

NGHIÊN CỨU CÁC BIỆN PHÁP PHÒNG SÉT, TAN BĂNG CHO ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI ĐIỆN TRÊN KHÔNG ĐI QUA KHU VỰC BĂNG TUYẾT

● NGUYỄN TRUNG THỌẠI

TÓM TẮT:

Đối với đường dây truyền tải điện trên không (ĐDK) đi qua khu vực băng tuyết, dây chống sét (DCS) có tác dụng bảo vệ chống sét cho ĐDK. Đồng thời DCS cũng bị đóng một lớp băng, làm dây võng xuống. Khi băng tuyết tan ra, do sự tan băng không đồng đều sẽ gây ra rung động và dẫn đến sự phóng điện giữa DCS và các dây dẫn điện, gây ra sự cố ngắt mạch thường xuyên. Do đó, việc nghiên cứu các biện pháp phòng sét, tan băng cho ĐDK đi qua khu vực băng tuyết là hết sức cần thiết. Bài báo sử dụng phần mềm PSCAD xây dựng mô hình mô phỏng sét đánh với hai trường hợp: khi hai DCS trực tiếp nối đất và hai DCS không trực tiếp nối đất (để thực hiện biện pháp tan băng), sau đó tiến hành mô phỏng, tính toán và phân tích mức độ chịu sét của ĐDK, cuối cùng đưa ra các giải pháp hợp lý để nâng cao tính năng chịu sét và tan băng cho đường dây.

Từ khóa: Bảo vệ sét đánh, khu vực băng tuyết, mức độ chịu sét, tan băng một chiều, tan băng xoay chiều.

I. Đặt vấn đề

Băng tuyết luôn là mối nguy hại lớn đối với đường dây truyền tải điện trên không. Trong những năm gần đây, ở Việt Nam, sự tác động của biến đổi khí hậu và môi trường diễn biến ngày càng phức tạp đã ảnh hưởng đến việc vận hành lưới điện. Nghiêm trọng hơn là sự xuất hiện băng tuyết tại các tỉnh miền núi phía Bắc xảy ra khá thường xuyên, gây ra sự cố ngắt mạch điện, đứt đường dây, gây xả trên đường dây, nhiều trạm biến áp ngừng làm việc... [1-2]. Trong điều kiện kinh tế Việt Nam ngày càng phát triển, nhu cầu cung cấp điện của khách hàng ngày càng cao. Do vậy, việc ứng phó với hiện tượng băng tuyết nhằm giảm sự cố ngắt mạch điện qua đó góp phần nâng cao độ tin cậy cung cấp điện là hết sức cần thiết. Bài báo liệt kê các phương pháp phòng sét, tan băng và tiến hành phân tích bài toán thực

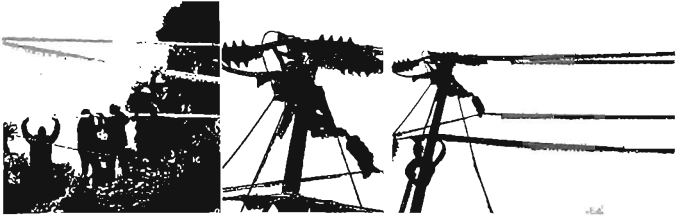
tế để so sánh mức độ chịu sét của đường dây trước và sau khi cài tạo DCS (để thực hiện biện pháp tan băng). Cuối cùng đưa ra giải pháp hợp lý để đảm bảo khả năng phòng sét và tan băng cho đường dây (Hình 1).

II. Nội dung nghiên cứu

1. Phòng sét đánh ĐDK

Phòng sét đánh ĐDK là bảo vệ đường dây không bị sét đánh hoặc giảm thiểu mức độ sét đánh. Đối với ĐDK cao áp và siêu cao sử dụng DCS là biện pháp bảo vệ cơ bản nhất, tác dụng chủ yếu của DCS là che chắn đường dây và giảm xác suất sét đánh trực tiếp đường dây, đồng thời có những tác dụng: phân dòng, giảm dòng điện sét qua trụ, giảm điện thế đỉnh trụ, tác dụng ngắt hợp điện tử giữa DCS và dây dẫn làm nâng cao điện thế dây dẫn khi sét đánh trụ, giảm điện áp đặt lên chuỗi cách điện; tác dụng che chắn làm giảm quá

Hình 1: Hệ thống lưới điện bị ảnh hưởng bởi băng tuyết tại các tỉnh miền núi phía Bắc, Việt Nam



điện áp cảm ứng trên dây dẫn. Điện áp đường dây càng cao thì hiệu quả của việc sử dụng DCS càng tốt. Tuy nhiên, đối với ĐDK đi qua những khu vực có băng tuyết, DCS vừa bảo vệ chống sét cho đường dây, đồng thời cũng gây ra những ảnh hưởng bất lợi như đã nêu.

2. Đường dây phủ băng và biện pháp tan băng

Lớp phủ băng luôn là mối đe dọa lớn đối với sự an toàn của các ĐDK ở các khu vực có băng tuyết. Hiện nay, trên thế giới đã có nhiều chuyên gia nghiên cứu về vấn đề đóng băng ĐDK và đã đạt được những kết quả nhất định: Pohlman và Landers đã đề xuất phương pháp chống đóng băng và khử băng cho đường truyền trên cao. Hesse đã đưa đề xuất công nghệ làm tan băng bằng rỗng rọc và dòng điện ngắn mạch... Tuy nhiên, các biện pháp trên chỉ xem xét đến sự tan băng mà chưa đề cập đến việc chống sét^[1-4].

Mặt khác, ĐDK thường có khoảng cách dài, phân bố rộng, đi qua nhiều địa hình phức tạp khác nhau. Do đó, phương pháp tan băng cơ học khó thực hiện, phương pháp tan băng thụ động hiệu quả thấp, phương pháp tan băng bằng nhiệt là chuyển điện năng thành nhiệt năng để làm tan băng thường được áp dụng, thực hiện bằng cách tăng dòng điện chạy trong dây dẫn sinh ra đủ nhiệt để đạt mục đích tan băng. Căn cứ vào dòng điện, phương pháp này được chia thành tan băng xoay chiều (AC) và tan băng một chiều (DC)^[1-4].

2.1. Tan băng xoay chiều

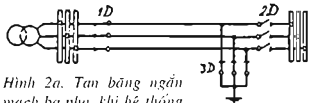
Tan băng xoay chiều là tan băng bằng cách cho dòng điện xoay chiều có giá trị lớn chạy qua dây dẫn để sinh ra nhiệt và tan băng. Có thể được chia thành tan băng mang tải và tan băng ngắn mạch.

Tan băng mang tải: không ngừng vận hành đường dây, thông qua việc thay đổi trào lưu công

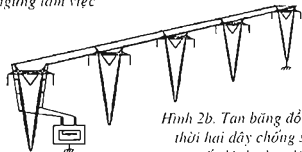
suất của đường dây, tăng giá trị dòng điện chạy trên đường dây để đạt đến tan băng.

Tan băng ngắn mạch: là thiết lập điểm ngắn mạch trên đường dây, hình thành sơ đồ ngắn mạch, đồng thời không chế dòng điện ngắn mạch trong phạm vi tan băng cho phép tối đa, để dây dẫn phát nhiệt tan băng. Phương pháp tan băng ngắn mạch được sử dụng rộng rãi, không chỉ áp dụng tan băng cho ĐDK (Hình 2a) mà còn áp dụng tan băng cho DCS (Hình 2b). Phương pháp này đòi hỏi hệ thống điện phải cung cấp một lượng công suất phân kháng đủ lớn và phù hợp tan băng cho ĐDK có điện áp nhỏ hơn 500kV^[1-4]. (Hình 2)

Hình 2: Phương pháp tan băng ngắn mạch



Hình 2a. Tan băng ngắn mạch ba pha, khi hệ thống ngừng làm việc



Hình 2b. Tan băng đồng thời hai dây chống sét (cấu hình vòng lặp)

2.2. Tan băng một chiều

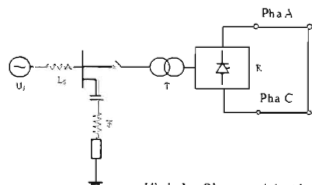
Cho dòng một chiều có giá trị lớn vào đường dây phủ băng (với một độ dài nhất định) sẽ sinh ra nhiệt và tan băng. Dòng điện một chiều ở đây có thể được chỉnh lưu từ dòng điện xoay chiều thông

qua các thiết bị điện tử công suất lớn. Đường dây cần tan băng sẽ được kết nối với hệ thống điện thông qua máy biến áp và bộ chỉnh lưu. Sơ đồ nguyên lý như Hình 3. Để tan băng đường dây 3 pha, có hai phương pháp nối dây như Hình 3a và Hình 3b.

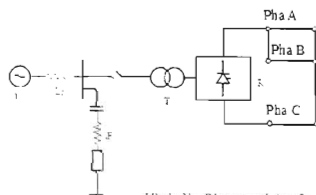
Tan băng một chiều theo phương pháp (1) hình 3a: ngắn mạch 2 đầu đường dây phủ băng pha A và C, sau đó nối 2 đầu còn lại của pha A và C với đầu ra của bộ chỉnh lưu để thực hiện tan băng. Phương pháp này sẽ làm tan băng đồng thời 2 pha cùng một lúc.

Tan băng một chiều theo phương pháp (2) hình 3b: ngắn mạch 3 đầu đường dây phủ băng pha A, B và C, hai đầu còn lại của pha A và B được nối chung với nhau, sau đó nối vào một đầu ra của bộ chỉnh lưu, đầu ra còn lại của bộ chỉnh lưu được nối với đầu còn lại của pha C. Phương pháp này chỉ có thể làm tan băng đối với pha C. Do đó, mạch 3 pha phủ băng, nếu muốn làm tan băng theo phương pháp (2) phải tiến hành 3 lần; còn nếu kết hợp tan băng theo hai phương pháp (1) và phương pháp (2) thì chỉ tiến hành 2 lần: trước tiên ta tiến hành tan băng 1 pha theo phương pháp (2) sau đó 2 pha còn lại ta tiến hành tan băng theo phương pháp (1)^[3-5]. (Hình 3)

Hình 3: Phương pháp tan băng một chiều



Hình 3a. Phương pháp (1)



Hình 3b. Phương pháp (2)

3. Phân tích bài toán thực tế

Để phân tích mức độ chịu sét của ĐDK khi hai DCS không trực tiếp nối đất (thực hiện biện pháp tan băng), bài toán 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 2 DCS, trong đó mô phỏng đoạn đường dây giữa khoảng trụ 114#~122#, độ dài 2,458km, có 2 DCS không trực tiếp nối đất để thực hiện biện pháp tan băng. Tham số tính toán như bảng 1, mật độ điện cảm của trụ 0,5(μH/m); điện trở nối đất 10Ω; dây dẫn loại LHAGJ-400/50; dây chống sét loại GJX-100. Cấp điện áp của khe hở phóng điện có nhiều loại: 14kV, 20,8kV, 22,3kV.... do tồn tại quá điện áp làm việc trên đường dây, cho nên điện áp cách điện phù hợp giữa DCS và trụ điện đối với đường dây 220kV được chọn là 35kV^[6-8].

Sau khi cài tạo 2 DCS không trực tiếp nối đất, mức độ chịu sét của đoạn đường dây sẽ bị ảnh hưởng đáng kể, do đó cần phải phân tích để đưa ra những biện pháp phù hợp nhằm đảm bảo khả năng phòng sét và tan băng cho đường dây. (Bảng 1)

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
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

4. Phân tích mô phỏng mức độ chịu sét khi DCS không trực tiếp nối đất

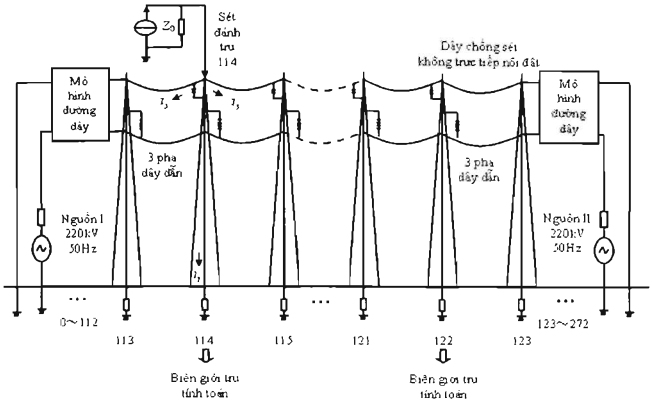
4.1. Phân tích mô phỏng

Căn cứ vào phân tích và đặc điểm đoạn đường dây nói trên vẽ được sơ đồ mô phỏng như (Hình 3).

4.1.1. Mô hình mô phỏng dòng điện sét

Trong bài báo, việc lập mô hình mô phỏng

Hình 3: Sơ đồ mô phỏng với 2 DCS không trực tiếp nối đất khi sét đánh đỉnh trụ



dòng điện sét được áp dụng theo công thức (1) và hai chỉ số dòng điện sét được chọn là $2.6/50 \mu s^{(6-8)}$.

$$I = I_0(e^{-\alpha x} - e^{-\beta x}) \quad (1)$$

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

4.1.2. Mô hình mô phỏng đường dây

Mô hình mô phỏng đường dây áp dụng mô hình tham số biến tần. Do độ cao của các trụ khảo sát không giống nhau nên trong tính toán độ cao trung bình của các trụ được tính theo công thức (2)⁽⁶⁻⁸⁾:

$$h_{tb} = (\sum_i h_i d_i / \sum_i d_i) \cdot L$$

Trong đó: h_{tb} độ cao trung bình của trụ; h_i độ cao trụ thứ i ; d_i khoảng cách thứ i giữa hai trụ; L là chiều dài chuỗi cách điện và phụ kiện.

4.1.3. 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

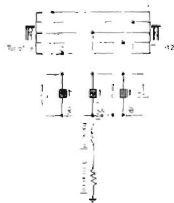
hình mô phỏng trụ điện trong phần mềm PSCAD như (Hình 4).

4.1.4. Mô hình mô phỏng cách điện

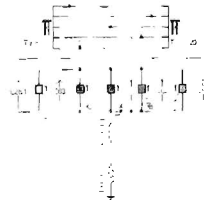
Việc mô phỏng đồng ngắt cách điện được thực hiện thông qua việc khống chế điện áp, phân phối phóng điện cách điện dựa vào phương pháp giao nhau, trong đó, đường đặc tính điện áp phóng điện được xác định bởi công thức (3)^[6-8]:

$$u = 1350.0 + 598.0e^{-0.2 u} + 2256.0e^{-0.1 u} \quad (3)$$

Hình 4: Mô hình mô phỏng trụ điện



Hình 4a. Hai DCS trực tiếp nối đất



Hình 4b. Hai DCS không trực tiếp nối đất

4.2. Phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh đỉnh trụ, khoảng vượt DCS và ĐDK

4.2.1. Phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh đỉnh trụ

Lập mô hình mô phỏng trạng thái quá độ điện từ sét đánh đỉnh trụ trong hai trường hợp: 2 DCS trực tiếp nối đất và 2 DCS không trực tiếp nối đất đối với khoản trụ 114#~122#, so sánh mức độ chịu sét như Hình 5. Kết quả mô phỏng cho thấy, khi 2 DCS trực tiếp nối đất và 2 DCS không trực tiếp nối đất mức độ chịu sét trung bình lần lượt là: 147,9724kA, 104,5459kA. Nguyên nhân có sự thay đổi trên là: Trong trường hợp DCS trực tiếp nối đất khi có sét đánh trụ ngay lập tức DCS có tác dụng phân dòng điện, kết quả là giảm điện thế đỉnh trụ; trong trường hợp 2 DCS không trực tiếp nối đất, khi có sét đánh trụ khe hở phóng điện chưa lập tức dẫn điện, làm giảm khả năng phân dòng của DCS, dẫn đến điện thế đỉnh trụ tăng lên, hiệu điện thế hai đầu chuỗi cách điện của ĐDK cũng tăng, dễ phát sinh phóng điện.

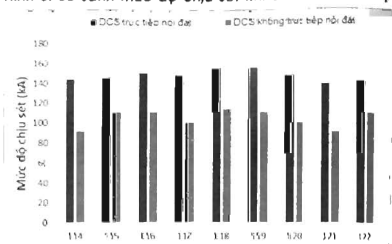
4.2.2. Phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt DCS

Khi sét đánh khoảng vượt DCS mức độ chịu sét trung bình trong 2 trường hợp: 2 DCS trực tiếp nối đất, 2 DCS không trực tiếp nối đất lần lượt là 105,3193kA, 75,3974kA như (Hình 6).

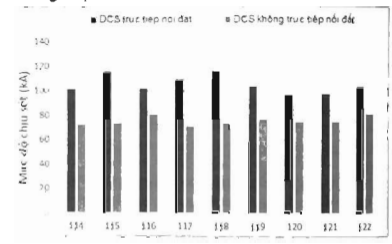
4.2.3. Phân tích mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt ĐDK

Từ (Hình 7) có thể thấy trong trường hợp 2 DCS không trực tiếp nối đất khi có sét đánh khoảng vượt ĐDK mức độ chịu sét giảm 0,37kA. Trường hợp này mức độ chịu sét nhỏ hơn rất nhiều so với các trường hợp sét đánh trụ điện và DCS. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy khi sét đánh trụ điện hoặc sét đánh DCS 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 khe hở và đánh trực tiếp vào ĐDK cũng có thể gây ra phóng điện bề mặt cách điện.

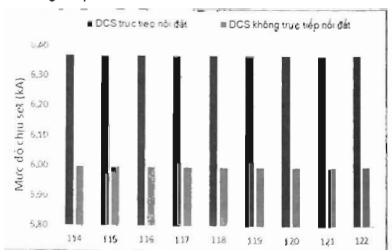
Hình 5: So sánh mức độ chịu sét khi sét đánh đỉnh trụ



Hình 6: So sánh mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt DCS



Hình 7: So sánh mức độ chịu sét khi sét đánh khoảng vượt ĐDK



4.3. Biện pháp nâng cao tính năng chịu sét ĐDK khi 2 DCS không trực tiếp nối đất

Từ những kết quả mô phỏng trên cho thấy, trong trường hợp 2 DCS không trực tiếp nối đất mức độ chịu sét ĐDK giảm đi rất nhiều, do đó cần

thiết phải có biện pháp để nâng cao tính năng chịu sét của ĐDK. Trong bài báo này nêu ra 2 phương pháp giảm điện trở nối đất (R_{nd}) và tăng số bất cách điện^[6-8], đồng thời sét trụ 117 làm ví dụ.

4.3.1. 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 8) cho thấy, khi R_{nd} giảm từ 20Ω đến 5Ω: mức độ chịu sét tăng từ 121.0822kA đến 169.4476 kA, tăng 39.94% (đối với trường hợp 2 DCS trực tiếp nối đất); Trường hợp 2 DCS không trực tiếp nối đất, mức độ chịu sét tăng từ 80.4370kA đến 115.0497kA, tăng 43.03%. Có thể thấy, giảm R_{nd} của trụ là phương pháp hiệu quả để tăng tính năng chịu sét ĐDK khi DCS không trực tiếp nối đất.

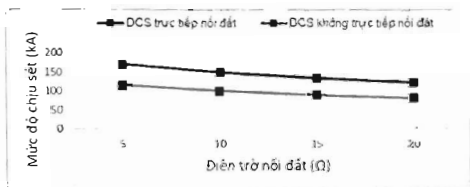
4.3.2. Tăng số bất cách điện

Duy trì các điều kiện không thay đổi, khi tăng số bất cách điện cho ĐDK mức độ chịu sét cũng tăng lên, kết quả mô phỏng (Hình 9) cho thấy khi tăng một bất cách điện mức độ chịu sét tương ứng cũng tăng lên lần lượt là 5.53% và 4.92% ứng với trường hợp 2 DCS trực tiếp nối đất và 2 DCS không trực tiếp nối đất.

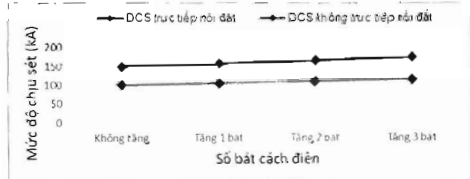
III. Kết luận

- Trong trường hợp 2 DCS không trực tiếp nối đất (để thực hiện biện pháp tan băng), khi sét đánh trụ điện mức độ chịu sét trung bình là 104.5459kA; khi sét đánh khoảng vượt DCS mức độ chịu sét

Hình 8: Mức độ chịu sét khi thay đổi điện trở nối đất



Hình 9: Mức độ chịu sét khi tăng số bất cách điện



trung bình là 75.3947kA. Mức độ chịu sét của ĐDK giảm xuống, xác suất sét đánh ĐDK sẽ tăng lên, do đó cần thiết phải giảm R_{nd} của trụ hoặc tăng số bất cách điện để vừa đảm bảo tính năng chịu sét vừa có thể thực hiện các biện pháp tan băng cho ĐDK.

- Phương pháp tan băng một chiều phù hợp để làm tan băng cho đường dây truyền tải ở mọi cấp điện áp và có khả năng ứng dụng phổ biến. Do đó, có thể xem phương pháp tan băng điện một chiều là phương pháp thông dụng của công nghệ tan băng.

- Bài viết này đã nêu ra những biện pháp cơ bản trong việc phòng sét, tan băng cho ĐDK đi qua khu vực có băng tuyết, do vậy, trong quá trình thiết kế và cải tạo đường dây, tùy từng điều kiện cụ thể để áp dụng cho phù hợp, đảm bảo tính kinh tế và kỹ thuật ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Hoàng Hoa (2017), EVN nghiên cứu thiết kế đường dây tải điện đối với khu vực có băng tuyết. (<https://www.evn.com.vn/d6/news/EVN-nghien-cuu-thiet-ke-duong-day-tai-dien-doi-voi-khu-vuc-co-bang-tuyet-0-8-20271.aspx>)

2. Ngọc Yên – Vũ Hân (2016). Băng tuyết phủ trắng, thiết hại hàng trăm tỷ đồng. <http://kxnd.com.vn/doi-song/Bang-tuyet-phu-trang-thiet-hai-hang-tram-ty-dong-386913/>
3. Ali Raza Solangi (2018). *Iceing Effects on Power Lines and Anti-icing and De-icing Methods*. TEK-3901-Master's thesis in Technology and Safety in High North. The Arctic University of Norway.
4. Masoud Farzaneh (2008). *Atmospheric icing of power networks*. Springer.
5. Songhai Fan, Xingliang Jiang, Lichun Shu, Pu He, Ping Liu, and Hongyu Nie (2011). "DC Ice - Melting Model for Elliptic Glaze Iced Conductor". *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol.26, No. 4, pp. 2697–2704.
6. 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
7. Nguyễn Trung Thoại, Nguyễn Đức Minh, Phan Xuân Lê (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).
8. Deng Xu, Zhou Hao (2011). Research of The Lightning Protection Performance for 220kV Double-circuit Transmission Line. *IEEE*, 978-1-4577-1466(314-317).

Ngày nhận bài: 17/3/2020

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 27/3/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 7/4/2020

Thông tin tác giả:

TS. NGUYỄN TRUNG THOẠI

Trưởng Cao đẳng Công Thương miền Trung

A STUDY ON DE-ICING AND LIGHTNING PROTECTION METHODS FOR OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINES PASSING THROUGH THE SNOW AND ICE AREAS

● Ph.D. NGUYEN TRUNG THOAI

Mien Trung Industry and Trade College

ABSTRACT:

For overhead power transmission lines passing through snow and ice areas, lightning shielding wires (DCS) protect the overhead power transmission lines against lightning. However, the DCS is sometimes frozen with a layer of ice, causing the DCS to sag. When the snow and ice melt, the uneven melting will cause vibration and lead to the discharge between the DCS and phase conductors, causing frequent circuit interruptions. Therefore, it is necessary to study on de-icing and lightning protection methods for the overhead power transmission lines passing through the snow and ice area. This study was conducted by using PSCAD software to build the lightning electromagnetic transient model for double lightning shielding wires direct ground and double lightning shielding wires indirect ground to calculate and analyze the lightning withstand levels of the line. This study proposes some practical solutions to enhance the lightning protection and de-icing performance of transmission lines.

Keywords: lightning protection, snow and ice area, lightning withstand level, DC de-icing, AC de-icing.