

ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỆN ÁP CẢM ỨNG VÀ GIẢI PHÁP GIẢM TỔN THẤT TRÊN DÂY CHỐNG SÉT ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI MẠCH KÉP TRÊN LƯỚI ĐIỆN TRUYỀN TẢI MIỀN BẮC VIỆT NAM

EFFECT OF THE LIGHTNING INDUCED VOLTAGES AND REDUCTION OF POWER LOSSE IN DOUBLE OVERHEAD TRANSMISSION LINES- MEASUREMENT AND DIMENSIONAL MODELING ON NORTH VIETNAMESE POWER TRANSMISSION LINE

Nguyễn Nhật Tùng

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 06/04/2020, Ngày chấp nhận đăng: 14/07/2020, Phản biện: TS. Phùng Anh Tuấn

Tóm tắt:

Bài báo trình bày các kết quả tính toán cho hiện tượng cảm ứng điện trên dây chống sét bằng phương pháp mô phỏng điện từ, kết hợp với kiểm nghiệm bằng đo lường thực tế. Đối tượng nghiên cứu là lưới điện truyền tải 220 kV và 500 kV miền Bắc Việt Nam. Điện áp cảm ứng và tổn thất công suất do hiện tượng cảm ứng điện trên hệ thống dây chống sét được tính toán cho nhiều trường hợp nối đất khác nhau của mỗi đường dây truyền tải. Kết quả tính toán cho phép định hướng lựa chọn giải pháp nối đất dây chống sét trên quan điểm kỹ thuật và giảm tổn thất do cảm ứng điện trên các dây chống sét lưới điện truyền tải.

Từ khóa:

Điện áp cảm ứng, dây chống sét, lưới điện truyền tải, tổn thất điện năng.

Abstract:

This paper presents the calculation results for the induced voltage and electric losses on lightning grounding wire by electromagnetic simulation method, combined with real measurements on site of transmission line. The object of the study is the lightning protection wire of the 220 kV and 500 kV transmission grids in Northern Vietnam. The induced voltage and power loss due to electrical induction on the lightning protection wire are calculated for different cases of grounding method, with each transmission line. The results of this paper allow orienting the choice of grounding lightning protection solutions with the point of view of reduction the loss on transmission line.

Keywords:

Induced voltage, lightning ground wire, transmission grid, power loss.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

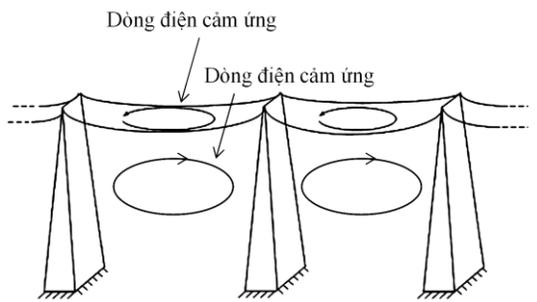
1.1. Đặt vấn đề

Hiện nay, hệ thống dây chống sét (DCS)

trên lưới điện truyền tải của Việt Nam cũng như nhiều nước trên thế giới đang sử dụng giải pháp kết gôm dây chống sét thông thường - CGW (Common Ground

Wire) và dây chống sét có lõi cáp quang - OPGW (Optical fiber composite Ground Wire). Dây OPGW sử dụng lõi cho việc lắp đặt hệ thống cáp quang, một kênh truyền thông hữu hiệu và tận dụng được tính truyền khắp, rộng rãi của hệ thống truyền tải điện. Việc sử dụng đồng thời hai dây chống sét làm giảm suất cắt điện do sét và cải thiện góc bảo vệ của dây chống sét đối với các đường dây cao áp và siêu cao áp [1].

Theo qui định Việt Nam, dây OPGW khi sử dụng cùng với dây CGW thì các dây kể trên đều phải nối đất ở các cột [1]. Tuy nhiên, do nối đất tại mỗi vị trí cột tạo thành các mạch vòng kín, Hình 1, nên có dòng điện cảm ứng trong dây OPGW, gây ra tổn thất năng lượng. Các tổn thất này là nhỏ so với tổn thất trên dây pha, tuy nhiên giảm được tổn thất này cũng tiết kiệm được các chi phí trong truyền tải điện năng.



Hình 1. Sự xuất hiện của các dòng điện cảm ứng trên dây chống sét được nối đất tại mỗi vị trí cột

Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng tổn thất năng lượng do dòng cảm ứng xuất hiện trên dây OPGW cũng như điện áp cảm ứng cao xuất hiện trên dây CGW là một vấn đề quan trọng cần tính toán và xem xét cụ thể [2-8]. Đặc biệt, đối với lưới

truyền tải có khoảng cách dài, sử dụng tiếp địa chung CGW, điện áp cảm ứng có thể xuất hiện rất cao, gây ra phóng điện qua cách điện của dây tiếp địa, gây nguy hiểm cho sự an toàn của người vận hành.

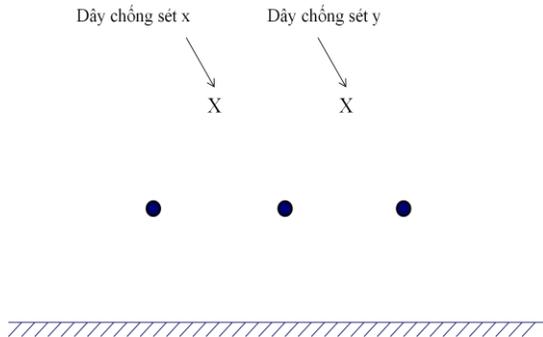
Tại Việt Nam, việc xác định nối đất cho đường dây chống sét điện được thực hiện dựa trên căn cứ các tiêu chuẩn của quốc tế mà chưa có một tính toán cụ thể nào. Một số công trình nghiên cứu trong nước liên quan đến dây chống sét nhưng hầu như lại tập trung vào (1) Nghiên cứu thiết kế dây chống sét nhằm đảm bảo an toàn cho TBA hay các đường dây [10]; hay (2) Nghiên cứu sử dụng chống sét van để giảm suất cắt do quá điện áp khí quyển trên đường dây cao áp.

Trên thế giới, các nghiên cứu về lĩnh vực này tập trung vào các bài toán giải tích và giải pháp mô phỏng điện áp và dòng điện cảm ứng trên hệ thống chống sét để xét đến tổn thất của chúng [2,6,11,12,13]. Trong đó, mô hình đường dây và các trường hợp kết nối hệ thống dây chống sét với đất khác nhau được đề cập đến.

Với xu thế giảm tổn thất điện trên lưới, tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) đã có công văn gửi bộ công thương về việc xem xét tách nối đất dây chống sét trên đường dây 220 kV và 500 kV [9].

1.2. Mô hình giải tích tính toán tổn thất trên dây chống sét

Mô hình được Militaru [10] nghiên cứu và phát triển, trong đó có xét đến tổng trở tương hỗ của các dây pha với dây chống sét. Trường hợp tổng quát trên hình 2.



Hình 2. Mô hình tính toán tổn thất trên dây chống sét [10]

Điện áp ($U_{x\phi}$, $U_{y\phi}$) cảm ứng trên dây chống sét do dòng điện pha có thể tính toán theo công thức [10]:

$$\begin{bmatrix} U_{x\phi} \\ U_{y\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{xa} & Z_{xb} & Z_{xc} \\ Z_{ya} & Z_{yb} & Z_{yc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

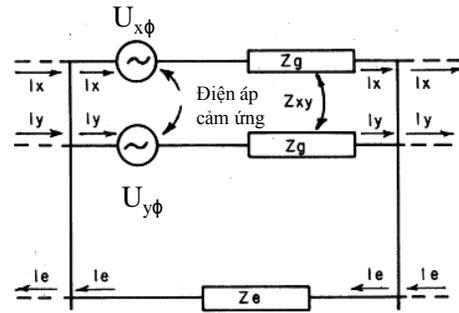
Trong đó các tổng trở tương hỗ Z_{xa} , Z_{xb} ,..., giữa dây chống sét và các dây dẫn pha có thể được biểu diễn bởi biểu thức:

$$Z_{ij} = 0,0954 + j0,1213 \ln \left(\frac{279\sqrt{p}}{d_{ij}} \right) \quad (2)$$

với d_{ij} là khoảng cách giữa dây dẫn i và j , ρ là điện trở suất của đất, I_a , I_b , I_c là các dòng điện pha.

Trong trường hợp cả hai dây chống sét đều nối đất thì dòng điện xuất hiện trong các dây sẽ cảm ứng nên các điện áp phụ trên dây còn lại thông qua tổng trở tương hỗ Z_{xy} mà trị số của nó cũng được tính theo công thức (2).

Mô hình đơn giản hóa của đường dây có các dây pha ngang, có hai dây chống sét trên hình 2, để tính toán dòng điện cảm ứng trên các dây chống sét được giới thiệu trên hình 3.



Hình 3. Mô hình tính toán dòng điện trong dây chống sét [11]

Từ mô hình trên, khi đơn giản hóa các pha mang tải đồng đều và đối xứng 120° trong không gian, dòng điện trên hai dây chống sét được tính theo công thức:

$$\begin{bmatrix} I_x \\ I_y \end{bmatrix} = \frac{1}{(z_g + z_e)^2 - (z_{xy} - z_e)^2} \begin{bmatrix} z_g + z_e & z_{xy} - z_e \\ z_{xy} - z_e & z_g + z_e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{x\phi} \\ U_{y\phi} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Trong đó $z_g = r_g + jx_g$ là tổng trở của dây chống sét, z_e là tổng trở đất ở tần số công nghiệp có thể được tính toán bởi công thức:

$$z_e = 0,0954 + j0,1213 \ln \left(279\sqrt{p} \right) \quad (4)$$

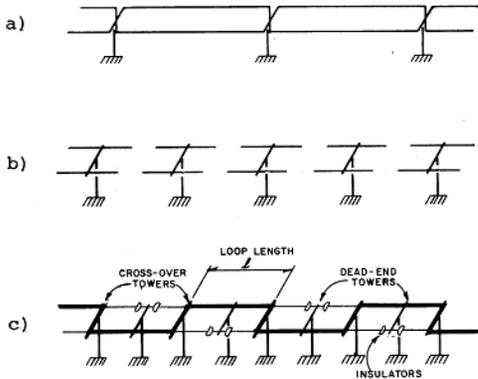
Với các giá trị về dòng điện cảm ứng trên dây chống sét, giá trị tổn thất trên hai dây chống sét được tính như sau:

$$P_c = \left(|I_x|^2 + |I_y|^2 \right) r_g \times 10^{-3} \text{ kW / km} \quad (5)$$

Kết quả tính toán chỉ ra rằng phương pháp giải tích sai khác so với kết quả mô phỏng đối với dòng điện cảm ứng là 2,9% và đối với tổn thất là 2,4% [11]. Theo đó, một số giải pháp tách nối đất của hệ thống dây chống sét được đề xuất, hình 4.

Với các phân tích kể trên, nội dung nghiên cứu của bài báo tập trung vào việc mô phỏng lưới điện thực tế Việt Nam, kết

hợp với đo đạc tại hiện trường, các kết quả được so sánh với nghiên cứu trong [11] để minh chứng và đưa ra đề xuất kiến nghị cho việc nối đất hệ thống dây chống sét trên lưới điện Việt Nam.



Hình 4. Kỹ thuật giảm tổn thất trên dây chống sét

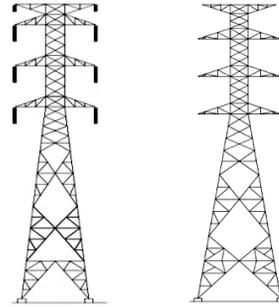
a) Hoán vị; b) Phân đoạn; c) Vòng mở [11]

2. MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI ĐIỆN

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu bao gồm nhiều trường hợp khác nhau trên lưới điện truyền tải miền Bắc Việt Nam: (1) các đường dây mạch kép 220 kV, 500 kV, (2) đường dây 4 mạch 220 kV, (3) đường dây không có dây CGW trên toàn tuyến (220 kV T500 Phố Nối - Phố Nối). Chiều

dài của các đường dây nằm trong phạm vi từ 15 km đến 70 km. Đặc điểm của dây và vị trí của các dây trên cột được thể hiện trên bảng 1 và bảng 2. Các loại cột điện thường được sử dụng thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Cột đường dây truyền tải Việt Nam

a. Cột neo; b. Cột đỡ

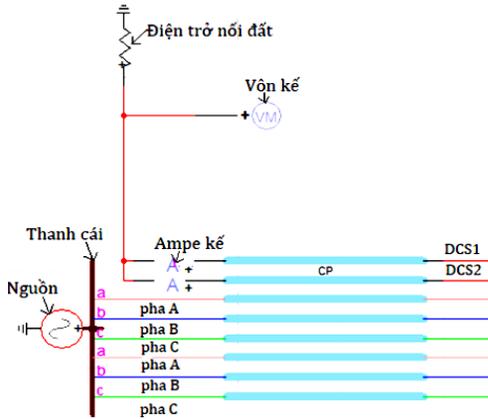
Bảng 1. Vị trí các dây trên cột

Đơn vị :m	Cao tại cột	Cao giữa khoảng cột	Khoảng cách đến tâm cột
220 kV			
Dây chống sét	59,2	57	4,7
Pha A	53,2	49,6	4,7
Pha B	47,2	43,6	4,7
Pha C	40,7	38,4	4,7
500 kV			
Dây chống sét	58,2	57,5	7,7
Pha A	27,5	26,3	8,6
Pha B	38	36,8	8,1
Pha C	48,5	47,3	7,7

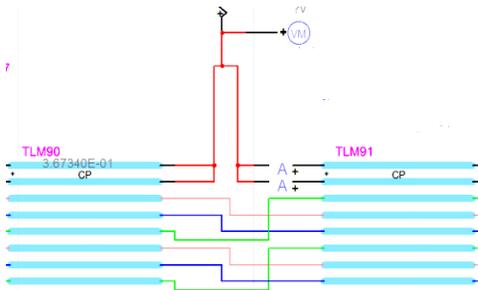
Bảng 2. Đặc điểm các tuyến đường dây

Đường dây	220 kV			500 kV
	T500 Phố Nối - Phố Nối	Thanh Hóa - Nghi Sơn 2	Rẽ nhánh 220 kV Tây Hà Nội	T500 Phố Nối - Thường Tín
Chiều dài (km)	15,327	65,813	12,7km	34,263
Số mạch	2	2	4	2
Dây dẫn	ACCC 477, ACKΠ 400/51	ACSR 330/43	2xACSR-330/43	ACSR330/42
Dây CGW	PHLOX 116	TK 70	PHLOX116	PHLOX116
Dây OPGW	OPGW 70	OPGW 81	OPGW 90	OPGW 80

2.2. Mô hình mô phỏng



Hình 6. Mô hình mô phỏng đường dây



Hình 7. Mô phỏng đảo pha trên đường dây

Lưới điện mô phỏng sử dụng mô hình Line data [15], hình 6. Việc đảo pha được thực hiện bằng cách hoán đổi giữa các dây pha với nhau, hình 7. Trong mô hình, các nguồn điện được sử dụng trong chế độ xác lập.

Tổn thất trên DCS tại mỗi khoảng cột được tính theo công thức: $p = R \cdot i^2$.

Tổn thất công suất do cảm ứng trên DCS được tính bằng tổng tổn thất trên DCS tại mỗi khoảng cột và tổn thất trên nối đất của mỗi cột, cụ thể theo các phương trình sau:

$$P = P_1 + P_2 \quad (6)$$

$$P_1 = \sum_{n=1}^N I_{dcsn}^2 R_{dcsn} + \sum_{n=1}^N I_{opgwn}^2 R_{opgwn} \quad (7)$$

$$P_2 = \sum_{n=1}^N I_{gn}^2 R_{gn} \quad (8)$$

Với:

P_1 : tổn thất công suất trên DCS;

P_2 : tổn thất công suất đi vào đất;

R_{dcsn} : điện trở DCS tại khoảng cột n ;

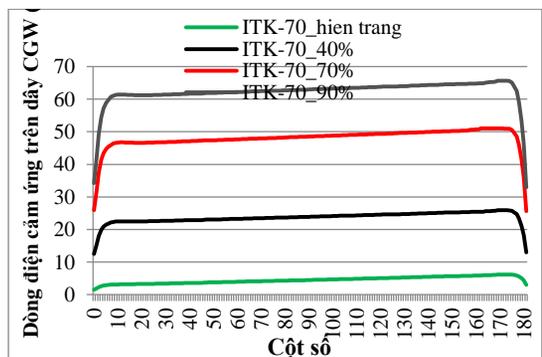
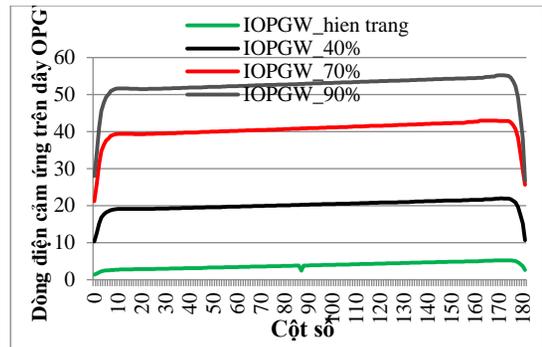
R_{opgwn} : điện trở OPGW khoảng cột n ;

R_{gn} : điện trở hệ thống nối đất tại cột n .

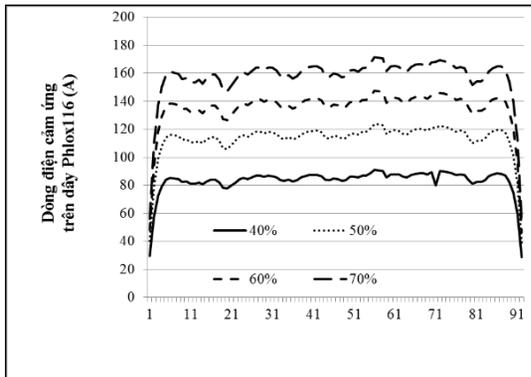
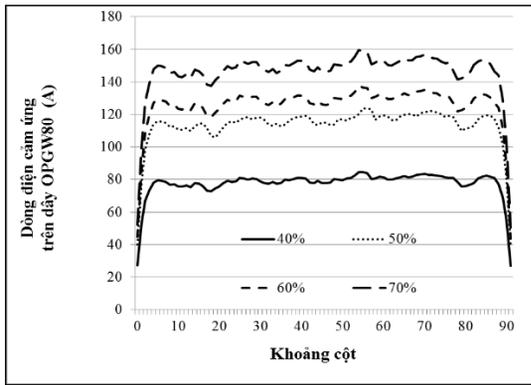
3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

3.1. Mô phỏng trường hợp vận hành của lưới điện

Kết quả mô phỏng các đường dây mạch kép, 2 dây chống sét nối đất tại mỗi cột trên toàn tuyến thể hiện trên hình 8. Sự biến thiên ở đầu và cuối trên chiều dài đường dây do cảm ứng tương hỗ giữa các đoạn đường dây yếu tại các vị trí này, và tiến tới giá trị xác lập tại giữa đường dây.



a)



b)

Hình 8. Mô phỏng dòng điện cảm ứng lưới điện mạch kép - hiện trạng

- a) Lưới 220 kV Nghi Sơn 2- Thanh Hóa;
- b) Lưới 500 kV T500Phổ Nối- Thường Tín

Trường hợp đường dây có khoảng cách giữa các cột, điện trở tiếp địa ít khác biệt tại các cột, có sự đảo pha giữa các dây, hình 8a, thì dòng điện cảm ứng trên các DCS ít biến động. Đây chính là đặc điểm khác biệt giữa đường dây qua thành phố, hình 8b, với các đường dây đi qua địa bàn bằng phẳng, ít thay đổi. Ngoài ra, dòng điện cảm ứng trên các DCS tăng khi tăng công suất truyền tải trên đường dây.

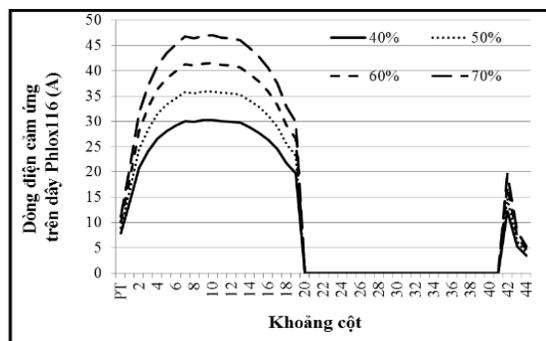
Bảng 3 tổng hợp tổn thất công suất trên các DCS theo công suất truyền tải trên đường dây, trường hợp 2 DCS nổi đất trên toàn tuyến.

Bảng 3. Tổn thất trên hệ thống DCS các lộ có 02 DCS nổi đất toàn tuyến - hiện trạng

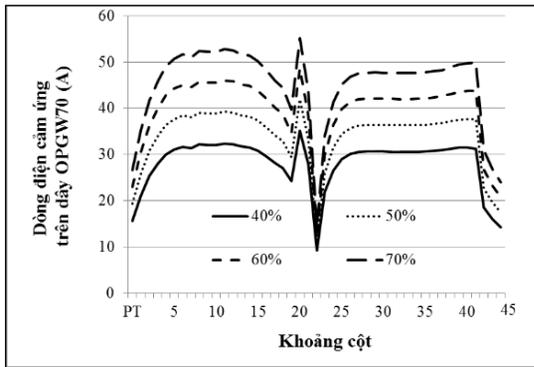
Tải so với định mức	Tổn thất công suất dây chống sét (kW)	
	220 kV	500 kV
Hiện trạng	1,62 (dòng 10% định mức)	551,8 (dòng 50% định mức)
40 %	50,06	300,3
70 %	147,13	1064,6
ΔP (kW/km)	2,23 (70%)	31,05 (70%)

Mặt khác, xét đường dây 220 kV có nổi đất DCS đặc biệt: T500 Phổ Nối - Phổ Nối. Với dây OPGW nổi đất toàn tuyến; dây CGW chỉ có từ trạm đầu nguồn đến cột số 19 và 03 cột gần TBA 220 kV Phổ Nối. Dây CGW nổi đất tại mỗi cột. Các kết quả mô phỏng được trình bày trên hình 9, bảng 4.

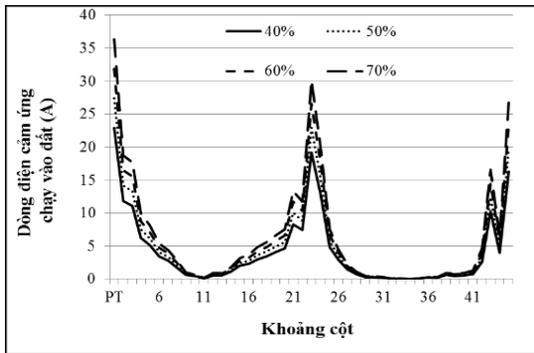
Sự biến thiên dòng điện cảm ứng của dây CGW, hình 9a, tương đồng với các trường hợp có cả 02 DCS nổi đất tại mỗi vị trí cột. Đối với DCS cáp quang, OPGW, hình 9b, từ cột 19 đến cột 41 ko có sự tham gia của dây CGW nên tạo ra sự biến thiên của dòng điện tại các vị trí lân cận 02 cột này. Sự tăng nhanh của dòng trên dây OPGW tại vị trí cột 20 là do sự đảo vị trí của dây OPGW trên cột, từ bên phải chuyển sang bên trái trên các cột từ số 20 đến 43, hình 10.



a)



b)



Hình 9. Mô phỏng lưới 220 kV T500 Phố Nôi- Phố Nôi

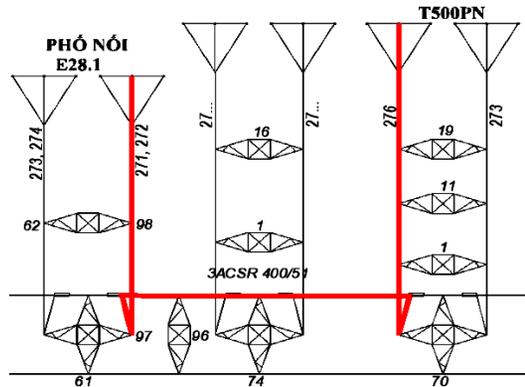
Bảng 4. Tổn thất trên DCS lộ 220 kV T500 Phố Nôi - Phố Nôi - CGW không có trên toàn tuyến

Tải so với định mức	Tổn thất công suất dây chống sét (kW)
40 %	13,93
50 %	19,94
60 %	26,93
70 %	34,87
ΔP (kW/km)	2,27

Tương ứng với dòng điện trên 02 DCS, ta có sự biến thiên của dòng điện đi vào dây nối đất tại mỗi vị trí cột, hình 9c.

Kết quả mô phỏng với đường dây 4 mạch, 220 kV rẽ nhánh TBA 220 kV tây Hà Nội cho những kết quả tương tự về phân bố dòng điện cảm ứng trên 02 DCS. Điểm

khác biệt là giá trị dòng cảm ứng cao hơn 1,8 lần ở cùng dải % công suất truyền tải.



Hình 9. Sự đảo vị trí từ trái qua phải của dây OPGW, 220 kV T500 Phố Nôi - Phố Nôi

Kết quả mô phỏng có sự tương đồng khi so sánh với tính toán giải tích trong [11]. Trong trường hợp DCS nối đất trực tiếp toàn tuyến, kết quả mô phỏng tổn thất là 1,36 kW/mile (2,23 kW/km) so với 1,2 kW/mile ở lưới 345 kV trong [11]. Tuy nhiên, có sự khác biệt không nhỏ ở trường hợp đường dây 500 kV: 18,9 kW/mile mô phỏng so với 4,4 kW/mile [11]. Điều này có thể được giải thích bởi hệ thống nối đất tại cột trong mô hình mô phỏng thực tế nhỏ hơn nhiều so với mô hình tính toán [11], $0,5\Omega$ so với $5\div 10\Omega$, điều này đã làm cho giá trị dòng điện tăng trên DCS.

3.2. Thí nghiệm hiện trường

Với những đánh giá còn nhiều tranh cãi ở 3.1, việc đo đạc thực tế là cần thiết để xác định kết quả mô phỏng.

Thí nghiệm đo hiện trường được thực hiện với 02 lộ đường dây 220 kV và 500 kV Phố Nôi - Thường Tín, hình 11.

Thời điểm đo hiện trường ứng với điểm

công suất truyền tải 35%. Dựa vào bảng kết quả so sánh, bảng 5, ta thấy dòng điện cảm ứng trên dây chống sét thường PHLOX và dây cáp quang OPGW của đường dây 500 kV và đường dây 220 kV theo mô phỏng máy tính tương đối phù hợp với kết quả đo đặc hiện trường (chênh lệch khoảng 5%).



Dây CGW



Dây OPGW

a)



Dây chống sét CGW 500 kV

b)

Hình 11. Đo dòng điện cảm ứng trên các dây chống sét

a) 220 kV; b) 500 kV

Bảng 5. Kết quả dòng điện mô phỏng và đo tại hiện trường

	Khoảng cột	Kết quả đo đặc hiện trường (A)	Kết quả mô phỏng (A)
220 kV T500 Phố Nối – Phố Nối			
CGW (A)	16-17	19,9	21,03
OPGW (A)	16-17	23	25,63
500 kV T500 Phố Nối – Thường Tín			
CGW (A)	340-341	55,8	53
OPGW (A)	340-341	-	-

3.3. Mô phỏng thay đổi tách, nối đất

Sự khác biệt không đáng kể trong 2 trường hợp lưới 220 kV ở bảng 3 và bảng 4, so sánh 2,23 kW/km và 2,27 kW/km, cho thấy sự thay đổi của 01 DCS có thể không đưa lại hiệu quả nhiều trong việc giảm tổn thất trên DCS. Đây chính là định hướng cho việc phát triển các nghiên cứu tách nối đất trong các nội dung tiếp theo.

Đối với đường dây 220 kV mạch kép Thanh Hóa - Nghi Sơn 2, nhiều kịch bản thay đổi hệ thống DCS được thực hiện: nối đất thừa (giảm số lượng vị trí nối đất trên đường dây); đảo vị trí dây chống sét; đảo pha trên đường dây, ngắt quãng và chỉ nối đất một đầu mỗi đoạn.

Các kết quả cho thấy, giải pháp giảm số lượng điểm nối đất, đảo vị trí dây chống sét, đảo pha đường dây, không đưa lại hiệu quả rõ rệt trong việc giảm tổn thất trên DCS. Kết quả mô phỏng trường hợp giảm điểm nối đất của dây CGW được trình bày trên bảng 6.

Bảng 6. Tổn thất khi nối đất thừa dây CGW, theo độ dài giữa mỗi khoảng nối đất

	Hiện trạng	1 km	2,5 km	5 km	10 km
ΔP (W)	1623	1622	1624	1592	1589

Hiệu quả hơn cả là giải pháp phân tách DCS ra làm nhiều đoạn rời nhau và nối đất một đầu mỗi đoạn. Tuy nhiên, theo yêu cầu chống sét lan truyền tại TBA, việc nối đất của 02 DCS cần giải được đảm bảo tại các cột lân cận TBA. Ngoài ra, đối với việc phân tách dây OPGW chỉ thuận lợi tại các vị trí có cột néo. Do đó, giải pháp tách nối đất của các DCS được đề xuất dựa trên 02 kịch bản:

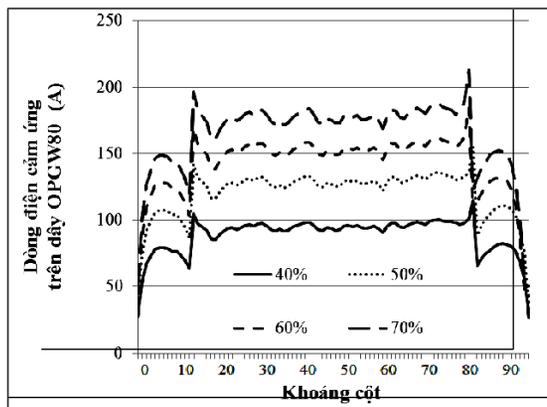
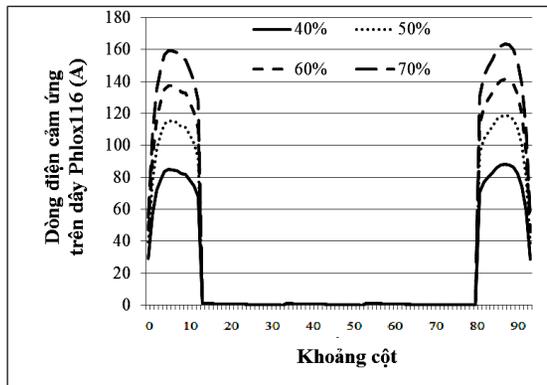
- Kịch bản 1: chỉ thay đổi nối đất của dây CGW, dây OPGW giữ nguyên (nối đất tại mỗi vị trí cột). Cụ thể, ở 2 km đầu trạm dây CGW giữ nguyên (nối đất tại mỗi cột); dây DGW nối liền nhau nhưng chỉ nối đất tại 1 đầu ở các đoạn khoảng cột giữa đường dây.
- Kịch bản 2: thay đổi nối đất của cả 2 dây OPGW và CGW. Cụ thể: 2 km đầu trạm, các DCS giữ nguyên nối đất tại mỗi cột; dây CGW thay đổi giống kịch bản 1; dây OPGW nối đất tại 1 đầu trong 1 khoảng néo, đầu còn lại để hở.

Kết quả mô phỏng tách nối đất DCS đường dây mạch kép theo các kịch bản thể hiện, trên hình 12 và bảng 7.

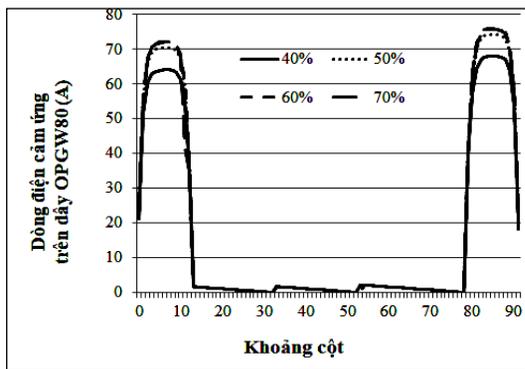
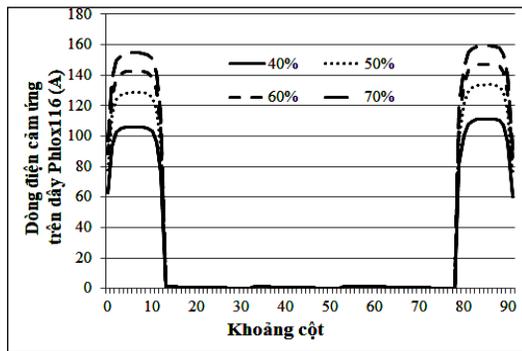
Các giải pháp được nêu cho thấy hiệu quả rõ ràng trong việc giảm tổn thất do dòng điện cảm ứng sinh ra trên các DCS, với tỷ lệ giảm 22% cho kịch bản 1 và 90% cho kịch bản 2 (đối với đường dây 500 kV).

Bảng 7. Tổn thất công suất khi thay đổi nối đất DCS

Tải so với định mức	Tổn thất công suất dây chống sét (kW)		
	Hiện trạng	Kịch bản 1	Kịch bản 2
Đường dây 220 kV T500 Phố Nối - Phố Nối			
40 %	13,93	13,6	2
70 %	34,87	34,21	6,25
ΔP (kW/km)	2,27	2,22	0,41
Đường dây 500 kV mạch kép			
40 %	300,3	238,58	47,1
70 %	1064,6	823,61	91,7
ΔP (kW/km)	31,05	24,03	2,67



a)



b)

Hình 12. Mô phỏng dòng điện cảm ứng lưới điện mạch kép Lưới 500 kV T500Phổ Nối- Thường Tín - thay đổi cách nối đất

a) Kích bản 1; b) Kích bản 2

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Tại Việt Nam, việc nối đất hệ thống DCS đã được thiết kế để đảm bảo an toàn cho đường dây trong quá trình vận hành. Tuy nhiên, hệ thống này sẽ gây tổn thất không nhỏ nếu việc nối đất của cả 02 DCS được

thực hiện tại mỗi vị trí cột.

Trong nghiên cứu này, việc mô phỏng chế độ vận hành bình thường của các đường dây mạch kép, mạch bốn của lưới điện truyền tải được thực hiện. Kết quả mô phỏng được kiểm nghiệm bằng thí nghiệm tại hiện trường cho thấy kết quả có độ chính xác cao. Giải pháp đề xuất phân tách các DCS và nối đất một đầu đã cho thấy khả năng giảm tổn thất đáng kể trên hệ thống này.

Đây là những nghiên cứu ban đầu cho thấy tính khả thi của bài toán giảm tổn thất trên lưới điện truyền tải bằng việc giảm tổn thất trên hệ thống DCS. Việc tính toán các yếu tố ảnh hưởng của giải pháp đề xuất đến các chỉ tiêu kỹ thuật của lưới điện là việc cần được nghiên cứu và bổ sung.

6. LỜI CẢM ƠN

Tác giả bày tỏ lời cảm ơn chân thành đến: ông Nguyễn Xuân Phúc, Trưởng Phòng Kỹ thuật trung tâm lưới điện, Viện Năng lượng; ông Lê Bá Tuấn, Công ty Điện lực Thanh Hóa, với sự giúp đỡ quý báu trong tính toán và số liệu của bài báo này; đến các thành viên Phòng Kỹ thuật Công ty Tư vấn điện 1 với sự giúp đỡ về sử dụng phần mềm trong mô phỏng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] QCVN :2015/BCT, "Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về kỹ thuật điện - Phần 1: Hệ thống lưới điện".
- [2] Y. Baba and V.A. Rakov, "Voltages induced on an overhead wire by lightning strikes to a nearby tall grounded object," IEEE Trans. Electromagn.Compat., vol. 48, no. 1, pp. 212–224, Feb. 2006.
- [3] W. Xuefeng and L. Yanping, "Research on reducing the energy loss in lightning shield line," High Voltage Eng. Chinese, vol. 31, no. 9, pp. 28–30, 2005.
- [4] P.E. Munhoz Rojas, "The effect of discontinuities in a multi-conductor line on lightning-induced voltages," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 51, no. 1, pp. 53–66, Feb. 2009.

- [5] W. Bo-hua, Z.Xiao-jun, and F.Yu, "Study on the performance of insulated ground wire on EHV transmission lines," *Elect. Power Chinese*, vol. 30, no. 3, pp. 11–12, 1997.
- [6] L. Kai and H. Yi, "Analysis and research of grounding modes of optical fiber ground composite wire," *Proc. IEEE Power Energy Eng. Conf. Asia Pacific*, 2010, pp. 1–4.
- [7] S.T. Sobral, E.O. Novaes, and R.A.S. Coelho, "Improvement of transmission line ground circuit current carrying limit after system interconnections," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 8, no. 4, pp. 2023–2027, Oct. 1993.
- [8] L. Zhenqianget al., "Effect of UHV ground wire disposition on its electric energy loss and second arc current," *Power Syst. Technol. Chinese*, vol. 34, no. 2, pp. 24–28, 2010.
- [9] Đề tài nghiên cứu "Giảm thiểu sự cố do sét trên các đường dây 110kV", Công ty Lưới điện Cao thế miền Bắc và Viện Điện – Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2016.
- [10] Critian Militaru, "Sectionalized OPGW on Extra High Voltage Transmission Lines," *International Wire & Cable Symposium, proceedings of 57th IWCS*.
- [11] A.J.F. Keri, A. Nourai, and J.M. Schneider, "The open loop scheme: An effective method of ground wires loss- reduction," *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. PAS-103, no.12, pp.3615–3624, Dec.1984.
- [12] H. Xiande and Z. Hao, "Simulation and analysis of induced voltage and induced current on overhead ground wire of Jindongnan-Nanyang Jingmen 1000 kV UHV AC transmission line," *in Proc. 4th Int. IEEE Elect. Utility Dereg. Restruct. Power Technol. Conf.*, pp.622–625.
- [13] L. Benliang et al., "Operation mode of ground wire to reduce ground wire loss of HVAC transmission Lines," *PowerSyst. Technol.*, vol.35, no. 3, pp. 98–102, 2011.
- [14] J. Wang, Y. Wang, X. Peng, X. Li, X. Xu, X. Mao, " Induced voltage of overhead ground wires in 500kV single-circuit transmission lines", *IEEE Trans. Power Del.*, vol.29, no.3, pp. 1054-1062, 2014.
- [15] Maria Isabel Silva Lafaia Simões, "Transmission Line Modeling For Real-Time Simulations", Instituto Superior Técnico.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Nhất Tùng tốt nghiệp đại học tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2005, nhận bằng Thạc sĩ năm 2006 và Tiến sĩ 2009 ngành kỹ thuật điện tại Đại học bách khoa Grenoble, cộng hòa Pháp. Hiện nay tác giả là Trưởng Bộ môn Nhà máy điện và Trạm biến áp, Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: nhà máy điện và đường dây truyền tải, thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch, thiết bị điện, năng lượng bền vững và tiết kiệm năng lượng.

