

## Nghiên cứu hiệu quả của lắp chống sét van rời rạc trên đường dây truyền tải

Effectiveness of the Discrete Installation of Lightning Arresters on Transmission Lines

Ninh Văn Nam<sup>1,3,\*</sup>, Phạm Hồng Thịnh<sup>2</sup>, Trần Văn Tóp<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

<sup>2</sup> Underground Systems Inc., Milford, CT, USA

<sup>3</sup> Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, Số 298, đường Cầu Diễn, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

Đến Tòa soạn: 03-4-2018; chấp nhận đăng: 18-01-2019

### Tóm tắt

Lắp đặt chống sét van ở tất cả các pha tại tất cả các vị trí cột của toàn tuyến là phương án bảo vệ cho đường dây tốt nhất nhưng đòi hỏi chi phí rất lớn nên thường không thể thực hiện được. Trong thực tế các đơn vị vận hành chỉ chọn một vài vị trí thường xuyên bị sét đánh hoặc các vị trí có nguy cơ cao để lắp đặt chống sét van hay còn gọi là lắp chống sét van rời rạc. Tuy nhiên khi thực hiện biện pháp này thực tế vận hành lại cho thấy trong nhiều trường hợp sự cố lại bị chuyển từ cột được lắp chống sét van sang cột bên cạnh dẫn đến việc lắp đặt chống sét van trở nên không có hiệu quả mà không giải thích được. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu việc lắp đặt chống sét van rời rạc trên đường dây truyền tải 220kV để lý giải nguyên nhân dẫn đến sự không hiệu quả này. Mỗi tương quan giữa điện trở tiếp địa, chiều dài khoảng vượt và trị số dòng điện sét đến vị trí xảy ra phóng điện trên cách điện của từng cột được phân tích bằng chương trình tính toán quá độ điện từ EMTP/ATP. Kết quả thu được có thể được sử dụng như một tài liệu tham khảo cho các đơn vị vận hành trong việc chọn vị trí lắp đặt phù hợp cho các chống sét van.

Từ khóa: Đường dây truyền tải, chống sét van rời rạc, chống sét, phần mềm EMTP

### Abstract

Installation of lightning arresters on all phases of every tower theoretically eliminates the lightning outage of a transmission line. However, this measure has been found to be unaffordable due to its excessive cost. In practice, the so-called discrete installation of surge arrester in which arresters are installed in some selected towers is usually adopted. The effectiveness of this method remains questionable since the flashover still occurred in adjacent towers of the protected ones, which makes the outage rate unchanged even after installing surge arresters. This paper deals with the discrete installation of arresters in a 220 kV- one circuit transmission line. The influence of footing resistances, spans and the amplitude of lightning current on the tower position of flashover was investigated by using the Electromagnetic Transient Program (EMTP/ATP). The results can be used as a practical guide for the utilities to identify whether or not the discrete installation of arresters should be used in a specific tower.

Keywords: Transmission line, discrete installation of surge arresters, lightning protection, EMTP simulation

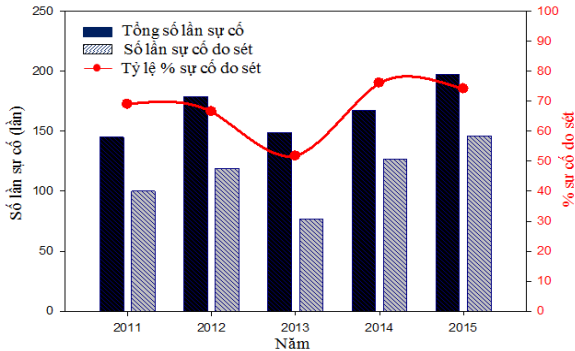
### 1. Giới thiệu

Thống kê trong 5 năm gần đây của tổng công ty truyền tải điện Việt Nam (NPT) cho thấy, tỉ lệ sự cố do sét thường chiếm tỉ lệ gần 70% trong tổng số các sự cố trên đường dây truyền tải (hình 1) [1]. Ngoài các biện pháp thông thường như giảm điện trở tiếp địa cột, tăng số lượng cách điện thì lắp đặt chống sét van (CSV) được coi là biện pháp hiệu quả nhất trong việc giảm sự cố do sét [2]. Tuy nhiên, lắp đặt CSV tại tất cả các vị trí cột và tất cả các pha trên toàn tuyến đường dây là khó khả thi vì vốn đầu tư quá lớn. Mặt khác, trên một đường dây chỉ có một vài vị trí cột thường xuyên bị sét đánh và chính các vị trí này sẽ

quyết định suất sự cố của toàn đường dây. Chính vì vậy, để giảm suất sự cố (SSC) mà không tốn nhiều chi phí, các công ty truyền tải thường chọn lắp CSV tại một vài vị trí cột được coi là nguy hiểm nhất như các cột đã từng bị sét đánh, hoặc cột có vị trí cao (cột 2, hình 2) hoặc cột có điện trở tiếp địa lớn. Phương pháp này được gọi là phương pháp lắp CSV rời rạc. Thực tế vận hành cho thấy cách lắp đặt chống sét van rời rạc như vậy có kết quả không ổn định. Trong khi một số khu vực việc lắp CSV rời rạc đã chứng minh được hiệu quả thì một số khu vực khác vị trí bị sự cố lại chuyển từ những cột được lắp CSV sang những cột lân cận chưa được lắp. Do đó, SSC của đường dây sau khi lắp CSV gần như không thay đổi. Chính vì vậy các đơn vị vận hành gặp rất nhiều khó khăn trong việc xác định chính xác những vị trí cần lắp đặt CSV để cải thiện SSC của đường dây.

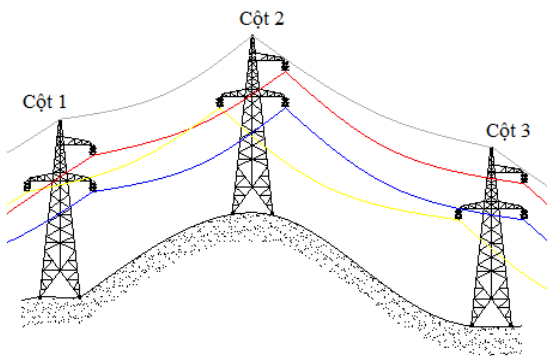
\* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84) 912.485.051  
Email: ninhnamhau@gmail.com

Hiệu quả của CSV trên đường dây truyền tải đã được nghiên cứu từ nhiều năm qua [3-6] nhưng các kết quả này đều chỉ xét khi lắp CSV trên một pha hoặc nhiều pha trên toàn bộ đường dây. Vấn đề lắp CSV rời rạc hầu như chưa được nghiên cứu. Theo hiểu biết của nhóm tác giả, chỉ có [7] đã từng nêu hiện tượng này nhưng không đi sâu vào nghiên cứu chi tiết và có bất kỳ kết quả nào để có thể ứng dụng trong thực tế.



Hình 1. Số lần sự cố do sét trong NPT

Trong bài báo này, vấn đề lắp CSV rời rạc được nghiên cứu chi tiết dựa trên các tham số chính của 1 đường dây 220 kV một lộ điện hình trong lưới điện Việt Nam. Ảnh hưởng của các tham số điện trở tiếp địa, khoảng vượt, số lượng CSV lắp đặt kết hợp với dòng điện sét cho phép nhận dạng những trường hợp đặc biệt mà việc lắp CSV rời rạc hoàn toàn không có hiệu quả. Từ đó các khuyến nghị khi áp dụng phương pháp lắp CSV rời rạc được đưa ra nhằm đạt được hiệu quả giảm SSC tốt nhất.



Hình 2. Cột số 2 có vị trí cao nhất thường được các đơn vị vận hành chọn lắp CSV

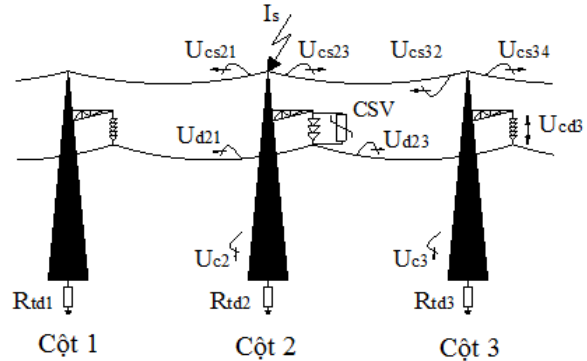
## 2. Cơ chế phóng điện trên cách điện của cột không được lắp CSV khi lắp CSV rời rạc

Khi CSV được lắp liên tục trên toàn bộ các vị trí cột của đường dây, các vị trí cột là tương đương nhau vì thế khi lắp CSV trên pha nào, cách điện của pha đó trên toàn bộ đường dây đã được bảo vệ. Còn khi CSV được lắp rời rạc, khi sét đánh vào đỉnh cột có lắp CSV, cách điện của pha được lắp CSV sẽ được bảo

vệ hoàn toàn. Tuy nhiên, sóng sét lan truyền sang cột lân cận không được lắp CSV và có thể gây phóng điện ở các cột này. Để hiểu rõ cơ chế xảy ra phóng điện trên cách điện trong trường hợp lắp CSV rời rạc, ta xét một ví dụ đơn giản đường dây 1 mạch treo 1 dây chống sét ở hình 2, CSV được lắp ở pha trên cùng (Pha A), cột 1 và 3 không lắp CSV.

### 2.1. Khi sét đánh đỉnh cột hoặc DCS

Sơ đồ thay thế mô tả truyền sóng khi sét đánh vào đỉnh cột 2 được thể hiện ở hình 3, ở đây chỉ mô tả cho pha A được lắp CSV.



Hình 3. Mô tả quá trình truyền sóng khi sét đánh đỉnh cột 2 có treo CSV ở pha A

Khi sét đánh vào đỉnh cột 2 điện áp sét sẽ được tản theo 3 hướng: 1- theo tiếp địa của cột 2 tản vào trong đất là  $U_{c2}$ , 2- theo DCS sang tiếp địa của hai cột lân cận 1 và 3 có độ lớn là  $U_{cs21}$  và  $U_{cs23}$ , 3-qua CSV (nếu CSV làm việc) lan truyền trên dây pha sang 2 cột lân cận là  $U_{d21}$  và  $U_{d23}$ . Tại cột 3 điện áp sét trên dây chống sét lại được chia làm 3 phần: một phần đi xuống tiếp địa cột 3 ( $U_{c3}$ ), 1 phần phản xạ lại cột 2 ( $U_{cs32}$ ) phần còn lại tiếp tục lan truyền sang cột lân cận 4 ( $U_{cs34}$ ). Nếu coi tổn hao trên dây chống sét là không đáng kể, điện áp trên cột 3 có thể được biểu diễn bởi quan hệ:

$$U_{cs23} = U_{c3} + U_{cs34} - U_{cs32} \quad (1)$$

Nếu ta cũng coi sóng lan truyền trên dây dẫn từ cột 2 sang cột 3 có tổn hao không đáng kể, hiệu điện thế trên cách điện của cột 3 lúc này sẽ là chênh lệch điện áp giữa điện áp trên dây dẫn tại cột 3 và điện áp trên đỉnh cột 3:

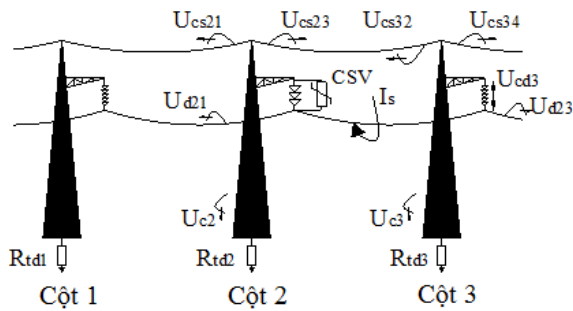
$$U_{cd3} = U_{d23} - U_{c3} \quad (2)$$

Lý luận tương tự đối với cột 1 ta cũng ước lượng được điện áp đặt lên cách điện cột 1. Ta biết rằng ở cột 3 không có CSV nên nếu  $U_{cd3}$  lớn hơn điện áp chịu đựng của cách điện, phóng điện có thể xảy ra trên cột 3 mặc dù sét không đánh trực tiếp vào cột này. Vì điện áp trên đỉnh cột 3 phụ thuộc vào trị số điện trở tiếp địa cột 3 và điện áp từ cột 2 lan truyền tới theo công thức (1), nên việc  $U_{cd3}$  có đủ lớn để gây ra phóng điện ở cột thứ 3 tùy thuộc vào tương quan

trị số điện trở tiếp địa của cột 2 và cột 3. Tương tự như vậy ta có thể nhận thấy cách điện trên bất kỳ cột nào (cột 1, cột 4 v.v..) cũng có thể bị phóng điện mặc dù sét không đánh trực tiếp vào các cột này.

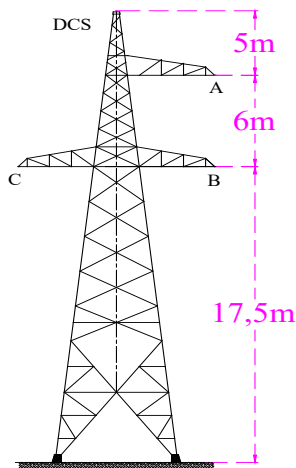
**2.2. Khi sét đánh dây pha**

Khi sét đánh trực tiếp vào dây pha tại cột 2, dòng điện sét lan truyền trên dây pha sang cột 3 và cột 1 ( $U_{d23}$  và  $U_{d21}$ ). Nếu CSV làm việc, một phần điện áp sét sẽ được tản xuống điện trở tiếp địa cột 2 với giá trị  $U_{c2}$ , phần còn lại được tản sang các cột lân cận qua dây chống sét là  $U_{cs21}$  và  $U_{cs23}$  (hình 4). Điện áp trên cách điện tại cột 3 cũng được xác định theo công thức (2) giống như trường hợp sét đánh đỉnh cột. Vì thế phóng điện trên cột 3 hoặc cột 1 nơi không treo CSV hoàn toàn có thể xảy ra tùy thuộc vào tương quan giữa  $R_{td2}$  và  $R_{td3}$  hoặc  $R_{td1}$ .



**Hình 4.** Mô tả quá trình truyền sóng khi sét đánh dây pha tại cột 2 có treo CSV tại pha A, CSV làm việc

**3. Mô hình tính toán và mô phỏng**



**Hình 5.** Kích thước cột 220kV loại Đ212A

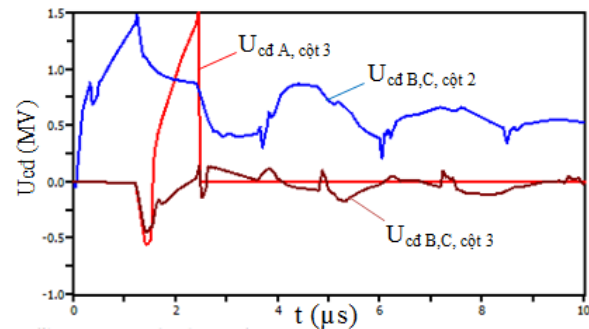
Trong bài báo này, cột và các thông số của một đường dây 220 kV một mạch điển hình trong lưới điện Việt Nam được sử dụng làm đối tượng nghiên cứu. Loại cột được sử dụng là cột dạng Đ212A (hình 5), dây dẫn loại ACSR330/42- phân pha, DCS dùng loại PHLOX116, khoảng vệt 350 m. Đường dây truyền tải trong EMTP sử dụng mô hình phụ thuộc

tần số J-Marti [8] với 1 dây chống sét và 3 dây pha. Mô hình các phân tử như nguồn sét, cột, dây dẫn, cách điện, tiếp địa cột, CSV đã được miêu tả trong [9,10].

**4. Kết quả và thảo luận**

**4.1. Trường hợp lắp 1 CSV**

Hình 6 thể hiện điện áp trên các pha của cột 3 khi sét đánh đỉnh cột 2 với dòng điện sét 147kA ( $1,2/50\mu s$ ),  $R_{td2} = 10 \Omega$  và  $R_{td3} = 5 \Omega$ . Kết quả mô phỏng cho thấy trên cột 3 chỉ có phóng điện trên cách điện pha A, các pha khác không bị phóng điện. Như ở phần 2.1 đã giải thích, sự phóng điện này là do chênh lệch điện áp trên cách điện của cột 3 vượt quá khả năng chịu đựng của cách điện do dòng điện sét đi qua CSV chạy trên dây pha A sang cột 3 gây ra.

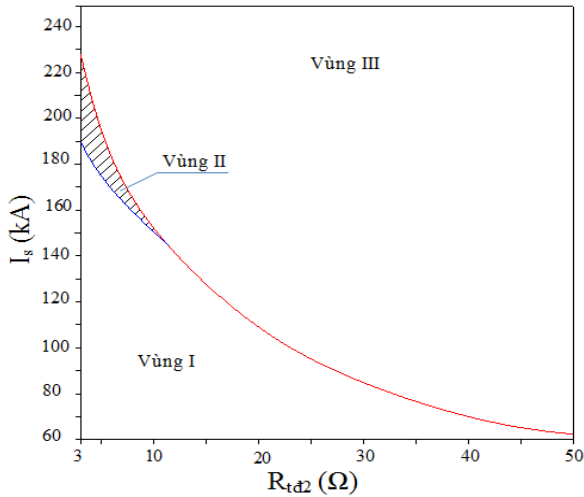


**Hình 6.** Điện áp trên cách điện cột 2 và cột 3 khi CSV pha A của cột 2 làm việc, phóng điện xảy ra trên cách điện cột 3

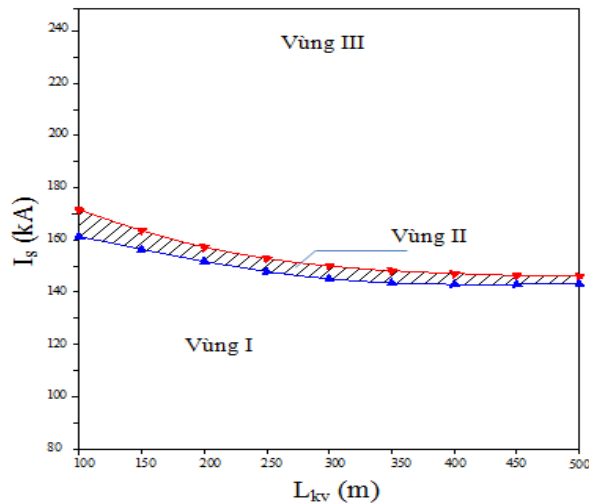
Mô phỏng cũng cho thấy khi điện trở tiếp địa cột 2  $R_{td2} > 10 \Omega$  và dòng điện sét  $> 147kA$ , phóng điện luôn xảy ra trên các pha không lắp CSV của cột 2 mà không phụ thuộc vào giá trị của  $R_{td3}$ . Phóng điện có xảy ra ở pha không lắp CSV (cột 2) và các pha của cột 3 hay không tùy thuộc vào giá trị điện trở tiếp địa  $R_{td2}$ ,  $R_{td3}$  và cường độ dòng điện sét. Ứng với mỗi giá trị  $R_{td3}$ , cặp giá trị dòng điện sét  $I_s$  và điện trở của cột bị sét đánh  $R_{td2}$  được chia làm 3 vùng (hình 7). Xét trường hợp điện trở tiếp địa của cột lân cận  $R_{td3} = 5\Omega$ , phóng điện sẽ xảy ra trên cách điện cột bên cạnh không lắp CSV nếu  $I_s$  và  $R_{td2}$  nằm trong vùng II của hình 7. Ở vùng I, không có phóng điện trên cách điện của bất kỳ cột nào mà chỉ có CSV của cột 2 làm việc. Khi  $I_s$  và  $R_{td2}$  nằm trong vùng III, phóng điện xảy ra trên cách điện của pha không lắp CSV của cột 2 (cột bị sét đánh).

Do sóng phản xạ từ cột bên cạnh trở lại làm cho điện áp đặt lên cách điện giảm xuống nên khả năng xảy ra phóng điện trên mỗi cột còn phụ thuộc vào chiều dài khoảng vệt ( $L_{kv}$ ). Trên hình 8, khi  $L_{kv}$  tăng từ 100m đến 350m, dòng điện sét gây phóng điện giảm 15kA. Hiện tượng này là do khi khoảng vệt tăng từ 100m đến 350m tương đương với thời gian

bắt đầu có sóng phản xạ quay về cột 3 từ cột lân cận sẽ tăng từ  $0,67\mu s$  lên  $2,3\mu s$  (tốc độ truyền sóng lấy bằng tốc độ ánh sáng) làm cho  $U_{cd23}$  càng giảm về phía đuôi sóng dẫn đến điện áp đặt lên cách điện của cột 3  $U_{cd3}$  càng tăng, do đó ngưỡng dòng điện sét gây phóng điện giảm. Khi khoảng vượt tăng đến 400m hoặc hơn thì ngưỡng dòng sét gây phóng điện cột bên cạnh hầu như ít thay đổi dao động quanh giá trị 147kA. Hiện tượng này là do điện áp phản xạ chỉ ảnh hưởng đến thời gian đuôi sóng của điện áp trên cách điện cột 3 nên hầu như không ảnh hưởng đến đặc tính phóng điện của cách điện nữa.



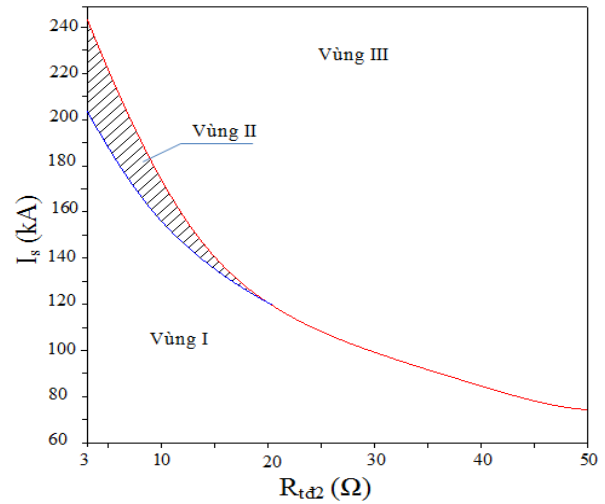
**Hình 7.** Phân bố các vùng xảy ra phóng điện trên cách điện khi sét đánh vào cột 2, CSV cột 2 làm việc, khi  $R_{td3} = 5\Omega$ . Vùng I: không phóng điện, vùng II: phóng điện trên cách điện cột 3, vùng III: phóng điện trên cách điện cột 2



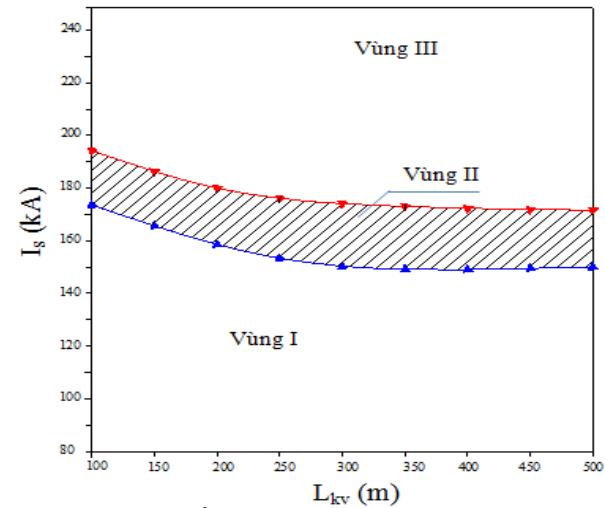
**Hình 8.** Phân bố các vùng xảy ra phóng điện trên các pha không treo CSV khi thay đổi khoảng vượt,  $R_{td2} = 10\Omega$ ,  $R_{td3} = 5\Omega$

#### 4.2. Trường hợp lắp 2 CSV

Do số CSV tăng lên 2, ngưỡng dòng điện sét xảy ra phóng điện trên cách điện của cột lân cận cũng tăng lên (hình 9) so với trường hợp chỉ dùng 1 CSV. Chú ý rằng ngưỡng phóng điện này ứng với trường hợp cả 2 CSV trên cột 2 đều làm việc và phóng điện được ghi nhận ở pha A của cột 3. Mô phỏng cũng cho thấy với  $R_{td2} > 18\Omega$ , dòng điện sét lớn hơn 130kA sẽ luôn gây phóng điện trên pha còn lại không lắp CSV của cột 2 với mọi giá trị  $R_{td3}$ . Ở dải  $R_{td2}$  này, vùng II sẽ bị biến mất và khi đó chỉ còn vùng I và III.



**Hình 9.** Phân bố các vùng xảy ra phóng điện trên cách điện khi sét đánh vào cột 2, CSV cột 2 làm việc, khi  $R_{td3} = 5\Omega$ .

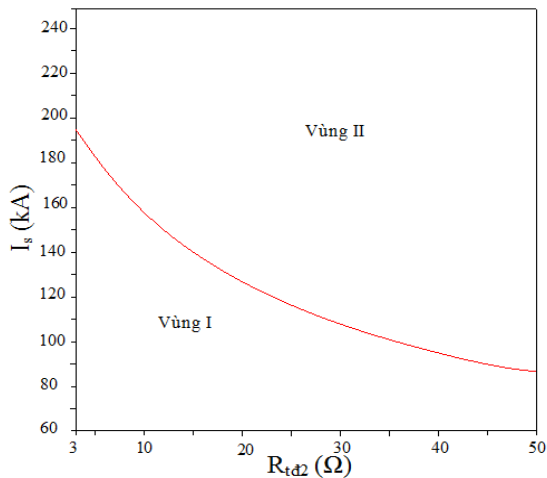


**Hình 10.** Phân bố các vùng xảy ra phóng điện trên các pha không treo CSV khi thay đổi khoảng vượt,  $R_{td2} = 10\Omega$ ,  $R_{td3} = 5\Omega$

Cũng giống như trường hợp lắp 1 CSV, khoảng vượt càng tăng thì ngưỡng chịu đựng dòng điện sét của cách điện cột 3 càng giảm do ảnh hưởng của sóng phản xạ giảm (hình 10). Mặc dù vậy, chênh lệch về dòng ngưỡng  $I_s$  lớn hơn (23kA so với 15 kA) làm cho diện tích vùng II lớn hơn trường hợp chỉ có 1 CSV.

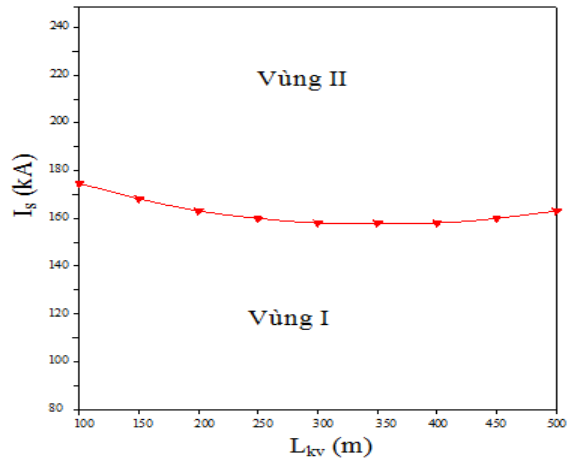
4.3. Trường hợp 3 CSV

Khi cột bị sét đánh lấp cả 3 CSV, không còn hiện tượng phóng điện trên cách điện của cột bị sét đánh nữa. Mặc dù vậy, phóng điện trên cột lân cận vẫn phụ thuộc vào điện trở tiếp địa của cột đó. Khi  $R_{td3}$  của cột lân cận nhỏ để gây ra hiệu điện thế giữa dây pha và đỉnh cột  $U_{cd3}$  đủ lớn mới có thể gây ra phóng điện trên cách điện của cột 3. Khi  $R_{td3}$  tăng lên, phóng điện không xảy ra ở cột lân cận nữa mà dòng sét sẽ tiếp tục được lan truyền ra các cột xa hơn rồi tổn hao hết trên các dây pha và dây chống sét. Trong trường hợp này đường đặc tính ( $I_s, R_{td2}$ ) chỉ còn 2 vùng là vùng I và vùng II do vùng III không tồn tại nữa (hình 11).



Hình 11. Phân bố các vùng xảy ra phóng điện trên cách điện khi sét đánh vào cột 2, CSV cột 2 làm việc, khi  $R_{td3}=5\Omega$ .

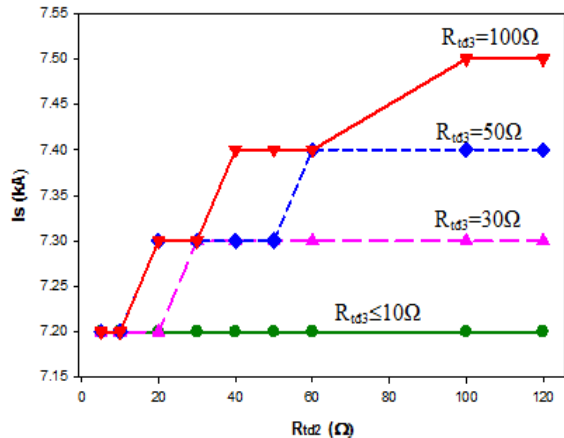
Đối với trường hợp này sự phụ thuộc của phóng điện trên cột lân cận vào khoảng vượt được chia làm 3 dải,  $L_{kv}<200m$ ,  $200m<L_{kv}<400m$  và  $L_{kv}>400m$  (hình 12). Khi khoảng vượt nhỏ hơn 200m, dòng ngưỡng gây phóng điện trên cột 3 giảm khi khoảng vượt tăng do ảnh hưởng của sóng phản xạ ở thời gian đầu sóng giống như các trường hợp sử dụng 1 CSV hoặc 2 CSV. Khi  $200m<L_{kv}<400m$ , dòng ngưỡng không thay đổi do ảnh hưởng của sóng phản xạ cân bằng với tổn hao trên đường dây. Khi  $L_{kv}>400m$ , ảnh hưởng của sóng phản xạ gần như không đáng kể so với tổn hao do điện trở của dây dẫn gây ra. Do cả 3 CSV cùng làm việc nên dòng điện sét chạy qua cột bên cạnh qua DCS hầu như không đáng kể. Do vậy hiện tượng phản xạ từ cột lân trở lại không còn đáng kể nữa. Điện áp trên cách điện của cột bên cạnh chủ yếu do dòng điện chạy trên dây dẫn tạo ra  $U_{d23}$  gây ra. Mà  $U_{d23}$  khi đến được cột 3 tổn hao càng nhiều nếu chiều dài khoảng vượt càng lớn. Điều này dẫn tới khoảng vượt càng tăng, dòng sét ngưỡng để xảy ra phóng điện trên cột 3 càng tăng.



Hình 12. Phân bố các vùng xảy ra phóng điện trên các pha không treo CSV khi thay đổi khoảng vượt,  $R_{td2}=10\Omega, R_{td3}=5\Omega$

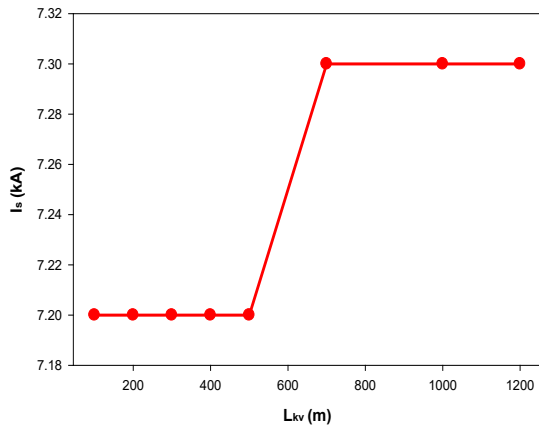
4.4. Trường hợp sét đánh dây pha

Khi dòng sét đánh vào dây pha đủ lớn để CSV làm việc, dòng sét sẽ chủ yếu tản xuống tiếp địa tại chân cột và một phần nhỏ chạy trên dây pha sang cột lân cận cho dù với điện trở tiếp địa nào. Kết quả mô phỏng cho thấy trị số dòng điện ngưỡng gây phóng điện ở cột lân cận hầu như không bị ảnh hưởng bởi điện trở tiếp địa. Hình 13 trình bày kết quả tính toán dòng ngưỡng xảy ra phóng điện ở cột 3 đối với trường hợp lắp 1CSV ở pha A. Ta nhận thấy khi điện trở tiếp địa của cột thay đổi từ 5 Ω đến 120 Ω thì dòng ngưỡng chỉ tăng từ 7,2kA lên 7,5 kA.



Hình 13. Quan hệ giữa dòng điện gây phóng điện cột 3 khi sét đánh dây pha A với  $R_{td3}$  thay đổi từ 10Ω đến 100Ω

Tương tự như vậy, chiều dài của khoảng vượt cũng hầu như không ảnh hưởng đến giá trị dòng sét ngưỡng xảy ra phóng điện trên cách điện của cột lân cận (hình 14). Khi chiều dài khoảng vượt tăng từ 100m đến 1200m thì dòng ngưỡng cũng chỉ tăng từ 7,2kA đến 7,3kA.



**Hình 14.** Quan hệ giữa dòng điện gây phóng điện cột 3 theo chiều dài khoảng vượt khi sét đánh vào dây pha,  $R_{td2}=10\Omega$ ,  $R_{td3}=5\Omega$

**5. Kết luận**

Lắp CSV rời rạc trên một vài vị trí cột được coi là nguy hiểm của đường dây hiệu quả nhất khi dùng để bảo vệ chống sét đánh trực tiếp vào dây pha. Mà trường hợp này có xác suất xảy ra rất thấp đối với đường dây có treo dây chống sét. Khi dòng sét đánh vào dây pha quá lớn, mặc dù CSV ở vị trí cột bị sét đánh đã làm việc thì phóng điện ở cột lân cận vẫn có thể xảy ra. Trong trường hợp này, hiện tượng phóng điện ở cột lân cận không treo CSV hầu như không bị ảnh hưởng bởi trị số tiếp địa của cột.

Khi sét đánh đỉnh cột hoặc dây chống sét, CSV được lắp rời rạc trên các vị trí này sẽ bảo vệ được cách điện của vị trí đó. Mức độ bảo vệ của CSV tại cột đó có thể được chia làm 3 vùng:

- Vùng I: Nếu dòng điện sét nhỏ, điện trở của cột có lắp CSV nhỏ thì CSV có thể không làm việc hoặc làm việc nhưng không có cách điện nào bị phóng điện. Không có sự cố phóng điện do sét và SSC của đường dây được cải thiện rõ rệt.
- Vùng II: Nếu dòng điện sét đủ lớn để kết hợp với điện trở tại cột bị sét đánh thành một điểm trong vùng II, phóng điện sẽ xảy ra trên cột bên cạnh mặc dù sét không đánh trực tiếp vào cột này. Sự cố chỉ chuyển từ cột có lắp CSV sang cột không lắp CSV, SSC của đường dây không thay đổi hay việc lắp CSV không có hiệu quả.
- Vùng III: Nếu dòng điện sét hoặc điện trở tại cột bị sét đánh quá lớn, phóng điện sẽ xảy ra trên cách điện không được lắp CSV của cột bị sét đánh trừ trường hợp tất cả các pha của cột bị sét đánh có lắp CSV. Mặc dầu vậy, hiện tượng xảy ra phóng điện ở cột bên cạnh vẫn xảy ra khi lắp 3 CSV ở cột bị sét đánh nếu dòng điện sét hoặc điện trở cột bị sét đánh đủ lớn.

Khoảng vượt cũng là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng phóng điện của cột lân cận

không lắp CSV. Chính vì vậy, lắp CSV rời rạc chỉ đạt hiệu quả ở một dải trị số nhất định của điện trở tiếp địa và khoảng vượt. Ngoài các trị số này, lắp CSV rời rạc không làm cho suất cắt của đường dây thay đổi mà vị trí phóng điện chỉ chuyển từ cột này sang cột kia. Trong trường hợp đó cần thực hiện lắp đặt CSV liên tục trên một nhóm cột nhằm đảm bảo trị số SSC sau khi lắp CSV thực sự giảm.

**Tài liệu tham khảo**

- [1] Tổng công ty truyền tải điện quốc gia (NPT), báo cáo số 4457/EVNNPT-KT, báo cáo công tác giảm thiểu sự cố có nguyên nhân do sét trên các đường dây 220kV, 500kV, 2015.
- [2] IEEE, Guide for Improving the Lightning Performance of Transmission Lines, IEEE Standard 1243-1997, 1997.
- [3] J. A. Tarchini and W. Gimenez, Line surge arrester selection to improve lightning performance of transmission lines, IEEE Bol. PnwerTech Conf, Bol. Italy (2003) 23-26
- [4] Y. A. Wahab, Z. Z. Abidin, and S. Sadovic, Line surge arrester application on the quadruple circuit transmission line, IEEE Bol. PowerTech Conf. Proc., vol. 3 (2003) 299-305.
- [5] R. Rashedin, S. Venkatesan, A. Haddad, H. Griffiths, and N. Harid, Lightning Performance of 275 kV Transmission, Univ. Power Eng. Conf, UPEC 2008. 43rd Int (2008) 2-6.
- [6] T. H. Pham, S. A. Boggs, H. Suzuki, and T. Imai, Effect of externally gapped line arrester placement on insulation coordination of a twin-circuit 220 kv line, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 27, no. 4 (2012) 1991-1997.
- [7] IEEE Std C62.22™, IEEE Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems, 2009.
- [8] Juan. A. Martinez, Ferley Castro-Aranda, Lightning Performance Analysis of Overhead Transmission Lines Using the EMTP, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 20, no. 3 (2005), 2200-2010
- [9] Nam V Ninh, Thinh Pham, Top V. Tran, Coupling effect in transmission line submitted to lightning strikes, The 9<sup>th</sup> RCEEE 2016, Hanoi University of Science and Technology (2016) 20-24
- [10] Nam V Ninh, Thinh Pham, Top V. Tran, A Method to Improve Lightning Performance of Transmission Lines in High Footing Resistance Areas, 2017 International Symposium on Electrical Insulating Materials (ISEIM), Toyohashi, Japan (2017) 761-764.