

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM PSCAD XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG SÉT ĐÁNH ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI ĐIỆN CAO ÁP

Nguyễn Trung Thoại*

Trường Cao đẳng Công Thương miền Trung

Tóm tắt

Bài báo sử dụng phần mềm PSCAD xây dựng mô hình mô phỏng sét đánh đường dây truyền tải điện cao áp đối với hai trường hợp: đường dây truyền tải có một dây chống sét (DCS) và đường dây truyền tải có hai DCS. Sau đó tiến hành mô phỏng, tính toán và phân tích mức độ chịu sét khi: sét đánh đỉnh trụ, sét đánh khoảng vượt dây chống sét (DCS) và sét đánh đường dây truyền tải trên không (ĐDK), cuối cùng đưa ra các giải pháp hợp lý để nâng cao tính năng chịu sét của đường dây truyền tải.

Từ khóa: Bảo vệ sét đánh, mức độ chịu sét, dây chống sét, đường dây truyền tải trên không.

Abstract

Application of PSCAD software to build the lightning simulation model for high voltage transmission line

This paper uses PSCAD software to build the lightning simulation model for high voltage transmission line in two cases: the transmission line has a single lightning shielding wire (LSW) and the transmission line has double lightning shielding wires. Then proceed to simulate, calculate and analyze lightning withstand level when: lightning strikes on the top of the tower, lightning strikes over the lightning shielding wire and lightning strikes the overhead transmission line. Finally, the paper proposes some possible solutions to enhance the lightning protection performance of the transmission line.

Keywords: Lightning protection, lightning withstand level, lightning shielding wire, overhead transmission line.

1. Mở đầu

Việc sử dụng đường dây truyền tải cao áp để truyền tải điện năng đi xa ngày càng trở nên phổ biến ở nhiều quốc gia trên thế giới trong đó có Việt Nam. Sự cố sét hại đối với đường dây truyền tải cao áp có ảnh hưởng rất lớn đối với vấn đề an ninh năng lượng và thiệt hại kinh tế. Vì vậy, xây dựng mô hình mô phỏng sét đánh đường dây truyền tải điện cao áp trên phần mềm PSCAD (Power Systems Computer Aided Design) sẽ giúp cho việc tính toán các trường hợp sét đánh được chính xác, từ đó có được cơ sở dữ liệu quan trọng góp phần đáng kể đến công việc nghiên cứu, thiết kế và quy hoạch hệ thống điện^[1].

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Phân tích bài toán thực tế

Bài báo tính toán đường dây truyền tải 220kV mạch đơn hai nguồn cung cấp làm ví dụ, độ dài toàn tuyến 104.13km, bao gồm 272 trụ, bảo vệ chống sét cho đường dây dùng

* Email: nguyentrunghoai@yahoo.com

một DCS, trong đó đoạn đường dây giữa khoảng trụ 114# ~ 122# có độ dài 2.458km đi qua khu vực mật độ sét cao, thường xảy ra sự cố ngắt mạch (được đề xuất cải tạo lắp hai DCS để nâng cao tính năng chịu sét). Tham số tính toán như bảng 1, mật độ điện cảm của trụ 0.5($\mu H/m$); điện trở nối đất 10 Ω ; dây dẫn loại LHAGJ-400/50; dây chống sét loại GJX-100^[2-5].

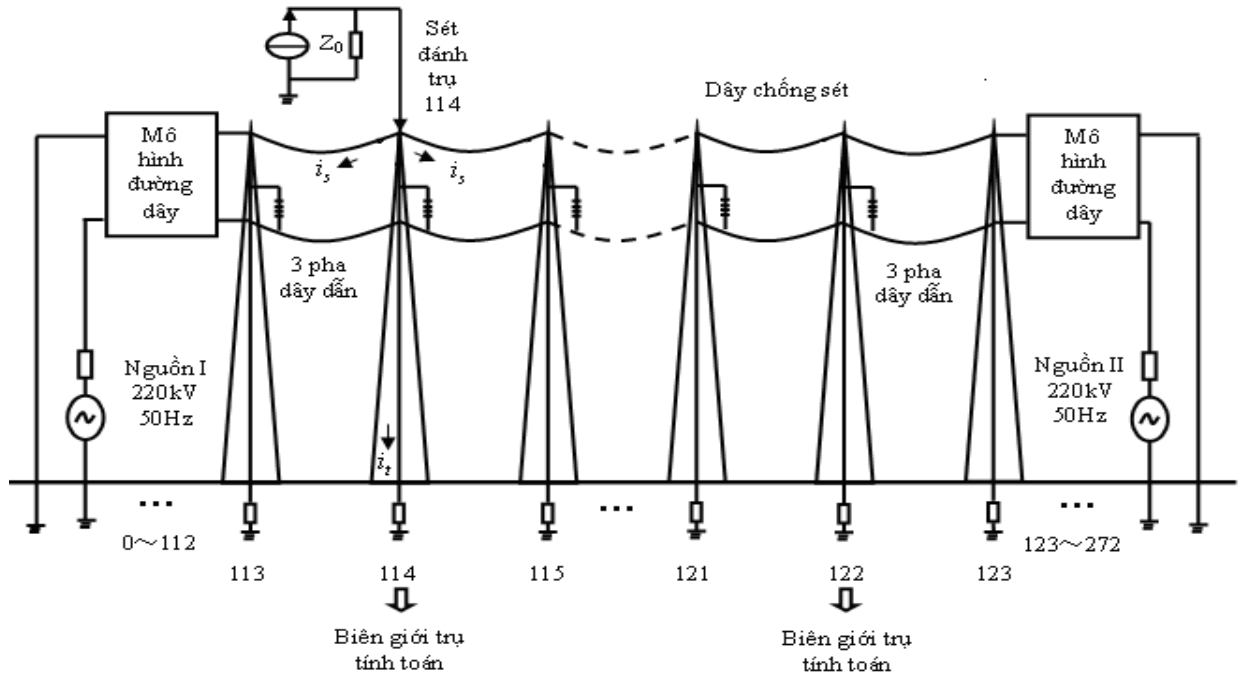
Bảng 1. Tham số của đường dây và trụ

Thứ tự trụ	Loại trụ	Độ cao trụ (m)	Khoảng vượt (m)	Độ cao treo dây (m)
113	LUYJ5	15	391	13.5
114	LUZ7	24	348	21
115	LUZ5	16	195	14
116	LUZ5	16	265	13.5
117	LUZ5	20	205	17
118	LUYJ5	15	234	14

Thứ tự trụ	Loại trụ	Độ cao trụ (m)	Khoảng vượt (m)	Độ cao treo dây (m)
119	LUZ5	16	227	13
120	LUZ5	20	303	17
121	LUZ6	24	359	21
122	LUZ6	16	322	13.5
123	LUYJ6	15	313	12

2.2. Xây dựng mô hình mô phỏng

Căn cứ vào phân tích và đặc điểm đoạn đường dây nói trên vẽ được sơ đồ mô phỏng như hình 1



Hình 1. Sơ đồ mô phỏng khi sét đánh đỉnh trụ

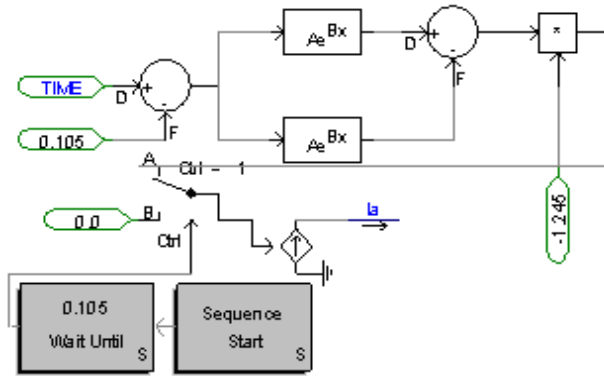
2.2.1. Mô hình mô phỏng dòng điện sét

Trong bài báo việc lập mô hình mô phỏng dòng điện sét được áp dụng theo công thức (1) và hai chỉ số dòng điện sét được chọn là 2.6/50 μs ^[2-7]

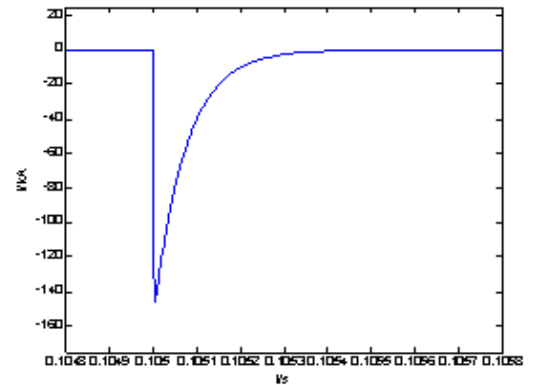
$$i = I_0 (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}) \tag{1}$$

Trong đó: I_0 biên độ dòng điện sét; α, β là hai hệ số

Sơ đồ khối mô phỏng dòng điện sét trong phần mềm PSCAD như hình 2



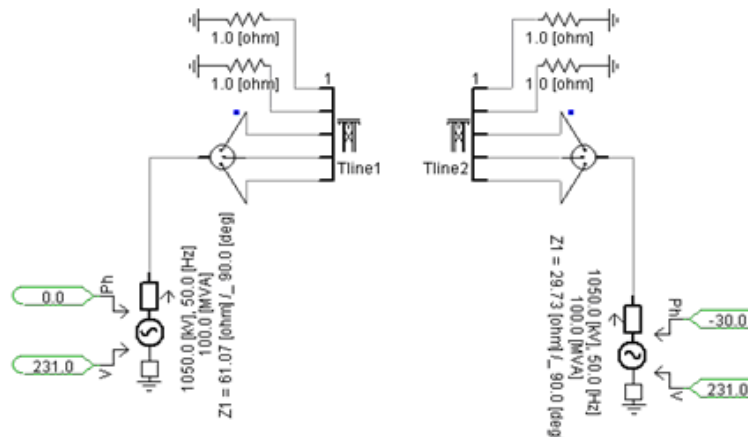
Hình 2. Sơ đồ khối mô phỏng dòng điện sét



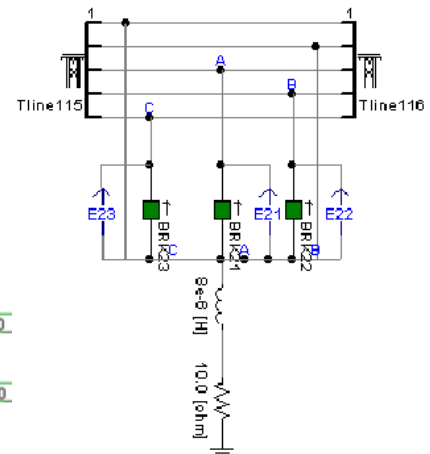
Hình 3. Hình dạng dòng điện sét trong mô phỏng

2.2.2. Mô hình mô phỏng nguồn điện

Hai đầu hệ thống điện được mô phỏng bằng nguồn điện áp tương đương và lệch pha một góc 30^0 , trong phần mềm PSCAD mô hình mô phỏng nguồn điện như hình 4



Hình 4. Mô hình nguồn điện



Hình 5. Mô hình mô phỏng trụ điện

2.2.3. Mô hình mô phỏng trụ điện

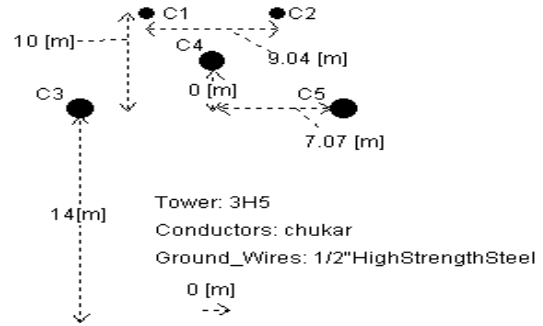
Độ cao của các trụ trong đoạn đường dây khảo sát không vượt quá 30m, do đó trong tính toán (đặc biệt là tính toán phòng sét) thông thường áp dụng mô hình tham số điện cảm tập trung để mô phỏng trụ điện, điện cảm tương đương trên mỗi đơn vị chiều dài của trụ là $0.5(\mu H/m)$. Mô hình mô phỏng trụ điện trong phần mềm PSCAD như hình 5^[1-3,5,7].

2.2.4. Mô hình mô phỏng đường dây

Mô hình mô phỏng đường dây áp dụng mô hình tham số biến tần. Trong phần mềm PSCAD, mô hình tham số biến tần đường dây như hình 6, sơ đồ tham số kết cấu trụ và đường dây như hình 7.

Frequency Dependent (Phase) Model Options

- Travel Time Interpolation: On
- Curve Fitting Starting Frequency: 0.5 [Hz]
- Curve Fitting End Frequency: 1.0E6 [Hz]
- Total Number of Frequency Increments: 100
- Maximum Order of Fitting for YSurge: 20
- Maximum Order of Fitting for Prop. Func.: 20
- Maximum Fitting Error for YSurge: 0.2 [%]
- Maximum Fitting Error for Prop. Func.: 0.2 [%]



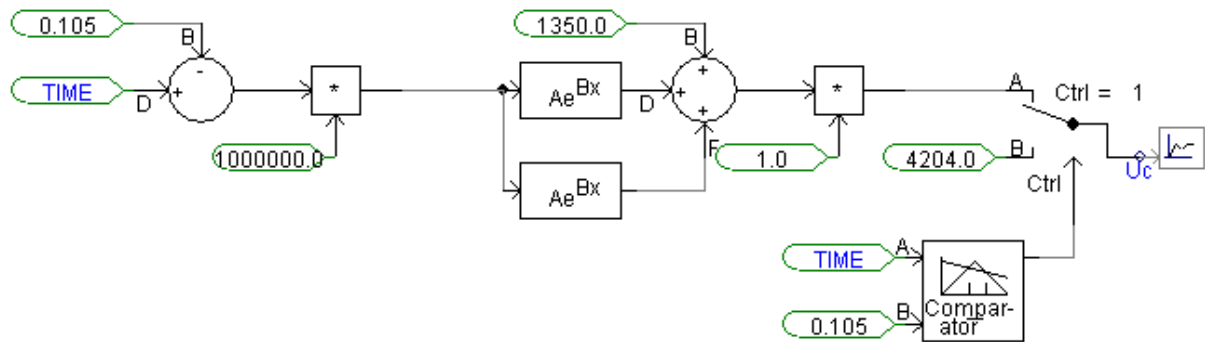
Hình 6. Mô hình tham số biến tần đường dây

Hình 7. Sơ đồ tham số kết cấu trụ và đường dây

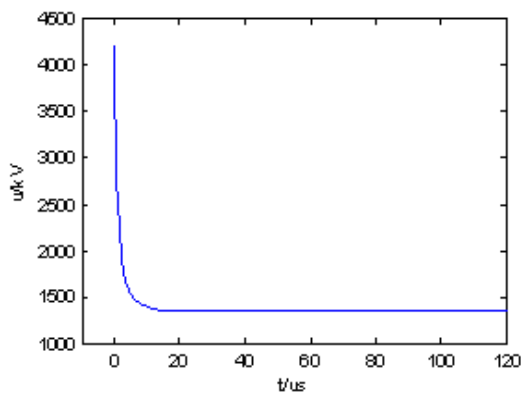
2.2.5. Mô hình mô phỏng cách điện

Việc mô phỏng đóng ngắt cách điện được thực hiện thông qua việc khống chế điện áp, phán đoán phóng điện cách điện dựa vào phương pháp giao nhau, trong đó đường đặc tính điện áp phóng điện được xác định bởi công thức (2)^[2-3,5,7]. Trong PSCAD, cách điện làm việc bình thường như hình 10, cách điện phóng điện như hình 11.

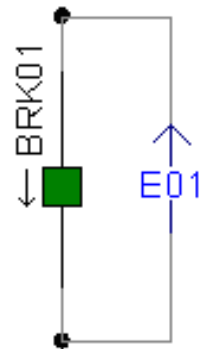
$$u = 1350.0 + 598.0e^{-t/4.0} + 2256.0e^{-t/1.02} \tag{2}$$



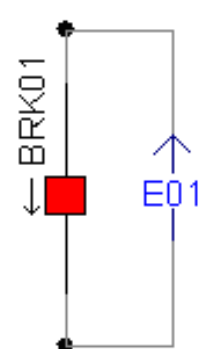
Hình 8. Mô hình mô phỏng cách điện



Hình 9. Đường đặc tính cách điện V-S



Hình 10. Cách điện làm việc bình thường



Hình 11. Cách điện phóng điện

2.3. Phân tích mức độ chịu sét các trường hợp mô phỏng sét đánh

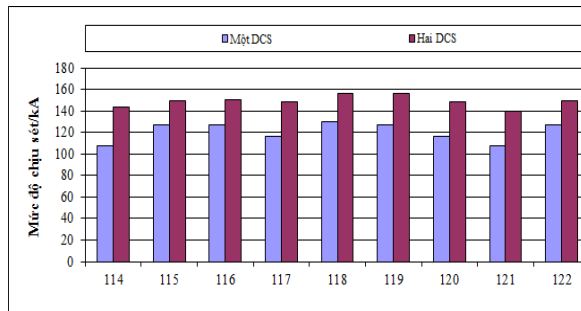
2.3.1. Khi sét đánh đỉnh trụ

Lập mô hình mô phỏng sét đánh đỉnh trụ trong hai trường hợp: đường dây truyền tải

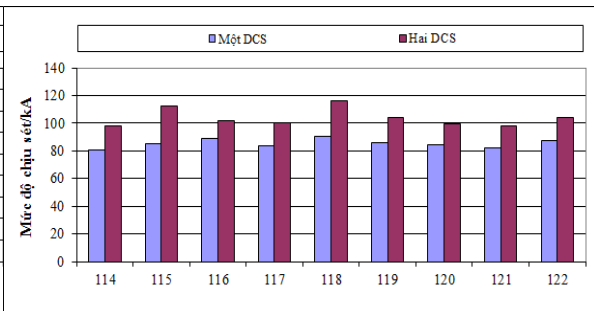
có một DCS và đường dây truyền tải có hai DCS với khoản trụ 114[#]~122[#], kết quả phân tích mức độ chịu sét như bảng 2 và hình 12. Qua đó cho thấy mức độ chịu sét trung bình đường dây truyền tải có một DCS và đường dây truyền tải có hai DCS lần lượt là: 120.6317kA và 149.0835kA (tăng 23.59%); Nguyên nhân làm tăng mức độ chịu sét là do: Trong trường hợp đường dây có hai DCS khi có sét đánh đỉnh trụ hai DCS có tác dụng phân dòng tốt hơn một DCS, kết quả làm giảm điện thế đỉnh trụ, dẫn đến hiệu điện thế hai đầu chuỗi cách điện cũng giảm, từ đó nâng cao được tính năng chịu sét của đường dây.

Bảng 2. Kết quả phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh đỉnh trụ

Thứ tự trụ	Loại trụ	Độ cao trụ (m)	Khoảng vượt (m)	Độ cao treo dây (m)	Một DCS (kA)	Hai DCS (kA)
114	LUZ7	24	348	21	107.5436	143.6035
115	LUZ5	16	195	14	127.0005	149.8187
116	LUZ5	16	265	13.5	127.0097	150.3414
117	LUZ5	20	205	17	116.1829	148.5877
118	LUYJ5	15	234	14	130.1572	156.3409
119	LUZ5	16	227	13	127.0282	155.8794
120	LUZ5	20	303	17	116.1737	148.3108
121	LUZ6	24	359	21	107.5713	139.5423
122	LUZ6	16	322	13.5	127.0189	149.3266



Hình 12. So sánh mức độ chịu sét khi sét đánh đỉnh trụ



Hình 13. So sánh mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt DCS

2.3.2. Khi sét đánh khoảng vượt DCS

Khi sét đánh khoảng vượt DCS mức độ chịu sét trung bình trong hai trường hợp: đường dây truyền tải có một dây DCS và đường dây truyền tải có hai DCS lần lượt là 85.4277kA và 103.8193 (tăng 21.53%) như bảng 3 và hình 13. Kết quả mô phỏng cho thấy khi sét đánh khoảng vượt DCS mức độ chịu sét giảm đáng kể so với trường hợp sét đánh đỉnh trụ.

Bảng 3. Kết quả phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt DCS

Thứ tự trụ	Loại trụ	Độ cao trụ (m)	Khoảng vượt (m)	Độ cao treo dây (m)	Một DCS (kA)	Hai DCS (kA)
114	LUZ7	24	348	21	80.9374	98.1453
115	LUZ5	16	195	14	85.3219	112.5442

116	LUZ5	16	265	13.5	89.2444	101.6068
117	LUZ5	20	205	17	83.3683	100.2293
118	LUYJ5	15	234	14	90.2296	116.4672
119	LUZ5	16	227	13	86.1832	104.0066
120	LUZ5	20	303	17	84.2449	99.6379
121	LUZ6	24	359	21	82.2449	97.9148
122	LUZ6	16	322	13.5	87.0751	103.8220

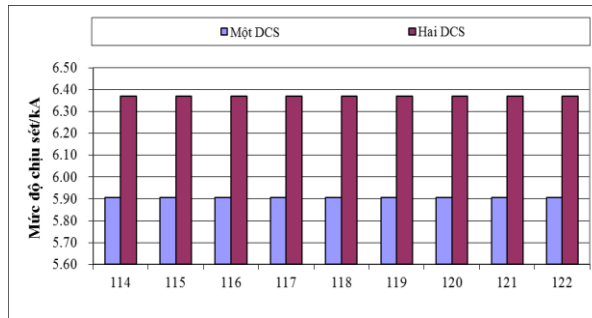
Từ các kết quả phân tích trong bảng 2, bảng 3, hình 12 và hình 13 cho thấy: Các trụ có chiều cao càng lớn hơn thì mức độ chịu sét sẽ nhỏ hơn, nguyên nhân là do chiều cao của trụ càng tăng thì khả năng thu sét của đường dây truyền tải và trụ điện càng lớn, mặt khác khi sét đánh đỉnh trụ dòng điện sét truyền đến điện trở nối đất gây ra sóng phản xạ âm phản hồi về đỉnh trụ và các xà của trụ làm cho điện thế đỉnh trụ và các xà tăng lên, dễ gây ra sét đánh ngược.

2.3.3. Phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt ĐDK

Từ bảng 4 và hình 14, có thể thấy trong trường hợp đường dây truyền tải có hai DCS khi xảy ra sét đánh khoảng vượt ĐDK mức độ chịu sét tăng 0.46kA. Trường hợp này mức độ chịu sét có tăng nhưng không đáng kể so với các trường hợp sét đánh khoảng vượt DCS và sét đánh đỉnh trụ. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy khi sét đánh khoảng vượt DCS hoặc sét đánh đỉnh trụ mức độ chịu sét đạt đến hàng trăm kA, nhưng khi sét đánh trực tiếp ĐDK mức độ chịu sét chưa đạt đến 10kA. Thậm chí đối với dòng điện sét có biên độ nhỏ, một khi đã vượt qua hệ thống che chắn và đánh trực tiếp vào ĐDK cũng có thể gây ra phóng điện bề mặt cách điện.

Bảng 4. Kết quả phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt DCS

Thứ tự trụ	Loại trụ	Độ cao trụ (m)	Khoảng vượt (m)	Độ cao treo dây (m)	Một DCS (kA)	Hai DCS (kA)
114	LUZ7	24	348	21	5.91	6.37
115	LUZ5	16	195	14	5.91	6.37
116	LUZ5	16	265	13.5	5.91	6.37
117	LUZ5	20	205	17	5.91	6.37
118	LUYJ5	15	234	14	5.91	6.37
119	LUZ5	16	227	13	5.91	6.37
120	LUZ5	20	303	17	5.91	6.37
121	LUZ6	24	359	21	5.91	6.37
122	LUZ6	16	322	13.5	5.91	6.37



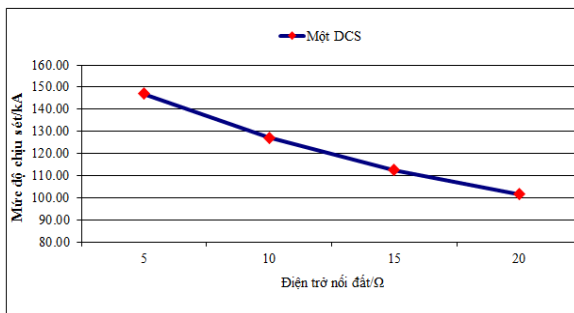
Hình 14. So sánh mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt ĐDK

2.3.4. Biện pháp nâng cao tính năng chịu sét ĐDK

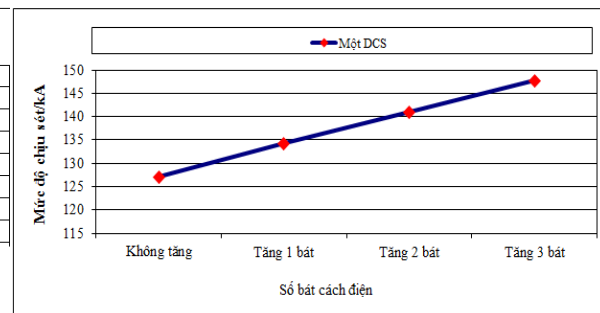
Từ những kết quả mô phỏng trên cho thấy, nếu trong khoảng trụ từ 114# ~ 122# được cải tạo thành hai DCS thì mức độ chịu sét của đường dây sẽ được nâng lên đáng kể. Tuy nhiên nếu vẫn giữ một DCS thì cần thiết phải có các giải pháp hợp lý để nâng cao tính năng chịu sét của đường dây như: giảm điện trở nối đất (R_{nd}) hoặc tăng số bát cách điện. Trong phần này phân tích trụ điện 119# làm ví dụ.

2.3.4.1. Giảm điện trở nối đất

Khi giảm R_{nd} của trụ: dòng điện sét qua trụ tăng lên, tăng khả năng phân dòng; điện thế đỉnh trụ giảm, dẫn đến giảm hiệu điện thế trên 2 đầu chuỗi cách điện, từ đó nâng cao được tính năng chịu sét đường dây. Kết quả mô phỏng hình 15 cho thấy khi R_{nd} giảm từ 20Ω đến 5Ω : mức độ chịu sét tăng từ $101.5227kA$ đến $146.8881kA$, tăng 44,69%. Có thể thấy giảm R_{nd} của trụ là phương pháp hiệu quả để tăng tính năng chịu sét ĐDK khi đường dây chỉ có một DCS.



Hình 15. Mức độ chịu sét khi thay đổi điện trở nối đất



Hình 16. Mức độ chịu sét khi tăng số bát cách điện

2.3.4.2. Tăng số bát cách điện

Duy trì các điều kiện không thay đổi, khi tăng số bát cách điện cho ĐDK mức độ chịu sét cũng tăng lên, kết quả mô phỏng hình 16 cho thấy khi tăng một bát cách điện mức độ chịu sét tương ứng cũng tăng lên 5.24%.

3. Kết luận

- DCS có ảnh hưởng lớn đến mức độ chịu sét của đường dây truyền tải, trong trường hợp đường dây truyền tải có hai DCS, khi sét đánh đỉnh trụ và khi sét đánh khoảng vượt DCS mức độ chịu sét tăng lần lượt là 23.59% và 21.53% so với đường dây truyền tải có một DCS.

- Chiều cao của trụ điện có ảnh hưởng lớn đến tính năng chịu sét của đường dây

truyền tải, chiều cao của trụ càng tăng thì khả năng thu sét của đường dây truyền tải và trụ điện càng lớn dẫn đến khả năng chịu sét giảm.

- Ngoài ra nếu giảm R_{nd} hoặc tăng số bất cách điện cũng là một trong những giải pháp mang lại hiệu quả cao trong việc bảo vệ sét đánh đường dây.

Từ những kết quả phân tích trên, có thể thấy thông qua mô phỏng ta xác định được mức độ chịu sét của đường dây truyền tải cho từng trường hợp cụ thể trong thực tế. Đây cũng là cơ sở dữ liệu hữu ích để những nhà nghiên cứu, thiết kế tham khảo khi tính toán, chọn lựa phương án bảo vệ chống sét cho đường dây truyền tải, đảm bảo tính kinh tế và kỹ thuật □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] User's guide on the use of PSCAD, 244 Cree Crescent, Winnipeg, Manitoba, Canada R3J 3W1.
- [2] Nguyễn Trung Thoại, Nguyễn Đức Minh, Phan Xuân Lễ (2012), “Nghiên cứu mức độ chịu sét đường dây truyền tải 500kV mạch kép cùng trụ”, *Hội nghị Khoa học quốc tế Năng lượng và phát triển xanh*”, ISBN: 978-604-913-094-6(168-176).
- [3] Trần Văn Tóp (2007), *Kỹ thuật điện cao áp quá điện áp và bảo vệ chống quá điện áp*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4] Pritindra Chowdhuri, Fellow (2001), Parameters of lightning strokes and their effects on power systems, *IEEE*, 0-7803-7285-9/01 (1047-1451).
- [5] A.J.Eriksson (1987), An Improved Electrogeometric Model for Transmission Line Shielding Analysis. *IEEE TPWRD*, 2(3) (871-886).
- [6] Deng Xu, Zhou Hao (2011), Research of The Lightning Protection Performance for 220kV Double-circuit Transmission Line, *IEEE*, 978-1-4577-1466 (314-317).
- [7] Wu Shuwen, Sun Wenxin (2011), Back Flashover Protection Performance Analysis of 220kV Double Circuit Transmission Line, *IEEE*, 978-1-4244-6253-7(1-4).

(Ngày nhận bài: 28/3/2018; ngày phản biện: 02/05/2018; ngày nhận đăng: 07/06/2018)