

XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ CHỐNG SÉT VAN TRÊN CƠ SỞ GIẢM RỦI RO HƯ HỎNG

DETERMINE POSITIONS OF ARRESTERS BASED ON REDUCING RISK OF FAILURE

Quyền Huy Ánh,
Nguyễn Mạnh Hùng
ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP HCM

TÓM TẮT

Vị trí của chống sét van trong sơ đồ bảo vệ sẽ ảnh hưởng đến hiệu quả bảo vệ quá áp lan truyền vào trạm biến áp. Độ tăng độ dốc đầu sóng và biên độ đỉnh sóng sẽ ảnh hưởng đến rủi ro hư hỏng của các thiết bị trong trạm biến áp. Bài báo này sử dụng kỹ thuật mô phỏng và xử lý thống kê các thông số ngẫu nhiên của xung sét để tính toán rủi ro hư hỏng cho các nút trong mạng, làm cơ sở xác định vị trí chống sét van hợp lý. Tiêu chí kinh tế và tiêu chí rủi ro hư hỏng cho phép được sử dụng để xây dựng chương trình hỗ trợ lựa chọn vị trí bố trí chống sét van trong mạng phân phối.

ABSTRACT

Locations of arresters in protection schematic affect significantly the preserve performance against stroke- lightning to stations. The peak value of the return stroke current and the slope of the wave front have effects on failure risks of distributing stations. This paper presents the simulation technology and statistic analysis of random-lighting-characteristics to estimate risk of failure of important nodes and dispose locations of arresters in electric network. Economic and permissible risk criteria are used to construct a program determining the positions of arresters to protect distribution stations.

1. Giới thiệu

Để bảo vệ trạm biến áp phân phối, thường sử dụng thiết bị chống sét van. Chống sét van sẽ bảo vệ tốt nhất cho máy biến áp khi được đặt tại đầu cực của máy biến áp. Tuy nhiên, chống sét van còn phải bảo vệ các phần tử khác trong mạng nên giữa chống sét van và máy biến áp cần phải có một khoảng cách nhất định. Các nghiên cứu về vấn đề này trước đây dựa trên đánh giá điện áp xung tại đầu cực máy biến áp và thời gian hư hỏng của thiết bị để đưa ra phương án lựa chọn vị trí lắp đặt chống sét van [1,2]. Các phương pháp này, tuy có xét đến các yếu tố như hệ số che chắn và điện cảm dây nổi, nhưng vẫn có nhược điểm là điện áp tại các nút được tính toán một cách giản lược, bỏ qua vận tốc truyền sóng và đặt giả thiết là điện áp tại chống sét van luôn là điện áp kẹp.

Bài báo này trình bày phương pháp xác định vị trí lắp đặt chống sét van có tính đến vận tốc

truyền sóng trên cơ sở đánh giá rủi ro hư hỏng của các nút quan trọng trong mạng và kỹ thuật logic mờ.

2. Rủi ro hư hỏng

2.1 Định nghĩa

Rủi ro hư hỏng của một phần tử trong mạng điện do sét đánh được định nghĩa là xác suất mà xung sét đó vượt qua điện áp chịu đựng của phần tử đó [6]:

$$R = \int_0^{\infty} P(V)f(V)dV \quad (1)$$

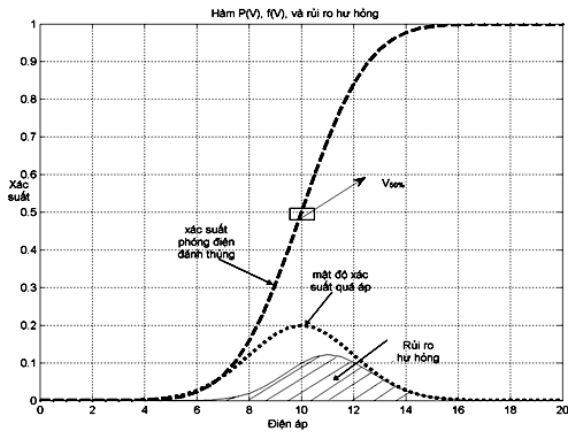
Ở đây: R là rủi ro hư hỏng của thiết bị; f(V) là hàm mật độ xác suất xuất hiện quá áp; P(V) là xác suất xuất hiện phóng điện đánh thủng.

Với: $V_{50\%}$ là xác suất tại đó phóng điện đánh

thùng là 50%; σ là độ lệch chuẩn thì:

$$f(V) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(V - V_{50\%})^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2a)$$

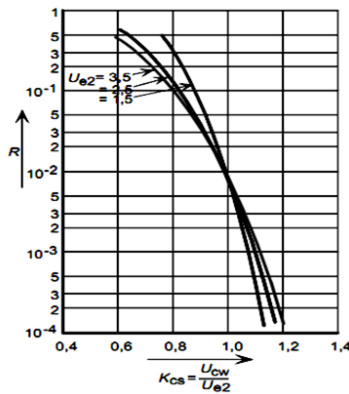
$$P(V) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^V \exp\left[-\frac{(V' - V_{50\%})^2}{2\sigma^2}\right] dV' \quad (2b)$$



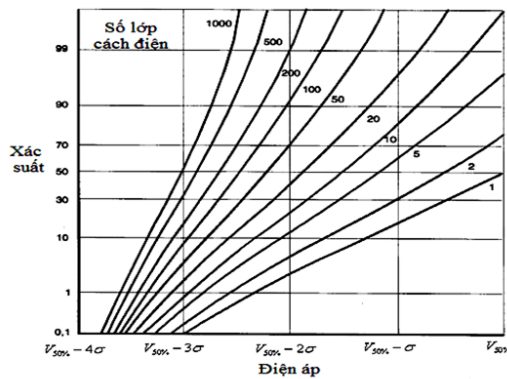
Hình 1: Dạng sóng hàm mật độ xác suất xuất hiện quá áp, hàm xác suất phóng điện đánh thủng và rủi ro hư hỏng

Dạng sóng của hàm mật độ xác suất xuất hiện quá áp $f(V)$, hàm xác suất phóng điện đánh thủng $P(V)$ và rủi ro hư hỏng R được trình bày ở Hình 1.

2.2 Tính toán rủi ro hư hỏng



Hình 2: Đặc tuyến rủi ro hư hỏng tính theo hệ số phối hợp thống kê



Hình 3: Đặc tuyến của hàm xác suất phóng điện đánh thủng $P(V)$ theo số lượng các lớp cách điện đồng tâm.

Rủi ro hư hỏng được xác định từ đặc tuyến hệ số phối hợp thống kê (K_{cs}) như Hình 2:

$$\text{Với } K_{cs} = \frac{U_{cw}}{U_{e2}} \quad (3)$$

Ở đây: U_{e2} là giá trị điện áp pha đất có xác suất xuất hiện phóng điện là 2%; U_{cw} là điện áp chịu đựng phối hợp, được lấy bằng điện áp pha và đất mà tại đó xác suất phóng điện bằng 10%.

Giá trị rủi ro hư hỏng phụ thuộc vào giá trị tương đối của u_{e2} [5]:

$$u_{e2} = \frac{U_{e2}}{U_s}$$

Ở đây: U_s là điện áp lớn nhất xuất hiện trên lưới trong điều kiện làm việc bình thường. Các

giá trị U_{e2} và U_{cw} được thực hiện bằng cách tra các đặc tuyến ở Hình 3 [6].

3. Bảo vệ trạm biến áp dựa trên rủi ro hư hỏng

3.1 Mục tiêu bảo vệ

Mạng điện được xem là được bảo vệ nếu rủi ro hư hỏng ở các phần tử thấp hơn mức độ rủi ro có thể chấp nhận được. Sai số rủi ro hư hỏng được định nghĩa là giá trị rủi ro hư hỏng trừ giá trị rủi ro cho phép. Sai số này được dùng để tính toán vị trí lắp đặt chống sét van, nếu sai số rủi ro tại tất cả các nút âm thì mạng được bảo vệ.

Sai số rủi ro ở một phần tử mạng điện giảm xuống khi khoảng cách giữa chống sét van và phần tử được bảo vệ giảm xuống. Nếu như chống sét van được kết nối trực tiếp ngay tại phần tử

được bảo vệ thì quá áp cực đại trên thiết bị đó sẽ gần bằng điện áp dư của chống sét van nhất, nghĩa là rủi ro sẽ bé nhất.

Để cực tiểu chi phí thay thế các thiết bị trong trạm biến áp, việc lựa chọn vị trí chống sét van có thể thực hiện dựa theo vị trí làm cho rủi ro hư hỏng chung nhỏ nhất [4]:

$$R_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{Ti} + 0.1 \sum_{i=1}^m R_{Ci}}{m + n} \quad (4)$$

Ở đây: n là số lượng máy biến áp; m là số lượng các nút nối cáp; R_{Ti} là rủi ro tại nút của máy biến áp thứ i; R_{Ci} là rủi ro tại nút cáp thứ i.

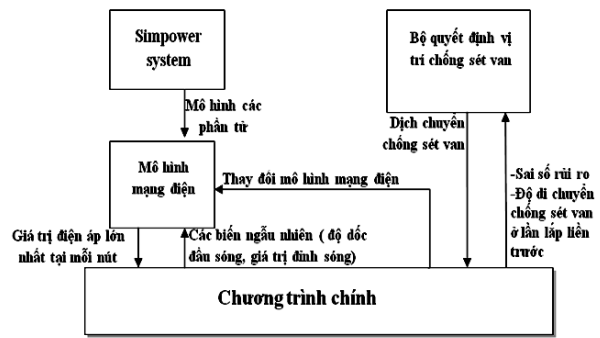
Nếu thực hiện bảo vệ bằng cách đảm bảo rủi ro tại các nút nhỏ hơn một giá trị cho trước, việc xác định số lượng chống sét van và vị trí tốt nhất của chúng cho việc bảo vệ mạng phân phối được tiến hành theo các bước sau:

- Quá trình bảo vệ này được bắt đầu bằng việc bảo vệ các phần tử gần nút kết nối giữa đường dây trên không và cáp ngầm nhất.
- Chống sét van này có thể được lắp đặt xa dần từ nút kết nối đường dây và cáp ngầm để bảo vệ các nút khác, nếu rủi ro tại điểm nối này vẫn còn nhỏ hơn rủi ro cho phép.
- Nếu không có vị trí nào thỏa điều kiện rủi ro tại mọi nút nhỏ hơn giá trị mong muốn, cần sử dụng thêm chống sét van để bảo vệ tất cả các nút của mạng điện.
- Các chống sét van thêm vào ưu tiên bảo vệ nút có rủi ro cao nhất.
- Quá trình bảo vệ bị dừng lại khi tất cả các nút đều có sai số rủi ro âm.
- Số lượng chống sét van lớn nhất giữa hai nút là hai, mỗi chống sét van tại mỗi nút.

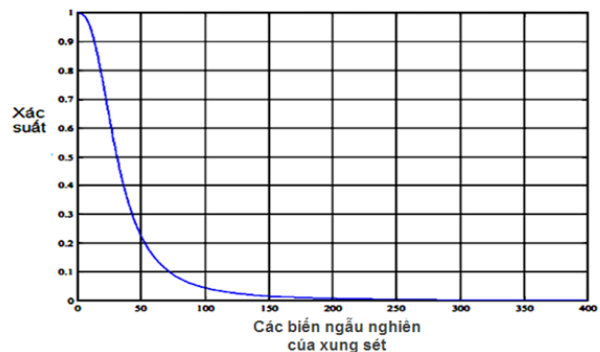
3.2 Sơ đồ khối chương trình xác định vị trí chống sét van

Sơ đồ khối chương trình máy tính xác định

phương án bảo vệ trạm phân phối được trình bày ở Hình 4. Công cụ Simpowersystem của Matlab được sử dụng để tạo ra mạng điện cần mô phỏng. Chương trình chính sẽ tạo ra một tập hợp các xung sét từ thống kê của độ dốc đầu sóng và biên độ đỉnh sóng có dạng như Hình 5 [3]. Mạng điện này sẽ thực thi và trả về giá trị điện áp lớn nhất tại mỗi nút ứng với mỗi xung sét được đưa vào mô phỏng, giá trị điện áp lớn nhất này sẽ được đưa về chương trình chính để tính toán rủi ro hư hỏng tại các nút và sai số rủi ro tương ứng. Một chương trình sử dụng logic mờ sẽ nhận dữ liệu về sai số rủi ro và độ dịch chuyển cả chống sét van ở lần lặp trước để đưa ra khoảng các dịch chuyển ở lần lặp hiện tại. Khoảng cách này sẽ được đưa về chương trình chính để tính toán lại vị trí chống sét van, từ đó thay đổi mô hình mạng điện.



Hình 4: Sơ đồ khối chương trình máy tính xác định vị trí chống sét van bảo vệ trạm biến áp phân phối



Hình 5: Phân phối thống kê các biến ngẫu nhiên của xung sét

4. Bộ ra quyết định mờ

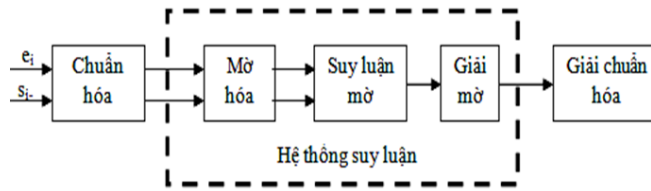
Cấu tạo bộ ra quyết định mờ gồm bộ chuẩn hóa, hệ thống suy luận mờ và bộ giải chuẩn hóa được thể hiện như trong Hình 6. Sai số rủi ro khi chống sét van ở vị trí hiện tại (e_i) và độ dịch chuyển ở lần lặp trước đó (s_{i-1}) là cơ sở để hệ

thống suy luận mờ đưa ra độ dịch chuyển cho lần hiện tại (s_i). Sau đó, độ dịch chuyển s_i sẽ được giải chuẩn hóa để đưa ra khoảng dịch chuyển của

chống sét van trong mạng điện (dL_i) bằng công thức $dL_i = s_i * L$. Trong đó, L là chiều dài của đoạn cáp mà chống sét van đang dịch chuyển.

Sai số	Độ dịch chuyển			
	N	ZN	ZP	P
N	PL	Z	PL	P
Z	Z	Z	Z	Z
P	NH	NL	Z	NL

Bảng 1: Các luật của bộ logic mờ.

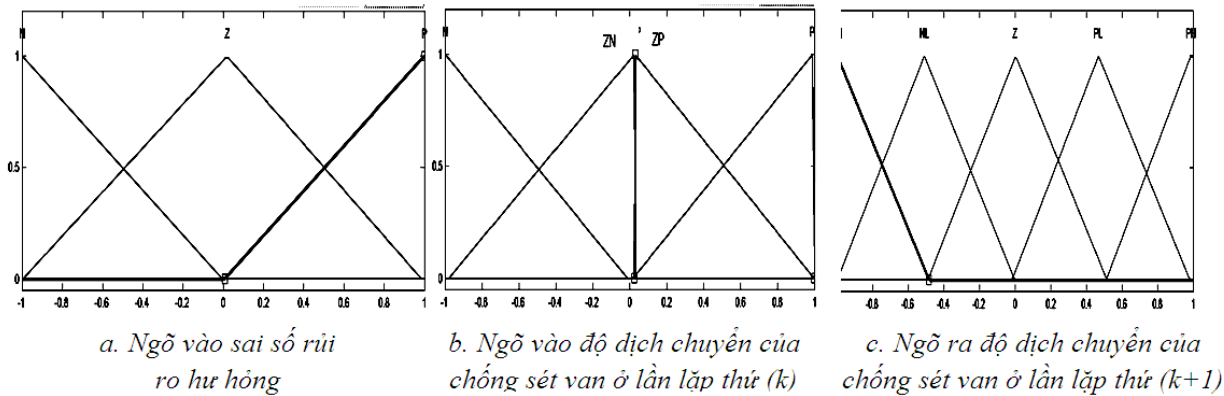


Hình 6: Cấu trúc bộ ra quyết định mờ

Hệ thống suy luận mờ gồm ba khâu: khâu mờ hóa chuyển giá trị thực của e_i và s_{i-1} sang giá trị mờ; bộ suy luận mờ xử lý các giá trị này để đưa ra độ dịch chuyển; bộ giải mờ sẽ chuyển độ dịch chuyển này từ trong miền mờ sang giá trị thực.

Hệ thống điều khiển mờ được xây dựng gồm hai ngõ vào là sai số rủi ro hư hỏng và độ dịch chuyển ở lần lặp trước đó đã được chuẩn hóa, ngõ ra là độ dịch chuyển cho lần lặp hiện tại.

Ngõ vào sai số rủi ro hư hỏng sử dụng ba biến ngôn ngữ là “Negative (N)”, “Zero (Z)”, và “Positive (P)”; ngõ vào độ dịch chuyển ở lần lặp liền trước sử dụng các biến ngôn ngữ “Negative (N)”, “Zero Negative (ZN)”, “Zero Positive (ZP)” và “Positive (P)”; ngõ ra sử dụng các biến ngôn ngữ “Negative High (NH)”, “Negative Low (NL)”, “Zero (Z)”, “Positive Low (PL)” và “Positive High (PH)” với các hàm thành viên thể hiện như trong Hình 7. Bảng luật mờ được cho như trong Bảng 1.

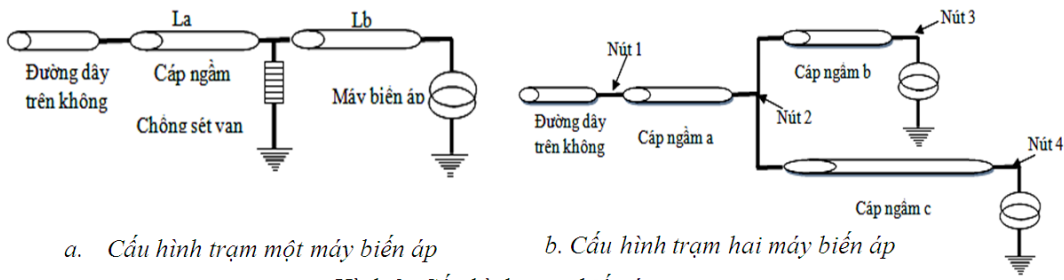


Hình 7. Các biến ngôn ngữ của bộ suy luận mờ.

5. Cấu hình trạm

Cấu hình của trạm biến áp phân phối gồm một đường dây trên không nối với cáp ngầm dẫn vào máy biến áp, chống sét van được kết nối trên đoạn cáp ngầm để bảo vệ máy biến áp và điểm nối giữa đường dây trên không và cáp ngầm thể hiện như Hình 8. Các nút cần quan tâm là nút nối giữa đường dây trên không và cáp ngầm, các nút nối

giữa các cáp ngầm, và nút tại đầu cực máy biến áp. Trong đó, mô hình các phần tử được lấy từ Simpower system của Matlab. Riêng đối với mô hình cáp ngầm, để phù hợp với đặc điểm nghiên cứu về chống sét, mô hình tổng trở đặc tính cần phải xem xét đến vận tốc truyền sóng [7].

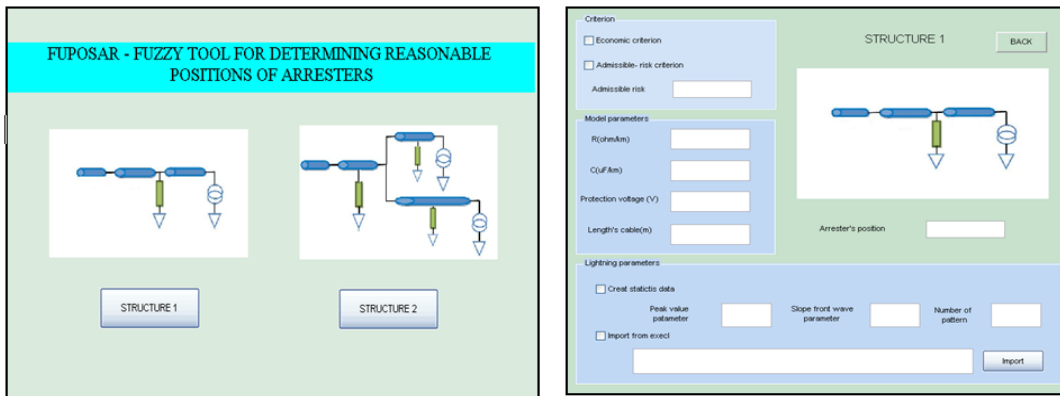


Hình 8: Cấu hình trạm biến áp

6. Chương trình tính toán

Chương trình FUPOSAR xác định vị trí lắp đặt chống sét van trong trạm phân phối được xây dựng dựa trên cấu trúc ở mục 3.2. Trong chương trình này, cấu trúc bộ suy luận mờ được trình bày trong mục 4 và các cấu hình trạm biến áp được nghiên cứu trình bày ở mục 5. Ứng với mỗi cấu hình, chương trình cho phép tính toán dựa trên đánh giá rủi ro hư hỏng tổng quát theo chỉ tiêu

kinh tế hoặc tính toán dựa trên rủi ro hư hỏng cho phép. Các biến ngẫu nhiên của xung sét bao gồm độ dốc đầu sóng và biên độ đỉnh sóng, các dữ liệu dữ liệu ngẫu nhiên này có thể được tạo ra bằng máy tính hoặc nhập từ một tập tin excel nếu có số liệu thực tế. Giao diện chương trình được thể hiện như Hình 9.



Hình 9: Giao diện chương trình xác định vị trí chống sét van

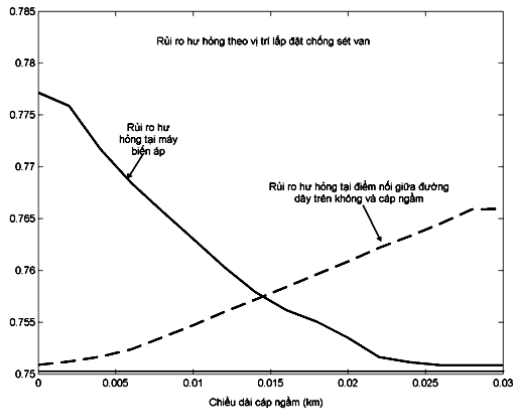
7. Ví dụ phân tích rủi ro hư hỏng

7.1 Phân tích cấu hình một máy biến áp

Trong cấu hình trạm một máy biến áp, chọn chiều dài đoạn cáp ngầm nối giữa đường dây trên không và máy biến áp là $L = 30\text{m}$. Khi chọn vị trí chống sét van theo tiêu chuẩn cực tiểu rủi ro hư hỏng chung của các nút, chương trình FUPOSAR xác định vị trí chống sét van nằm tại nút máy biến áp.

Rủi ro hư hỏng cho phép thường được chọn từ trong khoảng từ $0.7 \div 0.8$ [5], khi áp dụng tiêu

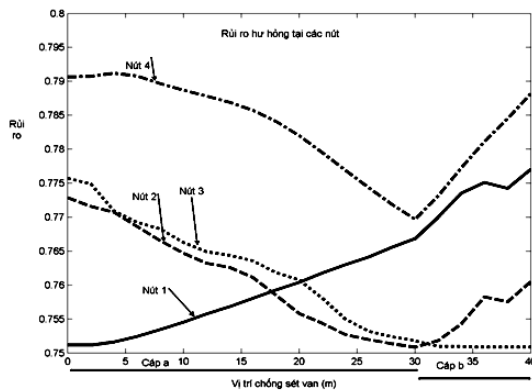
chuẩn rủi ro hư hỏng cho phép với rủi ro cho phép bằng 0.75, chương trình FUPOSAR đưa vị trí lắp đặt chống sét van là $L_a = 18.7\text{m}$ cách điểm nối giữa cáp ngầm với đường dây trên không. Tương quan giữa vị trí lắp đặt chống sét van và rủi ro hư hỏng của máy biến áp và đầu nối cáp thể hiện trên Hình 10.



Hình 10: Rủi ro hư hỏng tại các nút

Nhận xét:

- Khi lựa chọn phương pháp bảo vệ dựa trên cực tiểu rủi ro hư hỏng chung như công thức (4) thì chống sét van sẽ được ưu tiên đặt tại máy biến áp vì nút máy biến áp có trọng số cao.
- Khi chống sét van di chuyển về phía máy biến áp, rủi ro cho đầu nối cáp ngầm tăng lên trong khi rủi ro tại nút máy biến áp giảm xuống.



a. Rủi ro khi sử dụng một chống sét van

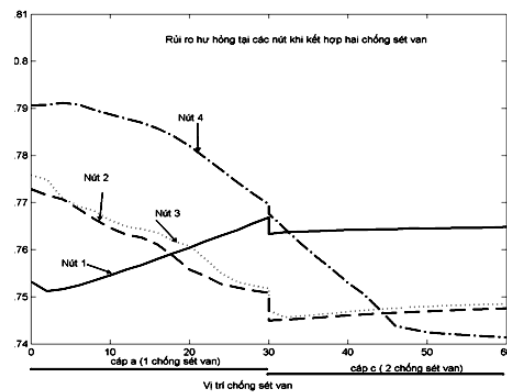
- Sự diễn biến của rủi ro hư hỏng là hợp lý. Khoảng cách từ chống sét van tới đối tượng bảo vệ sẽ quyết định độ lớn của rủi ro hư hỏng.

7.2 Phân tích cấu hình hai máy biến áp

Trên Hình 8(b), chọn chiều dài cáp a, cáp b, cáp c lần lượt là 30m, 10m, 30m. Đầu tiên, cho chống sét van chuyển động trên đoạn từ nút 1 đến nút 2. Để rủi ro chung cho các nút nhỏ nhất, chống sét van sẽ hướng tới nút 3 vì sẽ làm giảm tổng khoảng cách từ chống sét van đến nút 1, nút 2 và nút 4. Kết quả phân tích rủi ro hư hỏng cho ở Hình 11(a).

Nhận xét:

- Rủi ro hư hỏng của một nút phụ thuộc vào khoảng cách từ chống sét van tới nút đó. Khoảng cách càng nhỏ thì rủi ro càng bé.
- Khi sử dụng một chống sét van, chống sét van nên nằm giữa nút 1 và nút 2 để đảm bảo rủi ro tại nút 1 không tăng quá cao.



b. Rủi ro khi sử dụng hai chống sét van

Xem xét khả năng bảo vệ trạm bằng hai chống sét van. Đặt một chống sét van tại nút 2, chống sét van còn lại chuyển động trên cáp c để giảm rủi ro tại nút 4, kết quả phân tích rủi ro hư hỏng có được như Hình 11 (b). Kết quả cho thấy chống sét van thêm vào có tác dụng giảm rủi ro hư hỏng tại tất cả các nút và những nút đặt gần chống sét van sẽ có rủi ro hư hỏng thấp hơn.

Khi áp dụng phương pháp bảo vệ dựa trên chỉ tiêu kinh tế, ứng với trường hợp sử dụng một chống sét van để bảo vệ trạm, vị trí có rủi ro thấp

nhất là tại nút 2. Trong trường hợp sử dụng hai chống sét van để thực hiện chức năng bảo vệ, rủi ro hư hỏng đạt được thấp nhất khi chống sét van một đặt tại nút 2 và chống sét van hai đặt cách nút 2 một khoảng 10 m trên đoạn cáp c.

Khi áp dụng phương pháp bảo vệ dựa trên rủi ro hư hỏng cho phép và bộ logic mờ, ứng với rủi ro cho phép bằng 0.755, hai chống sét van sẽ được sử dụng với chống sét van thứ nhất đặt trên đoạn cáp a cách nút 1 một khoảng 10.8m, chống sét van thứ hai đặt ở tại máy biến áp số 2.

8. Kết luận

- Bài báo này giới thiệu kỹ thuật mô phỏng, xử lý thống kê các thông số ngẫu nhiên của xung sét và giải thuật logic mờ để tính toán rủi ro hư hỏng cho các nút trong mạng điện và xác định vị trí chống sét van hợp lý.
- Chương trình FUPOSAR được phát triển để hỗ trợ tính toán vị trí và số lượng chống sét van hợp lý cho cấu hình một máy và hai máy biến áp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Quyền Huy Ánh, Nguyễn Phan Thanh, Nguyễn Công Tráng, “Tối ưu hóa vị trí lắp đặt chống sét van trong lưới phân phối”, *Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật*, Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật, số 14-2010.
- [2] Quyền Huy Ánh, Nguyễn Phan Thanh, Nguyễn Ngọc Âu, Trương Ngọc Hưng, “Nghiên cứu hiệu quả bảo vệ máy biến áp của chống sét van có xét đến các yếu tố ảnh hưởng”, *Tạp chí Phát triển KH&CN*, tập 12, số 8-2009.
- [3] A. L. Orille, S. Bogarra, M. A. Grau, J. Iglesias, “Fuzzy Logic Techniques to Limit Lightning Surges in a Power Transformer”, *IEEE Bologna Power Tech Conference*, June 23th-26th 2003, Bologna, Italy.
- [4] Orille-Fernández, Member, IEEE, Santiago Bogarra Rodríguez, and Ma. Ángela Grau Gotés, “Optimization of Surge Arrester’s Location Ángel L”, *IEEE transactions on power delivery*, vol. 19, no. 1, january 2004.
- [5] *International standard*, IEC 60071-1.
- [6] *International standard*, IEC 60071-2.
- [7] B. Metz-Nobalt, 1998, “ Lightning and HV electrical installations, Schneider Electric”, n° 168.