

TÍNH TOÁN CẢI THIẾN HIỆU NĂNG THOÁT SÉT CỦA ĐIỆN CỰC TIẾP ĐỊA ĐƯỜNG DÂY TRUNG THỂ CỦA TỔNG CÔNG TY ĐIỆN LỰC HÀ NỘI BẰNG MÔ PHỎNG SỐ

CALCULATION FOR LIGHTNING PERFORMANCE IMPROVEMENT OF GROUNDING ELECTRODES OF EVN HANOI MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION LINES

Trần Anh Tùng

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 15/6/2023 Ngày chấp nhận đăng: 29/6/2023, Phản biện: TS Phạm Quang Phương

Tóm tắt:

Tần suất sự cố trên lưới điện phân phối của Tổng Công ty Điện lực Hà Nội có nguyên nhân từ sét chiếm tỷ trọng tương đối cao trong những năm gần đây. Sự cố do sét có thể gây ra hư hỏng thiết bị và gián đoạn cung cấp điện của các đường dây tải điện trên không. Để cải thiện khả năng chịu sét của các đường dây này, hệ thống điện cực tiếp địa cần được tính toán, thiết kế sao cho có khả năng thoát sét tốt nhất. Nghiên cứu này từ đó đề xuất một phương pháp tính toán trị số điện trở một chiều và tổng trở xung kích trong miền thời gian của điện cực tiếp địa bằng mô phỏng số. Các mô phỏng số được áp dụng cho tiếp địa của đường dây trung thể của Tổng Công ty Điện lực Hà Nội. Các kết quả đạt được cho phép kiểm tra và khuyến nghị các cấu hình điện cực phù hợp đối với các vùng đất có trị số điện trở suất đất cao và có thể ứng dụng rộng rãi cho các đường dây phân phối điện trung thế.

Từ khóa:

Điện trở tiếp địa, tổng trở xung kích, điện trở suất đất, dòng điện sét, Comsol.

Abstract:

Failure rate due to lightning strikes on the distribution lines of EVNHanoi is quite high during the past years. Lightning strikes can lead to the equipment damage and interruption of power supply of overhead distribution lines. The grounding electrode system should be calculated and designed to improve the lightning performance of these lines. This study then proposes a method to calculate the DC resistance and the impulse impedance in the time domain of the grounding electrode by numerical simulation. The simulation was applied to the grounding electrode of EVN Hanoi distribution lines. The obtained results allowed to verify and recommend suitable electrode configurations for areas with high soil resistivity values and can be widely applied to medium voltage distribution lines.

Keywords:

Grounding resistance, impulse impedance, soil resistivity, lightning current, Comsol.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

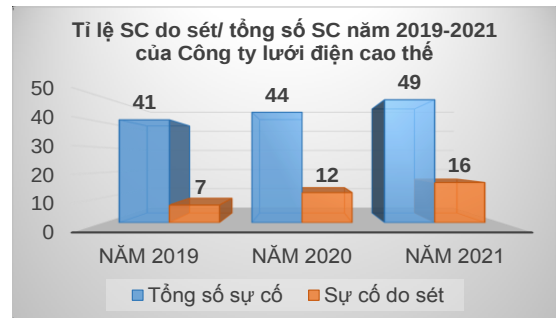
Thống kê ở một số nước như Trung Quốc,

Nhật Bản và Malaysia chỉ ra rằng sét là nguyên nhân chủ yếu gây ra mất điện

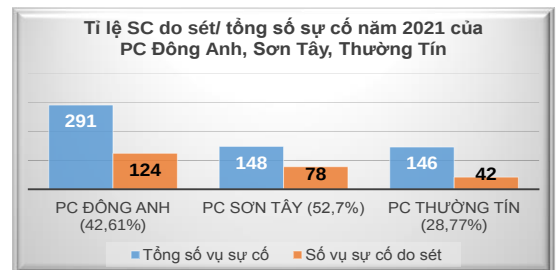
[1], [2], chiếm từ 40-70% tổng số lần mất điện [3]. Hiện nay có nhiều phương pháp hiệu quả để giảm tần suất mất điện do sét bao gồm việc sử dụng dây chống sét và chống sét van. Đây là các giải pháp phổ biến nhất trong bảo vệ chống sét để tăng cường độ tin cậy của hệ thống phân phối điện. Nhiều nghiên cứu về vấn đề này như Omiditara [4] chỉ ra rằng hiệu năng bảo vệ của dây chống sét phụ thuộc vào điện trở tiếp địa; Paulino [5] chứng minh rằng dạng sóng của dòng điện sét ảnh hưởng bởi điện trở suất của đất, chiều dài dây tiếp địa và khoảng cách giữa sét và dây pha.

Tài liệu [6] chỉ ra rằng điện trở tiếp địa, thời gian đầu sóng và biên độ dòng sét là các thông số quan trọng khi phân tích trị số điện áp giáng trên cách điện và tần suất phóng điện ngược. Tài liệu [7] cho thấy rằng tần suất phóng điện ngược được giảm thấp khi điện trở tiếp địa được giảm thấp nhất có thể. Mặt khác, kết quả nghiên cứu trong tài liệu [8] cho thấy việc giảm điện trở suất và hằng số điện môi của đất cho phép giảm tần suất mất điện từ 13-32% trên lưới điện phân phối. Một số nghiên cứu khác như [9] cho thấy việc sử dụng cấu trúc dây tiếp địa kép đối với cột điện thép là tối ưu.

Trong những năm gần đây, số vụ sự cố do nguyên nhân sét của các đường dây phân phối trên không của Tổng Công ty Điện lực Hà Nội (EVN Hà Nội) chiếm tỷ trọng tương đối cao trong tổng số vụ sự cố như báo cáo trong các Hình 1 và Hình 2.



Hình 1. Tần suất sự cố do sét/tổng số sự cố trên lưới điện cao thế của EVN Hà Nội



Hình 2. Tần suất sự cố do sét/tổng số sự cố tại một số công ty điện lực của EVN Hà Nội

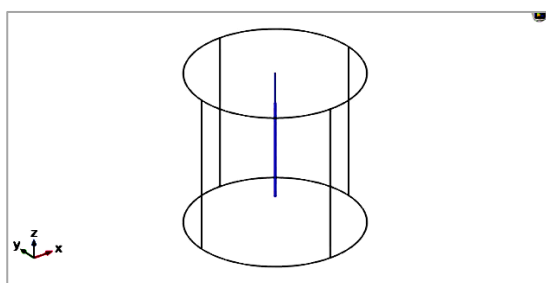
Để giảm suất sự cố, một trong những giải pháp quan trọng là cải thiện trị số điện trở tiếp địa cho các đường dây này. Trị số các điện cực tiếp địa thường được tính toán bằng phương pháp giải tích. Tuy nhiên, phương pháp này có hạn chế trong việc xét đến cấu trúc, hình dạng bất kỳ của điện cực cũng như tính không đồng nhất của điện trở suất của đất. Đặc biệt, các điện cực tại các khu vực đất có điện trở suất cao cần được bổ sung tiếp địa sẽ rất khó khăn trong việc tính toán để xác định trị số phù hợp. Mặt khác, đáp ứng xung kích của điện cực tiếp địa đối với dòng sét có biên độ và tần số cao thường chưa được tính toán và đo lường thực tế mà chỉ thực hiện thí nghiệm đo điện trở tản một chiều. Chính vì vậy, nghiên cứu tính toán tổng trở xung kích của điện cực cần được thực hiện bằng phương pháp mô phỏng số

để phản ánh đúng bản chất vật lý của hiện tượng. Từ đó, nghiên cứu này đề xuất sử dụng phương pháp mô phỏng số nhằm tính toán trị số điện trở một chiều và đáp ứng xung kích của các điện cực thường được sử dụng cho lưới điện trung thế của EVN Hà Nội.

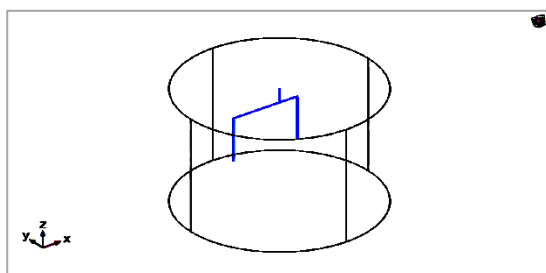
2. MÔ PHỎNG ĐIỆN CỰC TIẾP ĐỊA ĐƯỜNG DÂY TRUNG THỂ BẰNG MÔ PHỎNG SỐ

2.1. Mô hình mô phỏng tính toán điện trở tản một chiều bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Môđun AC/DC của chương trình Comsol Multiphysics được sử dụng để tính toán điện trở tản một chiều của điện cực.



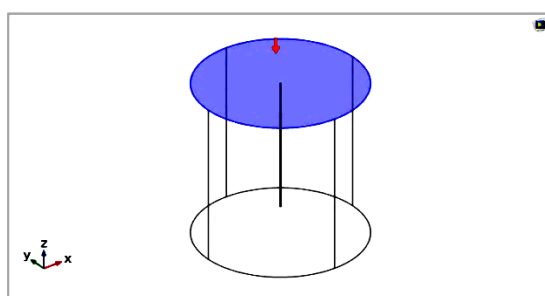
Hình 3. Mô hình mô phỏng điện cực RC1



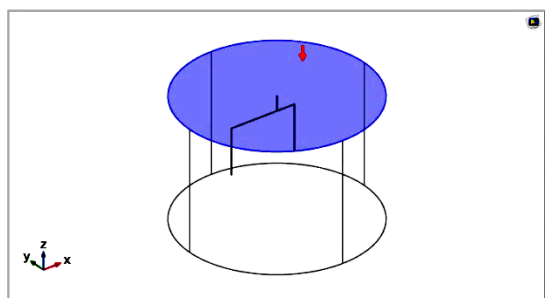
Hình 4. Mô hình mô phỏng điện cực RC2

Trên thực tế, các đường dây trung thế của EVN Hà Nội thường được tiếp địa bằng điện cực dạng một cọc (RC1) do tính đơn giản trong thi công. Mô phỏng ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn được thực

hiện trong không gian ba chiều cho các điện cực tiêu chuẩn RC1 (một cọc) và điện cực cải tạo RC2 (hai cọc). Điện cực RC2 được bổ sung thêm cọc có thể được sử dụng thay thế cho RC1 tại các vị trí khi mà điện trở tản RC1 có trị số cao. Các điện cực bằng đồng được đặt trong một miền không gian hình trụ tròn có thuộc tính của đất, có kích thước sao cho khoảng cách từ bề mặt bên của hình trụ đến tâm của điện cực lớn hơn ít nhất 5 lần bán kính của điện cực.



Hình 5. Biên Lumped port mô phỏng tính toán tổng trở xung kích của điện cực RC1



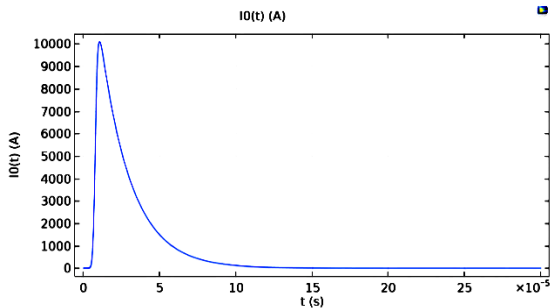
Hình 6. Biên Lumped port mô phỏng tính toán tổng trở xung kích của điện cực RC2

Các điều kiện bờ được đặt trên mặt bên và mặt dưới của khối trụ với giả thiết điện thế bằng 0, điều kiện bờ cách điện được gán cho mặt trên của khối trụ (Hình 3 và Hình 4). Điện thế có trị số 1V được đặt vào các điện cực từ đó cho phép tính toán trị số điện trở tản một chiều của các điện cực này.

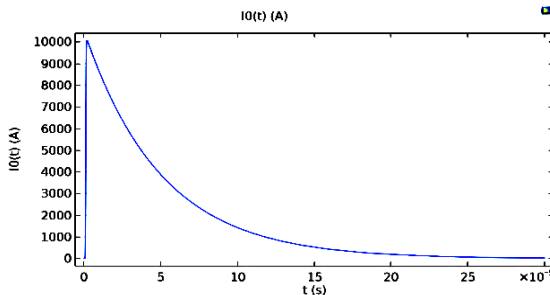
2.2. Mô hình mô phỏng tính toán tổng trở xung kích bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Môđun RF mô phỏng quá trình quá độ của sóng điện từ trong chương trình Comsol Multiphysics được ứng dụng để tính toán trị số tổng trở xung kích của các điện cực RC1 và RC2 trong miền thời gian. Biên Lumped port được gán cho bề mặt trên của khối trụ tròn để mô phỏng sự lan truyền của dòng điện sét qua điện cực như minh họa trên Hình 5 và Hình 6. Dòng điện được bơm vào biên Lumped port có dạng xung kích để mô phỏng dòng điện sét. Trong nghiên cứu này, hai dạng sóng dòng điện sét có biên độ 10 kA, độ dốc 8/20 và 1,2/50 μ s được mô phỏng.

Các dạng sóng dòng điện xung kích này được giới thiệu trên Hình 7 và Hình 8.



Hình 7. Dòng điện sét biên độ 10 kA, thời gian đầu sóng/thân sóng 8/20 μ s được sử dụng mô phỏng tính toán trị số tổng trở xung kích



Hình 8. Dòng điện sét biên độ 10 kA, thời gian đầu sóng/thân sóng 1,2/50 μ s được sử dụng mô phỏng tính toán trị số tổng trở xung kích

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Thông số của hệ thống tiếp địa RC1 và RC2 được báo cáo trong Bảng 1. Các phần tiếp theo lần lượt giới thiệu các kết quả mô phỏng tính toán điện trở tản một chiều và tổng trở xung kích của các điện cực này.

Bảng 1. Thông số của hệ thống điện cực tiếp địa RC1 và RC2.

Thông số	Điện cực RC1	Điện cực RC2
Độ chôn sâu	0,8 m	0,8 m
Đường kính cọc	3 cm	3 cm
Độ dài cọc	2,5 m	2,5 m
Khoảng cách cọc	0	3,6 m
Điện trở suất của đất	100 Ω m	100 Ω m

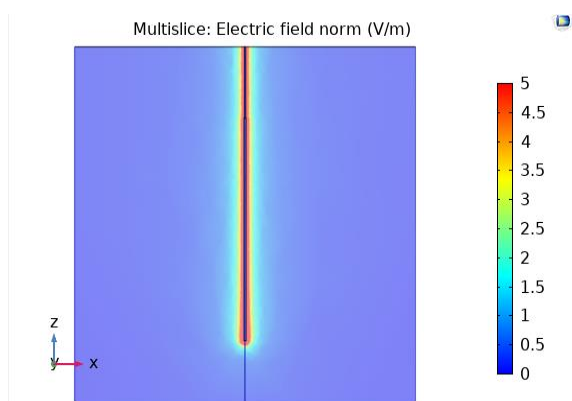
3.1. Tính toán điện trở tản một chiều

Phân bố điện trường tĩnh trên điện cực RC1 được giới thiệu trên Hình 9. Phân bố điện trường tĩnh trên điện cực RC2 được giới thiệu trên Hình 10.

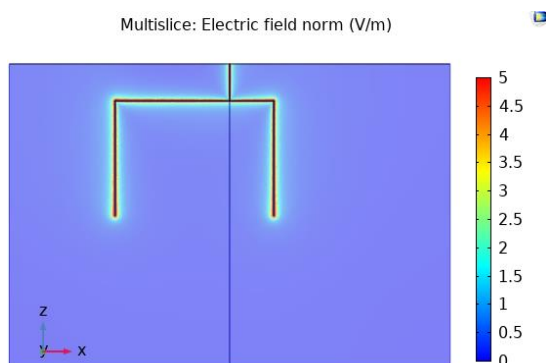
Trị số điện trở tản một chiều của các điện cực được báo cáo trong Bảng 2.

Từ kết quả mô phỏng có thể thấy điện trở tản của 1 cọc RC1 có thể không đủ thấp tại các vùng đất có điện trở suất cao, cần phải thay thế bằng điện cực RC2. Mặt khác, phương pháp mô phỏng số cho thấy khả năng khuyến nghị và tính toán các cấu trúc điện cực hỗn hợp, ví dụ cấu trúc điện cực RC2. Từ đó, các cấu trúc điện cực phức tạp, tăng cường tia và cọc có thể được thiết kế, tính toán bằng phương pháp

này để cải thiện khả năng thoát sét cho các đường dây trung thế.



Hình 9. Phân bố điện trường tĩnh trên điện trở RC1



Hình 10. Phân bố điện trường tĩnh trên điện trở RC2

Bảng 2. Điện trở tản một chiều của điện cực tiếp địa RC1 và RC2

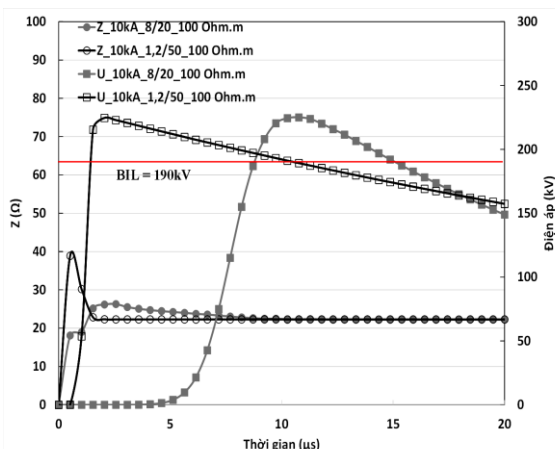
Thông số	Điện cực RC1	Điện cực RC2
Điện trở tản một chiều	22,32 Ω	10,89 Ω

3.2. Tính toán tổng trở xung kích

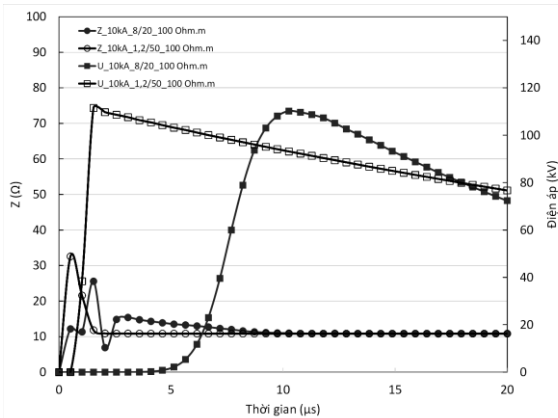
Điện trở tản một chiều không phản ánh được đáp ứng quá độ khi điện cực tản dòng điện xung kích do sét. Điều này có thể lý giải tại sao các điện cực tiếp địa có trị số điện trở một chiều thấp vẫn có khả

năng gây ra phóng điện ngược trên cách điện đường dây, đặc biệt khi xuất hiện các cú sét có độ dốc đầu sóng lớn. Chính vì vậy, các kết quả tính toán tổng trở xung kích của các điện cực RC1 và RC2 với các độ dốc đầu sóng khác nhau được báo cáo trong phần này. Hình 11 giới thiệu trị số tổng trở xung kích và điện áp giáng trên điện cực RC1 khi thoát dòng sét biên độ 10 kA với đặc tính thời gian lần lượt là 8/20 và 1,2/50 μs . Từ kết quả tính toán có thể thấy rằng điện áp giáng trên điện cực cũng như cách điện của đường dây 35 kV đã có thể vượt ngưỡng chịu đựng xung kích (BIL=190 kV) khi tổng trở quá độ còn chưa giảm về trị số tĩnh (22 Ω như đã tính toán trong phần điện trở tản một chiều). Vì vậy có thể thấy rằng việc tính toán tổng trở xung kích là rất quan trọng trong thiết kế tiếp địa.

Hình 12 giới thiệu trị số tổng trở xung kích và điện áp giáng trên điện cực RC2 khi thoát dòng sét biên độ 10 kA với tính thời gian lần lượt là 8/20 và 1,2/50 μs .



Hình 11. Tổng trở xung kích và điện áp giáng trên điện cực RC1 với dòng sét biên độ 10 kA, thời gian 8/20 và 1,2/50 μs



Hình 12. Tổng trở xung kích và điện áp giáng trên điện cực RC2 với dòng sét biên độ 10 kA, thời gian 8/20 và 1,2/50 μ s

Trị số tổng trở xung kích và điện áp giáng trên điện cực RC2 đã được giảm thấp so với điện cực RC1 do được bổ sung thêm cọc.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này giới thiệu phương pháp mô phỏng số sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn cho tính toán trị số điện trở tản và tổng trở tiếp địa của đường dây trung thế. Phương pháp được ứng dụng cho tính toán tiếp địa đường dây 35 kV trên lưới điện phân phối của Tổng Công ty Điện lực Hà Nội. Các kết quả mô phỏng đã chỉ ra rằng phương pháp mô phỏng số rất phù hợp để tính toán các hệ thống điện cực có cấu trúc phức tạp. Hệ thống điện cực RC2 phù hợp thay thế cho các điện cực RC1 khi cần cải thiện khả năng thoát sét tại các vị trí cột xung yếu có điện trở suất đất cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. He; X. Wang; Z. Yu, R. Zeng, "Statistical Analysis on Lightning Performance of Transmission Lines in Several Regions of China" in IEEE Transactions on Power Delivery, 30, 1543–1551, 2015.
- [2] A. Rahiminejad, B. Vahidi, "LPM-Based Shielding Performance Analysis of High-Voltage Substations Against Direct Lightning Strokes" in IEEE Transactions on Power Delivery, 32, 2218–2227, 2017.
- [3] J. Wang, J. Liu, G. Wu, Q. Liu, W. Guo, "Research and application of jet stream arc-quenching lightning protection gap (JSALPG) for transmission lines" in IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 22, 782–788, 2015.
- [4] M. Omidiora, M. Lehtonen, "Mitigation of Lightning Flashover from Tree to Medium Voltage Aerial Cable Using Shield Wire" in IEEE Transactions on Power Delivery, 32, 1924–1934, 2017.
- [5] J.O.S. Paulino, C.F. Barbosa, I.J.S. Lopes, W.D.C. Boaventura, G.C.D. Miranda, "Indirect Lightning Performance of Aerial Distribution Lines Considering the Induced-Voltage Waveform" in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 57, 1123–1131, 2015.
- [6] S. Bunjongjit, A. Ngaopitakkul, "Relation of Influential Parameters to Back-Flashover on the Insulators in Transmission Tower" in International Review of Electrical Engineering, 10, 244–256, 2015.
- [7] J. Wang, D. Wu, "Development of an arc-extinguishing lightning protection gap for 35 kV overhead power lines" in IET Generation, Transmission and Distribution, 11, 2897–2901, 2017.
- [8] S. Visacro, F.H. Silveira, "The Impact of the Frequency Dependence of Soil Parameters on the

Lightning Performance of Transmission Lines” in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 57, 434–441, 2015.

- [9] Y. Huangfu, S. Wang, X. Tao, “Transient Lightning Impulse Performance Analysis for Composite Transmission Line Tower” in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 57, 1103–1111, 2015.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Trần Anh Tùng tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện tại Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2007, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Đại học Bách khoa Grenoble, Cộng hòa Pháp năm 2008, nhận bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật điện tại Đại học Paul-Sabatier, Toulouse, Pháp năm 2012. Hiện nay tác giả là Trưởng Bộ môn Mạng và Hệ thống điện, Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: lưới điện thông minh, tính toán khả năng tải của cáp ngầm cao thế, vật liệu điện polyme và nanocomposite.