

NÂNG CAO HIỆU QUẢ CHỐNG SÉT ĐÁNH TRỰC TIẾP CHO CÁC ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG 110 kV BẰNG HỆ THỐNG TRUYỀN DẪN ĐIỆN TÍCH

IMPROVEMENT OF DIRECT LIGHTNING STRIKES PERFORMANCE OF 110 kV OVERHEAD LINES BY MEANS OF THE CHARGE TRANSFER SYSTEM

Trần Anh Tùng

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 27/3/2024, Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024, Phản biện: TS. Nguyễn Văn Vinh

Tóm tắt:

Suất cắt điện của các đường dây trên không 110 kV bị ảnh hưởng chịu tác động lớn bởi các cú sét đánh trực tiếp vào đường dây. Nhiều phương pháp đã được áp dụng để cải thiện hiệu quả chống sét cho đường dây trên không như sử dụng dây chống sét, chống sét van, giảm tổng trở thân cột và tổng trở tiếp địa. Bài báo này giới thiệu một phương pháp bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho đường dây 110 kV bằng hệ thống truyền dẫn điện tích. Mô phỏng số sử dụng phương pháp các phần tử hữu hạn cho thấy rằng sự tăng cường ion hóa dẫn đến giảm cường độ điện trường tại lân cận đỉnh cột cho phép làm giảm xác suất xảy ra phóng điện giữa đám mây và cột điện được lắp đặt hệ thống truyền dẫn điện tích. Kết quả vận hành thực tế của đường dây mạch kép 172, 173E10.5 - 176, 175E1.35 sau khi được lắp đặt hệ thống truyền dẫn điện tích của Công ty Lưới điện cao thế Thành phố Hà Nội cho thấy không có sự cố nào do sét đánh trên đường dây được ghi nhận trong năm 2022.

Từ khóa:

Hệ thống truyền dẫn điện tích, suất cắt, cường độ điện trường, điện tích không gian, mô phỏng số.

Abstract:

The outage rate of 110kV overhead lines is greatly affected by direct lightning strikes on the line. Many methods have been applied to improve the effectiveness of lightning protection for overhead lines such as using shield wires, surge arresters, reducing tower surge impedance and grounding impedance. This article introduces a protection method against direct lightning strikes for 110kV overhead lines using a Charge Transfer System (CTS). Numerical simulations using the finite elements method demonstrated that an increase ionization by the CTS leads to a decrease in electric field strength in the vicinity of the tower top. Therefore, the probability of a direct discharge from the cloud to the tower decreases. Experimental datas of the double circuit lines 172, 173E10.5 - 176, 175E1.35 within the CTS of Hanoi High Voltage Grid Company in 2022 do not show any failure due to lightning strikes on the lines.

Keywords:

Charge Transfert System, outage rate, electric field strength, space charge, numerical simulation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sét là một trong các nguyên nhân chủ yếu gây ra các sự cố mất điện tại nhiều quốc gia. Thống kê cho thấy, số vụ sự cố mất điện do sét có thể chiếm từ 40-70% tổng số lần mất điện [1]. Nhiều giải pháp hạn chế sự cố do sét đã được áp dụng rộng rãi, trong đó có thể chia làm hai nhóm chính:

- Hệ thống thu hút và tiêu tán dòng điện sét;
- Hệ thống ngăn ngừa các cú sét đánh trực tiếp.

Hệ thống thu hút và tiêu tán dòng sét cho các đường dây tải điện trên không có thể bao gồm các dây chống sét hoặc kim thu sét Franklin truyền thống, chống sét van, các dây tiếp địa và hệ thống điện cực nổi đất. Nhiều giải pháp cải thiện từng phần tử của hệ thống thu và dẫn sét hoặc kết hợp cải tạo đồng thời các phần tử đã được áp dụng để làm giảm suất sự cố do sét cho đường dây tải điện trên không như sử dụng dây chống sét [2], tăng cường mật độ rải chống sét van [3], giảm tổng trở sóng thân cột và tổng trở tiếp địa [4], [5]. Nhìn chung các giải pháp này mang lại hiệu quả hạn chế sự cố do sét, tuy nhiên phương pháp bảo vệ này phải chấp nhận sự lan truyền của dòng điện sét và các xung quá điện áp có cường độ lớn qua các phần tử của hệ thống. Điều này có thể gây tác động lên sự vận hành tin cậy và tuổi thọ của các phần tử đường dây như chuỗi

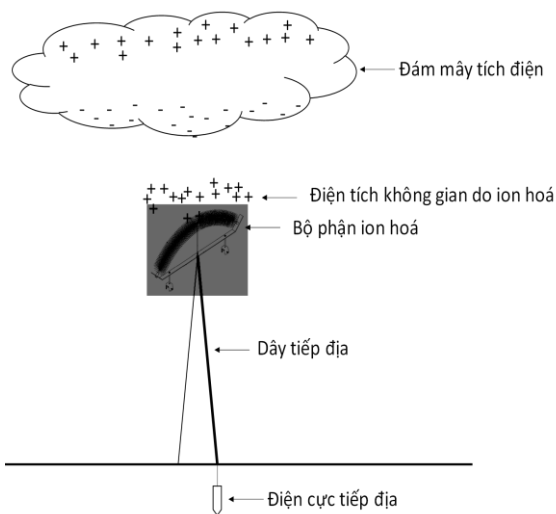
cách điện và các chống sét van khi có sự tích lũy hiệu ứng của các sự kiện phóng điện sét trong quá khứ.

Chính vì vậy, nhu cầu bảo vệ các phần tử xung yếu của đường dây như chuỗi cách điện hay các thiết bị điện tử nhạy cảm tại trạm biến áp khỏi các hiệu ứng quá độ cường độ cao của dòng điện sét đặt ra các yêu cầu cho hệ thống ngăn ngừa sét đánh trực tiếp hơn là thu hút và tiêu tán chúng [6].

Hệ thống này nằm trong nhóm các giải pháp phi truyền thống, được gọi là hệ thống truyền dẫn điện tích (Charge Transfer System - CTS). Nội dung của bài báo này nhằm giới thiệu cấu trúc, nguyên lý hoạt động của hệ thống CTS trong việc ngăn ngừa sét đánh trực tiếp. Mô phỏng số sau đó được thực hiện bằng phương pháp các phần tử hữu hạn cho đường dây mạch kép 172, 173E10.5-176, 175E1.35 sử dụng hệ thống CTS của Công ty Lưới điện cao thế Hà Nội. Các kết quả mô phỏng được giới thiệu nhằm đánh giá hiệu quả vận hành hệ thống CTS khi so sánh với dữ liệu suất sự cố thực tế của đường dây trước và sau khi lắp đặt hệ thống này.

2. HỆ THỐNG TRUYỀN DẪN ĐIỆN TÍCH

Hệ thống CTS lần đầu tiên được nghiên cứu trong những năm 1990 bởi Carpenter và Drabkin [7]. Cấu trúc cơ bản của hệ thống CTS gồm 3 phần tử như minh hoạ trong Hình 1: bộ phận ion hoá, dây tiếp địa, điện cực tiếp địa.



Hình 1. Cấu trúc của hệ thống CTS

Điểm khác biệt của hệ thống CTS so với kim thu sét Franklin truyền thống chủ yếu ở bộ phận ion hoá, thường có dạng các chùm mũi nhọn. Sự cải thiện đáng kể khả năng bảo vệ cho đối tượng để ngăn ngừa các cú sét trực tiếp được ghi nhận đối với hệ thống CTS. Hiệu năng bảo vệ của hệ thống này dựa trên hiện tượng dòng điện phát xạ ra vùng không gian xung quanh tại các điểm mũi nhọn của cấu trúc dưới tác dụng của điện trường. Một vùng điện tích không gian được sinh ra tại lân cận bộ phận ion hóa của hệ thống CTS dưới ảnh hưởng của điện trường của đám mây tích điện cho phép làm giảm cường độ điện trường tại lân cận và phía dưới vị trí bộ phận ion hóa [8]. Sự suy giảm cường độ điện trường này dẫn đến giảm khả năng hình thành kênh phóng điện giữa tia tiên đạo từ đám mây và hệ thống CTS, từ đó đối tượng sử dụng CTS được bảo vệ khỏi các cú sét đánh trực tiếp.

Các hệ thống CTS được ứng dụng trên đường dây mạch kép 172, 173E10.5 - 176, 175E1.35 của Công ty Lưới điện Cao thế Hà Nội được giới thiệu trên Hình 2. Cột đỡ dạng mạch kép 110 kV được minh họa trên Hình 3.

3. MÔ HÌNH MÔ PHÒNG HỆ THỐNG CTS BẰNG PHƯƠNG PHÁP CÁC PHẦN TỬ HỮU HẠN

Mô hình đường dây 110 kV mạch kép 172, 173E10.5-176, 175E1.35 sử dụng hệ thống CTS được xây dựng trong chương trình Comsol Multiphysics để mô phỏng ảnh hưởng của hệ thống này tới phân bố điện trường tại đỉnh cột bằng phương pháp các phần tử hữu hạn.

Mô đun vật lý Electrostatics được sử dụng để mô tả hiện tượng tĩnh điện do tích lũy điện tích trên cột và hệ thống CTS. Mô hình cột thép 110 kV đường dây mạch kép và hệ thống CTS đặt trên đỉnh cột điện theo hướng vuông góc với dây dẫn được giới thiệu trên Hình 4.

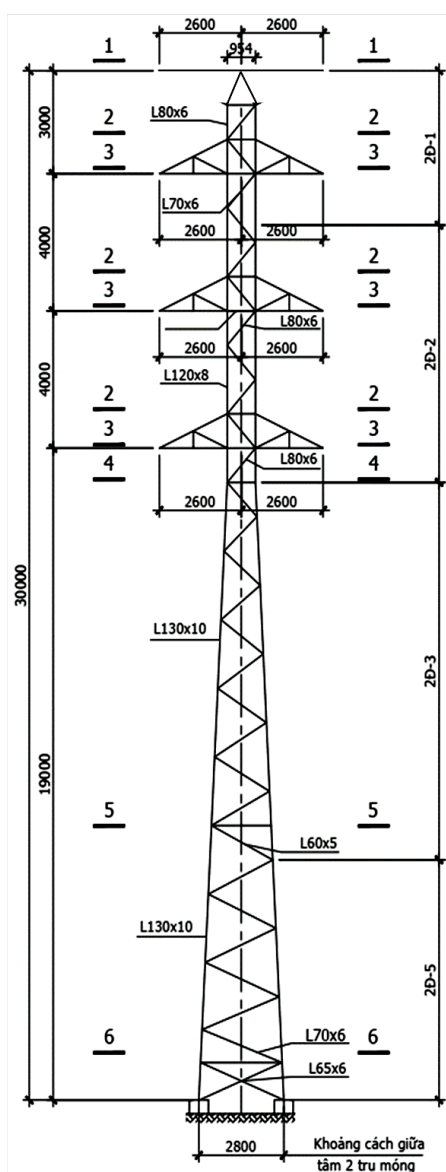
Các tính chất chính của vật liệu thép gán cho cột thép hình 110 kV và hệ thống CTS được báo cáo trong Bảng 1.

Bảng 1. Tính chất của vật liệu mô phỏng cột thép và hệ thống CTS

Thuộc tính	Trị số
Loại vật liệu	Thép
Điện dẫn suất	$2.17 \cdot 10^{-6}$ S/m
Độ từ thẩm	1 ở 4000 A/m
Hằng số điện môi	1

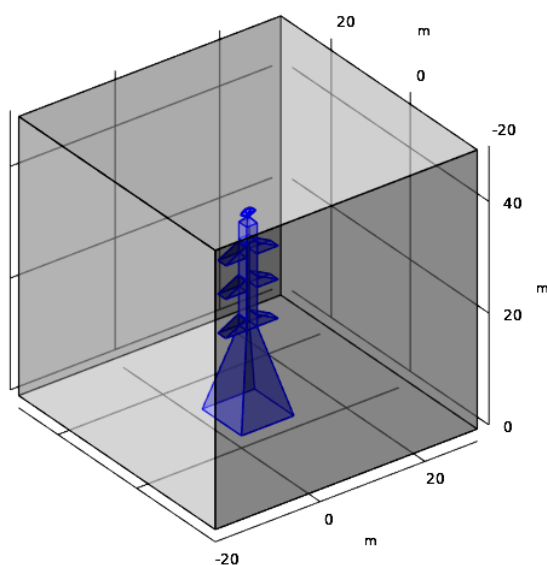


Hình 2. Hệ thống CTS ứng dụng cho đường dây mạch kép 172, 173E10.5 - 176, 175E1.35



Hình 3. Cột thép đỡ mạch kép của đường dây 110 kV 172, 173E10.5 - 176, 175E1.35

Khối hộp lập phương được gán thuộc tính không khí có kích thước các cạnh 60 m, đảm bảo đủ lớn để mô phỏng phân bố điện trường trong khoảng không gian xung quanh thân cột. Điều kiện biên Electric Potential ($V=0$) được áp dụng cho các mặt bên của khối lập phương trừ mặt đáy. Điều kiện biên Zero Charge được gán cho mặt đáy. Điều kiện biên Terminal (ở đây dùng Terminal dạng Charge với trị số lần lượt được gán là 1C và 2C) được áp dụng cho thân cột thép và hệ thống CTS. Trị số của điện tích Q tích lũy trên cột và hệ thống CTS được thay đổi nhằm để xem xét ảnh hưởng tới sự phân bố điện trường tại đỉnh cột điện. Hai trường hợp cột thép hình 110 kV sử dụng và không sử dụng hệ thống CTS được so sánh để làm rõ ảnh hưởng của hệ thống này.



Hình 4. Mô hình 3D của cột thép đường dây 110 kV mạch kép sử dụng hệ thống CTS trong chương trình Comsol Multiphysics

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Các trường hợp mô phỏng phân bố điện trường trên cột thép trong điều kiện sử dụng và không sử dụng hệ thống CTS được trình bày trong Bảng 2.

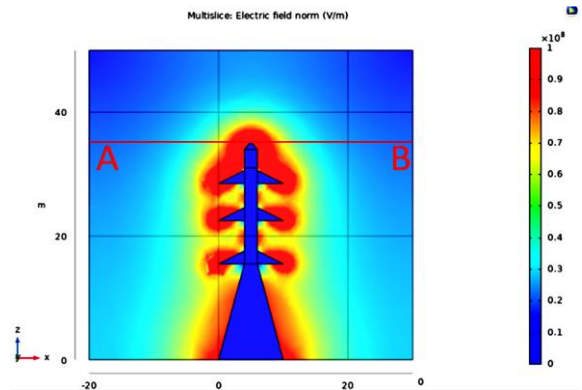
Phân bố cường độ điện trường trên cột thép không có và có hệ thống CTS khi tích lũy lượng điện tích 1C được giới thiệu trên Hình 5 và Hình 6.

Bảng 2. Các trường hợp mô phỏng

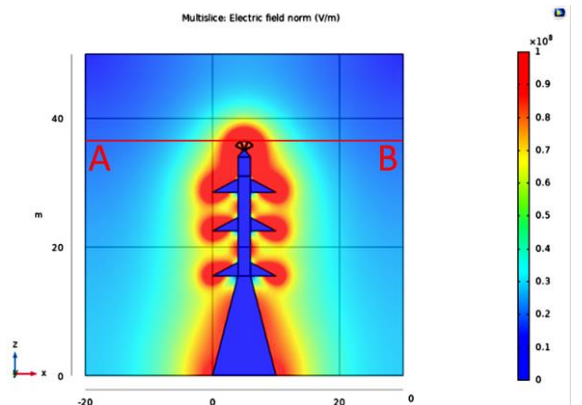
Các trường hợp	Không có CTS	Có CTS
Trị số điện tích dương tích lũy trên cấu trúc	1C	1C
Trị số điện tích dương tích lũy trên cấu trúc	2C	2C

Trị số cường độ điện trường tại đỉnh cột dọc theo đường thẳng AB (đường thẳng màu đỏ trên Hình 5 và Hình 6) được khảo sát và vẽ đồ thị để phân tích rõ hơn ảnh hưởng của hệ thống CTS tới phân bố điện trường tại khu vực này. Trị số cường độ điện trường theo đường thẳng AB được giới thiệu trên Hình 7 (trường hợp cột tích lũy điện tích 1C) và Hình 8 (trường hợp cột tích lũy điện tích 2C).

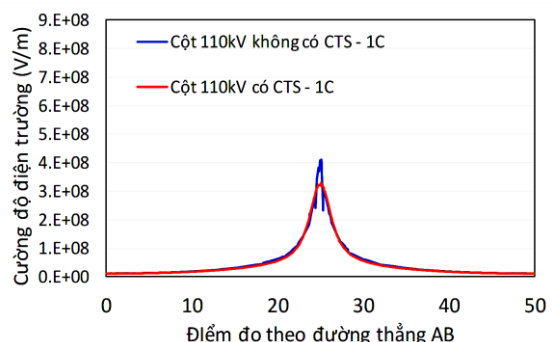
Các kết quả mô phỏng phân bố cường độ điện trường tại đỉnh cột cho thấy hệ thống CTS có tác dụng làm giảm cường độ trường tại vị trí này so với khi không sử dụng hệ thống này.



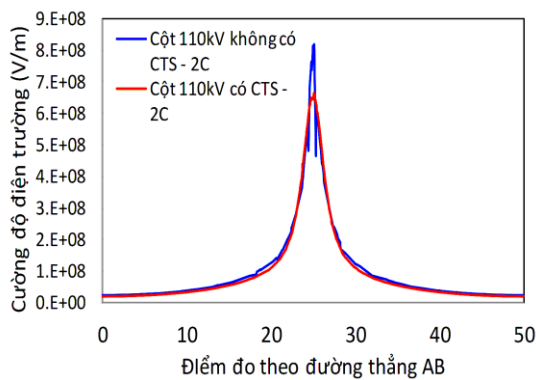
Hình 5. Phân bố cường độ điện trường trên cột thép 110 kV hai mạch khi không sử dụng hệ thống CTS – Cột tích lũy điện tích 1C



Hình 6. Phân bố cường độ điện trường trên cột thép 110 kV hai mạch khi sử dụng hệ thống CTS – Cột tích lũy điện tích 1C



Hình 7. Phân bố cường độ điện trường trên đỉnh cột thép 110 kV hai mạch khi có và không có hệ thống CTS – Cột tích lũy điện tích 1C



Hình 8. Phân bố cường độ điện trường trên đỉnh cột thép 110 kV hai mạch khi có và không có hệ thống CTS – cột tích lũy điện tích 2C

Mặt khác đường phân bố cường độ điện trường có dạng đồng đều hơn so với dạng mũi nhọn trong trường hợp không sử dụng hệ thống CTS. Lượng điện tích tích lũy trong cấu trúc cột và hệ thống CTS tỉ lệ thuận với trị số cường độ điện trường trên các đối tượng này.

Bảng 3. Tần suất sự cố do sét của đường dây 110 kV 172, 173E10.5 - 176, 175E1.35

Thời gian vận hành	Số vụ sự cố do sét
Năm 2019-2021 - Không có hệ thống CTS	6
Năm 2022 - Sử dụng hệ thống CTS	0

Hiệu ứng giảm cường độ điện trường tại đỉnh cột từ đó có thể giải thích cho kết quả vận hành thực tế của đường dây 110 kV mạch kép 172, 173E10.5-176, 175E1.35 sử dụng hệ thống CTS trong việc nâng cao hiệu quả chống sét đánh

trực tiếp vào đường dây này.

Bảng 3 giới thiệu tần suất sự cố của đường dây do sét trong giai đoạn 2019-2022.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này phân tích đánh giá ảnh hưởng của việc sử dụng hệ thống truyền dẫn điện tích CTS tới hiệu quả bảo vệ chống sét đánh trực tiếp cho các đường dây trên không 110 kV.

Kết quả mô phỏng bằng phương pháp các phần tử hữu hạn chỉ ra rằng hệ thống CTS có tác dụng làm giảm cường độ điện trường tại vị trí đỉnh cột do hiện tượng ion hóa tạo ra các điện tích không gian tại lân cận vị trí này, từ đó cho phép giảm xác suất hình thành kênh phóng điện giữa đám mây tích điện và cột điện. Kết quả mô phỏng hoàn toàn phù hợp để giải thích sự hiệu quả trong vận hành thực tế hệ thống CTS đối với đường dây 110kV mạch kép 172, 173E10.5- 176, 175E1.35 của Công ty Lưới điện cao thế Thành phố Hà Nội.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả trân trọng cảm ơn Công ty Lưới điện cao thế Thành phố Hà Nội đã phối hợp cung cấp dữ liệu để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] 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.
- [2] A. Piantini, “Analysis of the effectiveness of shield wires in mitigating lightning-induced voltages on power distribution lines” in Electric Power Systems Research, Volume 159, Pages 9-16, 2018.
- [3] J. Chen, M. Zhu, “Calculation of Lightning Flashover Rates of Overhead Distribution Lines Considering Direct and Indirect Strokes” in IEEE Trans. Electromagn. Compat, 56, 668–674, 2014.
- [4] Báo cáo tổng kết đề tài Tổng công ty điện lực miền Bắc, “Nghiên cứu thiết kế bổ sung chống sét cho đường dây 110kV”, 2020.
- [5] J. Wang, D. Wu, “Development of an arc-extinguishing lightning protection gap for 35 kV overhead power lines” in IET Gener. Transm. Distrib, 11, 2897–2901, 2017.
- [6] M. M. Drabkin, “Interaction between lightning channel and CTS” in IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility. Symposium Record (Cat. No.99CH36261), Seattle, WA, USA, pp. 643-647, vol 2, 1999.
- [7] M. M. Drabkin and R. B. Carpenter, “The Influence of the Local Space Charges on the Lightning Attachment Process,” 25th ICLP, pp. 380-384, 2000.
- [8] M. M. Drabkin, “Protection zone of the charge transfer system” in Eleventh International Symposium on High Voltage Engineering, London, UK, pp. 423-425, vol 2, 1999.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Trần Anh Tùng tốt nghiệp Đại học Bách khoa Hà Nội ngành hệ thống điện năm 2007, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Đại học Bách khoa Grenoble, Cộng hoà 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, quá điện áp trong hệ thống điện, vật liệu cách điện polyme và nanocomposite.

