lên.

4. MÔ HÌNH HỆ THỐNG

Trong bài báo này, sử dụng cột hai mạch loại cột thường sử dụng trên các đường dây cấp điện áp 110kV tại Việt Nam (hình 5) làm đối tượng nghiên cứu. Khoảng vượt có chiều dài trung bình 250m, hệ thống tiếp địa cột có trị số: R_{td} = 10Ω. Dây dẫn ACSR300/39, dây chống sét có hai dây, một dây loại TK-70 và một dây kết hợp cáp quang OPGW120/48. Cách điện dùng loại Polymer, có 7 bát, chiều cao mỗi bát sứ 127 (mm), điện áp U50% = 650kV. Giải pháp đề xuất sử dụng dây chống sét treo phía dưới các dây pha sử dụng loại dây TK-70, vị trí lắp tại giữa cột cách xà của pha dưới cùng 6m (hình 5). Đường dây giả thiết trong vùng có mật độ sét 5,7 lần/km^2/năm.

4.1. Mô hình các phần tử trong EMTP/ATP

Mô hình cột: Ở tần số dòng điện sét (vài trăm kHz đến một vài MHz), đường dây phải được xử lý và tính toán như một đường dây dài với thông số rải. Trong bài báo này mô hình đường dây của JMarti cho tính toán quá điện áp sét được sử dụng [9]. Trong mô hình này, đường về của dòng điện sét được coi là đi trong đất có điện trở suất 500Ω.m. Các thông số đường dây (điện trở, điện dung, điện cảm riêng và tương hỗ) được tính toán từ số liệu và kích thước của đường dây. Chú ý rằng trong mô hình đường dây, các trị số điện trở và điện cảm phụ thuộc mạnh vào tần số vì thế ta phải sử dụng mô hình phụ thuộc tần số có tính đến hiệu ứng bề mặt [10].

Bảng 1. Thông số của dây dẫn và DCS

Loại dây	Tiết diện, mm^2	Đường kính ngoài, mm	Điện trở R_0 (Ω/km)
ACSR300/39	339,6	24	0,098
OPGW120/48	121,6	12,7	0,256
TK70	-	11	0,47

Mô hình cột: Mô hình cột sử dụng trong tính toán mô phỏng là mô hình cột nhiều tầng (Multistory tower), được sử dụng rộng rãi trong các tính toán mô phỏng quá điện áp sét và được IEC giới thiệu [11]. Trong mô hình này, cột được chia ra làm 4 tầng (hình 5). Mỗi tầng được mô phỏng bằng một tổng trở sóng được ký hiệu lần lượt là Z_{t1}, Z_{t2}, Z_{t3} và Z_{t4} có trị số 220Ω nối với một điện cảm mắc song song với điện điện trở để mô tả sự suy giảm của sóng. Riêng tầng cuối cùng có trị số tổng trở sóng Z_{t4} = 150Ω. Vận tốc truyền sóng được giả thiết là không đổi và có trị số 300m/μs. Các trị số điện trở và điện cảm của từng tầng được tính từ kích thước của cột theo bảng 2. Giả thiết đường dây trong bài báo này sử dụng một loại cột có cấu hình như trong hình 5.

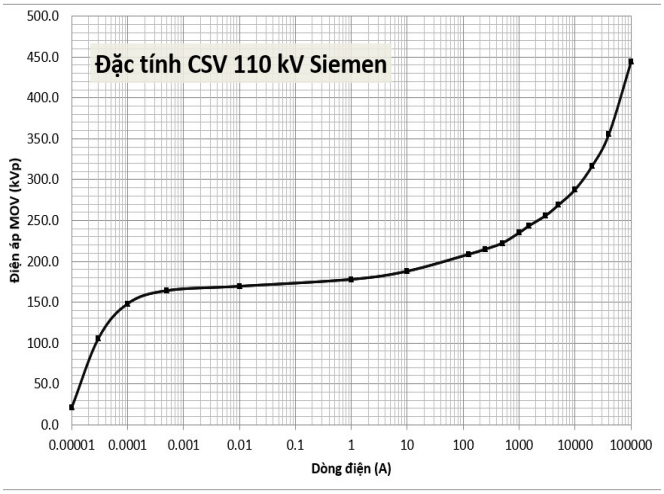
Bảng 2. Các trị số điện trở và điện cảm của từng tầng trong mô hình cột nhiều tầng

R_1 (Ω)	L_1 (μH)	R_2 (Ω)	L_2 (μH)	R_3 (Ω)	L_3 (μH)	R_4 (Ω)	L_4 (μH)
9,4	1,96	10,8	2,24	10,8	2,24	31,2	6,43

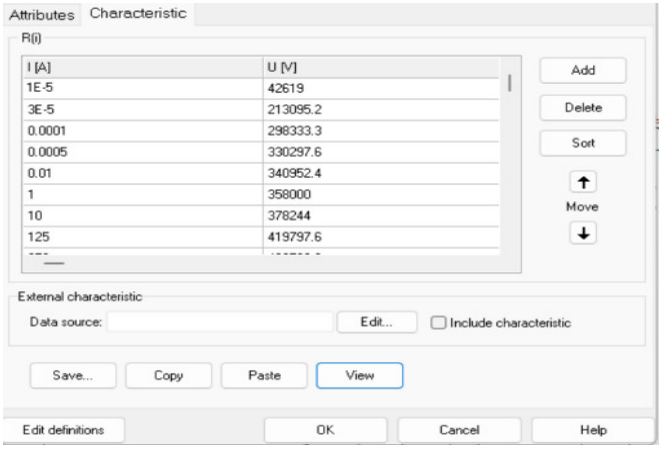
Mô hình chuỗi cách điện: Chuỗi cách điện đường dây 110kV gồm 7 bát sứ với chiều cao mỗi bát là 127mm. Mô hình chuỗi cách điện sử dụng mô hình tia tiên đạo của Motoyama [12] để mô phỏng. Phương pháp của Motoyama xét đến những thông số đặc biệt của sự phóng điện và những đặc tính vật lý liên quan đến cơ chế phóng điện.

Mô hình điện trở tiếp địa: Mô hình hệ thống tiếp địa cột 110kV được mô phỏng trong EMTP/ATP được thay thế bởi một điện trở R_{td} (hình 4), có gí trị từ 10Ω đến 50Ω.

Mô hình chống sét van: Chống sét van sử dụng trong mô phỏng là loại chống sét van không khe hở 3EL của Siemens với dùng cho cấp điện áp 110kV, với trị số điện áp làm việc liên tục MCOV là 89kV với đặc tính V-A trình bày trên hình 6a. CSV được mô phỏng trong EMTP bằng một điện trở phi tuyến với đặc tính phi tuyến nhập vào từ hình 6b. Các tham số của dây nối, cách điện polymer của CSV được bỏ qua.



a)



b)

Hình 6. Đặc tính V-A của CSV (a); và nhập vào trong EMTP/ATP (b)

Mô hình dòng điện sét: Sóng sét được mô phỏng bởi một nguồn dòng dạng dốc Slope - ramp 1,2/50 [11]. Tổng trở sóng của sét được thay thế bởi một điện trở tuyến tính có giá trị 400Ω mô phỏng tổng trở kênh sét mắc song song với nguồn dòng.

4.2. Suất cắt do phóng điện ngược

Khi sét đánh vào đỉnh cột hoặc vào DCS trong khoảng vượt, nếu dòng điện sét đủ lớn gây phóng điện trên chuỗi cách điện. Hiện tượng phóng điện từ dây nối đất của cột sang dây dẫn gọi là phóng điện ngược. Suất cắt do phóng điện ngược hay còn gọi suất cắt do sét đánh đỉnh cột hoặc đánh vào DCS trong khoảng vượt xác định theo [13]:

$$BFR = 0{,}6N_L.P(I>I_c) \quad (10)$$

Với N_L: Số lần sét đánh vào đường dây trong một năm (lần/100km/năm):

$$N_L = N_g \frac{28h^{0,6} + S_g}{10}, \text{(lần/100km/năm)} \quad (11)$$

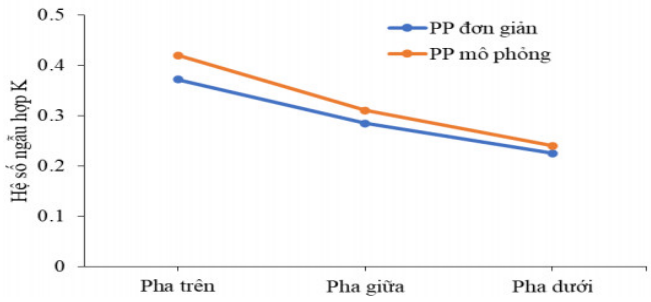
Trong đó: N_g: mật độ sét (lần/1km^2/năm); H: chiều cao cột (m); S_g: khoảng cách giữa hai DCS; $P(I>I_c)$: xác suất của dòng sét có cường độ lớn hơn I_c xác định theo đề xuất của J.G.Anderson và được IEEE sử dụng rộng rãi, xác định như sau [14]:

$$P(I>I_c) = \frac{1}{1+\left(\frac{I}{31}\right)^{2,6}} \quad (12)$$

5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

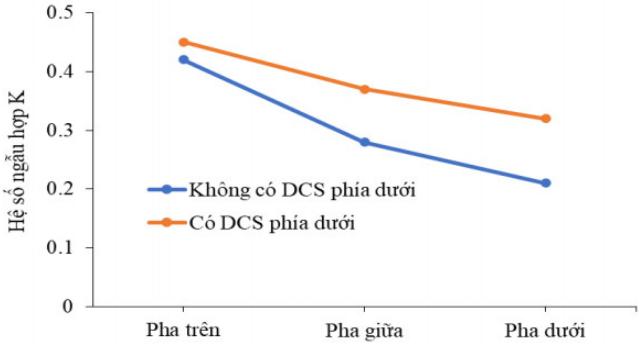
5.1. Hệ số ngẫu hợp khi có dây chống sét treo phía dưới

Dây chống sét treo phía dưới sử dụng loại dây TK-70, lắp tại vị trí giữa của cột, cách xà pha cuối cùng 6m. Kết quả tính toán hệ số ngẫu hợp trong trường hợp tính theo phương pháp đơn giản và theo mô phỏng được trình bày trên hình 7. Kết quả tính toán và mô phỏng cho thấy pháp mô phỏng lớn hơn so với phương pháp truyền thống, pha trên lớn hơn 11%, pha giữa lớn hơn 8% và pha dưới cùng lớn hơn 6%. Do vậy, điện áp đặt lên cách điện xác định theo phương pháp truyền thống sẽ lớn hơn phương pháp mô phỏng, nên nếu tính theo phương pháp đơn giản đã làm giảm mức độ nguy hiểm của dòng điện sét khi đánh vào đường dây.



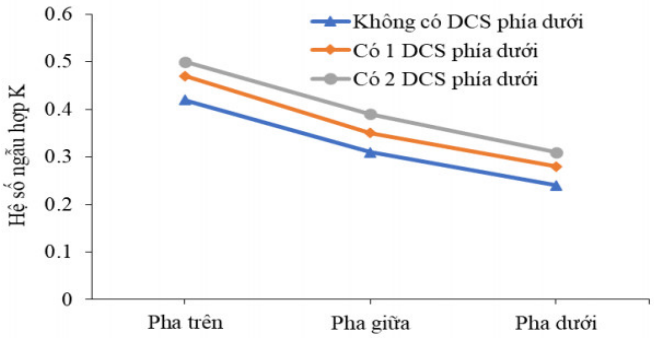
Hình 7. So sánh hệ số ngẫu hợp theo phương pháp đơn giản và phương pháp mô phỏng

Mô phỏng với trường hợp đường dây chưa lắp và lắp dây chống sét phía dưới, kết quả xác định hệ số ngẫu hợp được trình bày trên hình 8. Kết quả mô phỏng cho thấy, sử dụng 1 DCS treo phía dưới hệ số ngẫu hợp các pha tăng lên cụ thể pha trên tăng 10%, pha dưới tăng 11% và pha dưới cùng tăng 14%. Do vậy, khi sử dụng dây chống sét treo phía dưới đã làm cho hệ số ngẫu hợp tăng lên khi đó điện áp đặt lên chuỗi cách điện giảm.



Hình 8. Hệ số ngẫu hợp khi chưa có và có DCS treo phía dưới

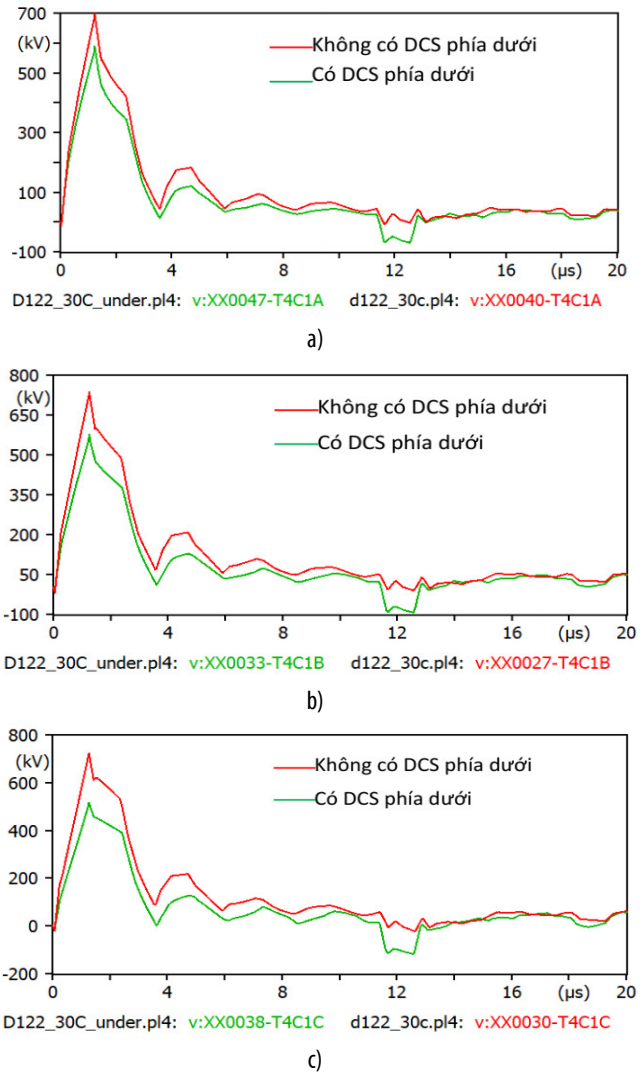
Trong trường hợp sử dụng 2 dây chống sét có cùng loại dây loại dây TK-70 treo phía dưới các dây pha, mỗi dây lắp tại mép cột về hai phía và cách xà pha dưới cùng 6m. Kết quả mô phỏng xác định hệ số ngẫu hợp được trình bày trên hình 9. Kết quả cho thấy, khi sử dụng 2 DCS treo phía dưới, hệ số ngẫu hợp các pha đều tăng lên so với trường hợp sử dụng 1 DCS treo phía dưới. Hệ số ngẫu hợp pha trên tăng 16%, pha giữa tăng 20% và pha thấp nhất tăng 22%. Như vậy, sử dụng dây chống sét treo phía dưới không làm tăng chiều cao cột, không làm tăng số lần sét đánh vào đường dây mà làm tăng được trị số ngẫu hợp của các dây pha.



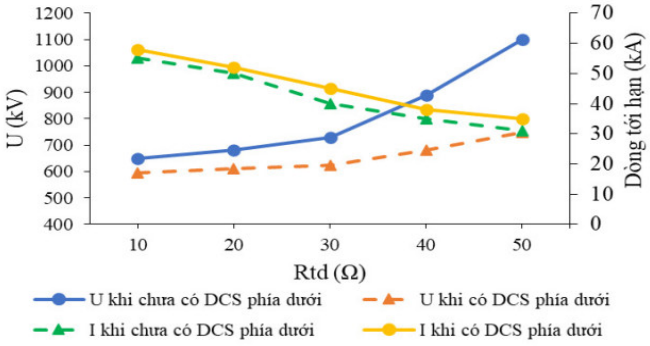
Hình 9. Hệ số ngẫu hợp theo số lượng DCS treo phía dưới

5.2. Điện áp khi sử dụng giải pháp treo dây chống sét phía dưới các dây pha

Trong phần này, sẽ tiến hành mô phỏng trường hợp sét đánh đỉnh cột, xác định điện áp đặt trên chuỗi cách điện khi không có và khi có dây chống sét treo phía dưới. Mô hình mô phỏng với nguồn sét dạng Slope-Ramp có trị số 31kA, 1,2/50µs. Kết quả mô phỏng dạng sóng điện áp đặt lên chuỗi cách điện pha trên, pha giữa và pha dưới cùng trình bày trên hình 10. Kết quả cho thấy, trong trường hợp có sử dụng dây chống sét treo phía dưới điện áp đặt trên chuỗi cách điện các pha đều giảm, trị số điện áp lớn nhất của pha trên cùng giảm từ 698kV xuống còn 589kV, xấp xỉ giảm 15%, pha giữa giảm từ 724kV xuống còn 561kV tương ứng giảm 22%, pha dưới cùng từ 702kV xuống còn 505kV, tương ứng giảm 28%.



Hình 10. Điện áp trên cách điện trong trường hợp không có và có dây chống sét treo phía dưới: a) pha trên; b) pha giữa, c) pha dưới

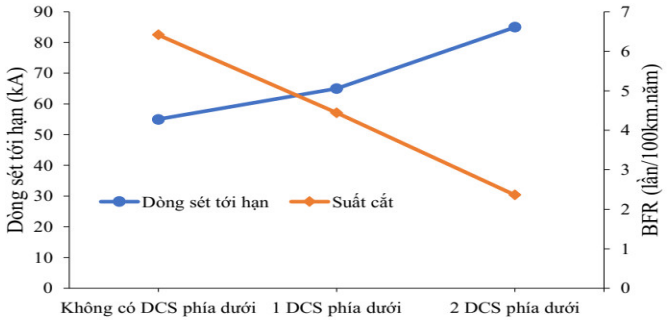


Hình 11. Biên độ điện áp trên cách điện và dòng sét tới hạn trường hợp không có và có DCS treo phía dưới

Mô phỏng với điện trở tiếp địa cột thay đổi từ 10Ω đến 50Ω, biên độ điện áp trên cách điện của pha trên cùng trong trường hợp đường dây chưa lắp và trường hợp có lắp dây chống sét phía dưới được trình bày trên hình 11. Như vậy, giải pháp lắp dây chống sét treo phía dưới càng hiệu quả khi đường dây có điện trở tiếp địa cột càng cao, tức là những đường dây mà đi trong khu vực có điện trở suất của đất cao, sử dụng giải pháp này càng hiệu quả. Chỉ cần treo một DCS phía dưới hiệu quả chống sét sẽ tương đương khi điện trở tiếp địa cột giảm từ 40Ω về 10Ω mà để giảm điện trở tiếp địa cột như vậy sẽ rất khó thực hiện và chi phí còn cao hơn khi lắp một DCS treo phía dưới.

5.3. Suất cắt khi sử dụng giải pháp treo dây chống sét phía dưới các dây pha

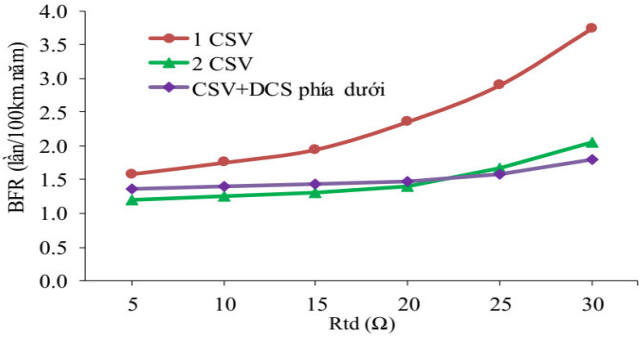
Kết quả mô phỏng và tính toán suất cắt (BFR) trong các trường hợp đường dây không lắp DCS treo phía dưới và lắp 1 DCS và 2 DCS treo phía dưới trình bày trên hình 12. Kết quả cho thấy dòng điện sét tới hạn gây phóng điện ngược tăng từ 55kA lên 64kA và 85kA khi lắp 1 DCS và lắp 2 DCS phía dưới tương ứng suất cắt giảm từ giảm từ 6,3 lần/100km.năm xuống 4,2/100km.năm khi lắp 1 DCS phía dưới và giảm xuống 2,3/100km.năm khi lắp 2 DCS phía dưới.



Hình 12. Suất cắt BFR trường hợp không có và có DCS

5.4. Suất cắt khi sử dụng giải pháp treo dây chống sét phía dưới các dây pha kết hợp lắp CSV

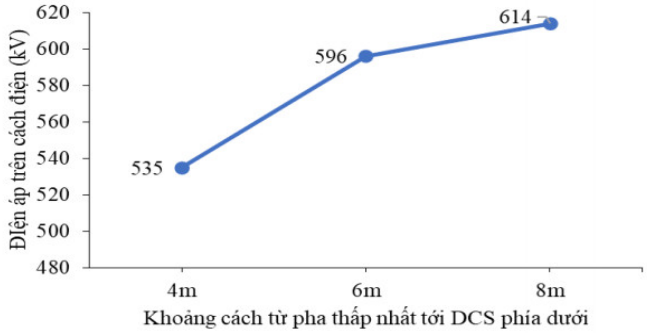
Các nghiên cứu đã cho thấy, lắp CSV trên đường dây là một trong những giải pháp hiệu quả giảm suất cắt do sét gây ra. Trong phần này tác giả mô phỏng và tính toán suất cắt BFR trong các trường hợp đường dây sử dụng CSV và lắp DCS treo phía dưới. Kết quả so sánh suất cắt BFR đường dây khi điện trở tiếp địa cột thay đổi từ 5Ω đến 30Ω trong các trường hợp chỉ có DCS, trường hợp có 2 CSV và trường hợp 1 CSV+1 DCS treo phía dưới trình bày trên hình 13. Kết quả cho thấy ở dải điện trở tiếp địa nhỏ phương pháp 2 DCS mang lại hiệu quả cao hơn, tuy nhiên ở dải điện trở tiếp địa cột lớn (đối với đường dây sử dụng trong bài báo này R_{td} > 20Ω) phương pháp sử dụng 1 CSV + 1 DCS treo phía dưới lại hiệu quả hơn so với sử dụng 2 CSV, trong khi chi phí đầu tư lắp 2 CSV cao hơn nhiều so với lắp 1 CSV+ 1 DCS.



Hình 13. So sánh suất cắt trong các trường hợp khác nhau

5.5. Ảnh hưởng của vị trí lắp dây chống sét treo phía dưới

Như trong mục 5.2 đã trình bày, khi lắp DCS treo phía dưới sẽ có tác dụng làm giảm điện áp đặt lên cách điện. Để xét ảnh hưởng của khoảng cách từ dây pha thấp nhất tới DCS treo phía dưới tiến hành mô phỏng với trường hợp sét đánh đỉnh cột, dòng điện sét 31kA (1,2/50µs), điện trở tiếp địa cột 10Ω. Kết quả mô phỏng xác định điện áp trên chuỗi cách điện pha A trong hình 14 cho thấy khoảng cách DCS treo phía dưới càng gần dây pha thấp nhất càng tốt, tuy nhiên phải tuân thủ về quy phạm khoảng cách phóng điện.



Hình 14. Ảnh hưởng của vị trí DCS treo phía dưới

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một giải pháp chống sét mới cho đường dây phân phối trên không cấp điện áp 110kV bằng cách sử dụng dây chống sét lắp bên dưới các dây pha. Hệ ngẫu hợp và suất cắt của đường dây trước và sau khi sử dụng giải pháp được tính toán xác định theo IEEE std. 1243-1997 và IEEE std. 1410-2010. Các kết quả được thực hiện bởi chương trình mô phỏng quá độ điện EMTP/ATP.

Sử dụng dây chống sét treo phía dưới không những không làm ảnh hưởng tới độ cao của cột mà còn làm giảm được trị số điện áp đặt lên chuỗi cách điện (giảm được tới 28%) từ đó tăng được trị dòng điện sét tới hạn (dòng bắt đầu gây phóng điện trên pha bất kỳ của cột sét đánh) dẫn đến suất cắt BFR của đường dây giảm xuống.

Đối với đường dây đi qua khu vực có điện trở suất của đất cao, điện trở tiếp địa cột lớn thì giải pháp này càng hiệu quả. Trong trường hợp sử dụng DCS treo phía dưới được kết hợp với lắp CSV thì giải pháp càng đạt hiệu quả, suất cắt BFR có thể giảm tới 2 lần nếu chỉ dùng DCS phía dưới.

Vị trí lắp DCS treo phía dưới càng gần dây pha thấp nhất càng mang lại hiệu quả, nhưng phải đảm bảo tuân thủ quy phạm về khoảng cách phóng điện. Do vậy, với pha trên cùng nếu được lắp CSV vừa bảo vệ cho pha trên cùng đồng thời bảo vệ cho các pha dưới, còn DCS treo phía dưới làm giảm điện áp trên cách điện cho pha dưới cùng nên giải pháp càng đạt hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Northern Grid Company, 2018. *Bao cao tham luan Danh gia phan tich nguyen nhan su co, cac giai phap giam thieu su co luoi dien 110 kV*. Hanoi, Vietnam.

[2]. Andrew R. Hileman, 1999. *Insulation coordination for power systems.* CRC Press.

[3]. Martinez J. A, F. Castro-Aranda, 2009. *Lightning performance analysis of an overhead transmission line protected by surge arresters.* IEEE Latin America Transactions. vol. 7, no. 1, pp. 62-70.

[4]. IEEE Std 1243-1997, 1997, *IEEE guide for improving the lightning performance of transmission lines, Standard IEEE.*

[5]. IEEE Std 1410, 2010. *IEEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines.*

[6]. 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, Vol. 43, pp. 38 - 43.

[7]. Martinez-Velasco J. A, 2010. *Power system transients: parameter determination.* CRC press.

[8]. Bewley. LV., 1951. *Traveling waves on transmission systems*. Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.

[9]. Ametani A., Kawamura T., 2005. *A method of a lightning surge analysis recommended in Japan using EMTP*. IEEE Transactions on Power Delivery, 20(2), pp. 867-875.

[10]. P. H. Thinh, et al., 2018. *Nghien cuu thiet ke bo sung chong set cho duong day 110 kV.*

[11]. IEC TR 60071-4, 2004. *Insulation co-ordination –Part 4: Computational guide to insulation co-ordination and modelling of electrical networks.* Technical report.

[12]. Motoyama H., 1996. *Experimental study and analysis of breakdown characteristics of long air gaps with short tail lightning impulse*. IEEE Transactions on power delivery, 11(2), pp. 972-979.

[13]. CIGRE SC -33-WG01, 1991. *Guide to procedures for estimating the lightning performance of transmission lines*. CIGRE Technical Brochure no. 63.

[14]. Andrew R. Hileman,1999. *Insulation coordination for power systems.* CRC Press.

AUTHORS INFORMATION

Ho Chi Thoai, Ninh Van Nam, Bui Lap Hien

Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry, Vietnam