

ĐỊNH VỊ SỰ CỐ TRÊN ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI SỬ DỤNG SỐ LIỆU ĐO LƯỜNG TỪ HAI ĐẦU ĐƯỜNG DÂY KHÔNG SỬ DỤNG THÔNG SỐ VÀ CHIỀU DÀI ĐƯỜNG DÂY

FAULT LOCATION ON TRANSMISSION LINES USING MEASUREMENT SIGNALS FROM TWO-ENDS, NOT LENGTH OF LINE AND PARAMETERS

Nguyễn Xuân Vinh¹, Nguyễn Xuân Tùng^{2*}, Nguyễn Đức Huy^{2**}

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long; vinhnx@vnlute.edu.vn

²Trường Đại học Bách khoa Hà Nội; *tung.nguyenxuan@hust.edu.vn, **huy.nguyenduc1@hust.edu.vn

Tóm tắt - Bài báo này trình bày phương pháp để tính toán vị trí sự cố trên đường dây truyền tải. Phương pháp này sử dụng tín hiệu điện áp và dòng điện đo lường đồng bộ hoặc không đồng bộ từ hai đầu của đường dây truyền tải, thuật toán không sử dụng thông số chiều dài và các thông số khác của đường dây truyền tải. Giải thuật được sử dụng là thuật toán Newton-Raphson: để tính toán góc đồng bộ để đồng bộ hóa điện áp và dòng điện đo lường từ hai đầu của đường dây truyền tải; để xác định các thông số đường dây và xác định vị trí sự cố. Bài báo này đưa ra một phương pháp để xác định nghiệm ban đầu cho thuật toán lặp Newton-Raphson ứng dụng trong bài toán định vị sự cố. Thuật toán đơn giản, chỉ cần sử dụng tín hiệu điện áp và dòng điện, tính chính xác của thuật toán đã được kiểm chứng thông qua mô phỏng sử dụng phần mềm Matlab.

Từ khóa - định vị sự cố; Newton-Raphson; góc đồng bộ; đường dây truyền tải; tín hiệu đo lường không đồng bộ.

1. Giới thiệu

Xác định chính xác điểm sự cố trên đường dây tải điện mang một ý nghĩa thiết thực đối với hệ thống truyền tải điện; định vị chính xác điểm sự cố sẽ làm giảm thời gian ngừng cung cấp điện, giảm huy động nhân công, nâng cao độ tin cậy của lưới điện truyền tải, giảm sự than phiền của khách hàng từ đó tăng lợi nhuận kinh doanh của công ty điện lực.

Hiện nay, các rơ le bảo vệ khoảng cách của đường dây truyền tải báo vị trí sự cố với sai số tương đối lớn là do rơ le chỉ sử dụng tín hiệu đo lường từ một đầu đường dây, rơ le hai đầu chưa được kết nối dữ liệu để cùng phối hợp định vị sự cố.

Trong những năm gần đây, vấn đề định vị sự cố đã được rất nhiều nhà khoa học trên thế giới quan tâm, và đưa ra rất nhiều giải thuật hiệu quả trong việc định vị sự cố.

Thuật toán [2] định vị sự cố sử dụng mô hình đường dây thông số rải và giải thuật Newton-Raphson để định vị sự cố và góc đồng bộ của dữ liệu.

Thuật toán [3] định vị sự cố cho đường dây ngắn hơn 100km, mô hình thông số tập trung, yêu cầu số liệu đo lường phải được đồng bộ chỉ áp dụng cho kiểu sự cố ngắn mạch một pha chạm đất.

Thuật toán [4], [5] định vị sự cố cho mô hình đường dây thông số tập trung và thông số rải, sử dụng thuật toán Newton-Raphson và số liệu đo lường không đồng bộ.

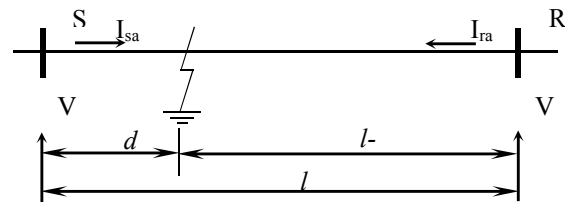
Trong các thuật toán trên chỉ dừng lại ở định vị sự cố, góc đồng bộ đồng thời yêu cầu phải có chiều dài đường dây, vì vậy bài báo đưa ra thuật toán cải tiến định vị sự cố không yêu cầu chiều dài đường dây, và phương pháp xác định nghiệm ban đầu cho giải thuật Newton-Raphson.

Abstract - This paper presents a method to calculate the fault location on transmission lines. This method uses the voltage signals and synchronous or unsynchronous measurement currents from both ends of the transmission line without using the length parameters and other parameters of the transmission line. The paper uses Newton-Raphson algorithm: to calculate the synchronized angle for synchronizing voltage and measurement current from both ends of transmission line to define the transmission line parameters and to locate fault location. This paper also developed a method to define the initial guess for the iterative algorithm Newton - Raphson to locate the fault location. The algorithm is simple, just uses the voltage and current signals. The accuracy of the algorithm was verified through simulation using Matlab software.

Key words - fault location; Newton-Raphson; synchronous angle; transmission lines; unsynchronous measurement signals

2. Thuật toán

Hình 1, biểu diễn đường dây truyền tải sử dụng cho thuật toán.



Hình 1. Sơ đồ đường dây bị sự cố ngắn mạch

Ký hiệu:

Điện áp và dòng điện trước sự cố: $V_{sabc}, V_{rabc}, I_{sabc}, I_{rabc}$;

Điện áp và dòng điện trong sự cố: $V_{sfabc}, V_{rffabc}, I_{sfabc}, I_{rffabc}$;

Điện áp và dòng điện thành phần đối xứng trước và trong sự cố: $V_{si}, V_{ri}, I_{si}, I_{ri}, V_{sfi}, V_{rfi}, I_{sfi}, I_{rfi}$.

Trong đó: $i = 0, 1, 2$.

Vì dữ liệu đo lường từ hai đầu không đồng bộ, vì thế thuật toán trong bài báo này gồm hai bước: xác định góc đồng bộ của tín hiệu đo lường điện áp và dòng điện, xác định vị trí sự cố và thông số Z_{cl}, γ_1 .

Áp dụng giải thuật [4] xác định góc đồng bộ dữ liệu:

$$f(\delta) = b_1 \cos \delta - a_1 \sin \delta - b_2 + b_3 \cos 2\delta - a_3 \sin 2\delta \quad (1)$$

Trong đó:

$$a_1 + jb_1 = A_1 \bar{A}_2 + A_2 \bar{A}_4 + A_3 \bar{A}_4$$

$$a_2 + jb_2 = A_2 \bar{A}_3; a_3 + jb_3 = A_1 \bar{A}_4$$

$$A_1 = V_{s1}I_{s2} - V_{s2}I_{s1}; A_2 = V_{s2}I_{r1} - V_{s1}I_{r2}$$

$$A_3 = V_{s1}I_{r2} + V_{r2}I_{s1} - V_{r1}I_{s2} - V_{s2}I_{r1}$$

$$A_4 = V_{r1}I_{r2} - V_{r2}I_{r1}$$

Áp dụng Newton-Raphson cho phương trình (1) với nghiệm ban đầu $\delta = 0$, điều kiện dừng của giải thuật $\Delta\delta \leq 1e^{-5}$.

Sử dụng góc đồng bộ δ có được từ bước trên đồng bộ lại dữ liệu điện áp và dòng điện đo lường từ hai đầu đường dây.

Theo lý thuyết đường dây dài [1] và thuật toán [5] ta có:

$$V_{s1} = \cosh(\gamma_1 l) V_{r1} + Z_{c1} \sinh(\gamma_1 l) I_{r1} \quad (2)$$

$$V_{r1} = \cosh(\gamma_1 l) V_{s1} + Z_{c1} \sinh(\gamma_1 l) I_{s1} \quad (3)$$

Trong đó:

$$z_{c1} = \sqrt{\frac{z_1}{y_1}} = x_1 + jx_2$$

$$\gamma_1 l = l\sqrt{z_1 y_1} = x_3 + jx_4;$$

Khi sự cố ngắn mạch xảy ra, điện áp điểm sự cố tính từ 2 đầu phải bằng nhau:

$$\cosh(\gamma_1 d) V_{r1} + Z_{c1} \sinh(\gamma_1 d) I_{r1} = \cosh(\gamma_1 (l-d)) V_{s1} + Z_{c1} \sinh(\gamma_1 (l-d)) I_{s1} \quad (4)$$

Trong đó:

$$\gamma_1 d = x_5 + jx_6;$$

Kết hợp (2), (3), (4) và tách phần thực, phần ảo được hệ 6 phương trình, 6 biến $[x_1..x_6]$:

$$\begin{cases} f_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = \text{real}((2)) \\ f_2(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = \text{imag}((2)) \\ f_3(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = \text{real}((3)) \\ f_4(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = \text{imag}((3)) \\ f_5(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = \text{real}((4)) \\ f_6(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = \text{imag}((4)) \end{cases} \quad (5)$$

Áp dụng thuật toán Newton-Raphson giải hệ phương trình (5) được nghiệm $[x_1..x_6]$.

Sau khi có nghiệm $[x_1..x_6]$, suy ra thông số đường dây và phần trăm khoảng cách từ đầu S đến vị trí sự cố:

$$z_{c1} = x_1 + jx_2$$

$$\gamma_1 l = x_3 + jx_4$$

$$\gamma_1 d = x_5 + jx_6$$

$$d\% = \frac{\text{abs}(\gamma_1 d)}{\text{abs}(\gamma_1 l)}$$

Nếu biết được chiều dài đường, thế vào $\gamma_1 l$ xác định được γ_1 và khoảng cách từ đầu S đến vị trí sự cố tính bằng km.

3. Phương pháp nâng cao độ hội tụ cho thuật toán

Chọn nghiệm ban đầu cho giải thuật Newton-Raphson có ý nghĩa hết sức quan trọng, nếu chọn nghiệm ban đầu quá lớn hoặc quá nhỏ so với nghiệm đúng thì thuật toán sẽ hội tụ về nghiệm không chính xác hoặc giải thuật sẽ mất nhiều thời gian để tìm ra kết quả đúng. Bài báo này đưa ra phương pháp để chọn nghiệm ban đầu đảm bảo cho thuật toán lặp hội tụ về nghiệm đúng được thực hiện như sau:

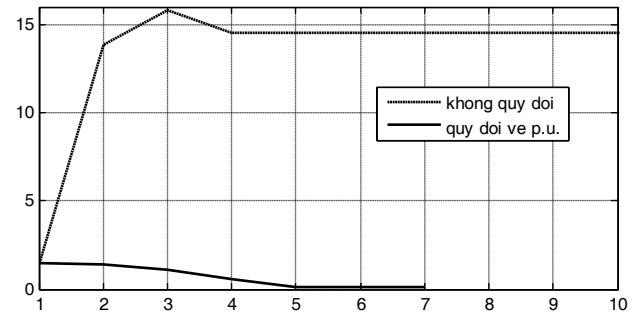
Quy đổi tín hiệu đo lường, Z_c về đơn vị tương đối (p.u.), chọn $S_{base} = 100MVA$, V_{base} là điện áp nguồn cung cấp cho đường dây áp dụng thuật toán định vị sự cố:

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3}V_{base}}; Z_{base} = \frac{V_{base}}{\sqrt{3}I_{base}}$$

$$\text{Suy ra: } Z_{c1}(p.u.) = \frac{Z_{c1}}{Z_{base}}$$

Khi quy đổi về đơn vị tương đối $[x_1..x_6]$ có giá trị trong khoảng (0..1), vì thế chỉ cần chọn nghiệm ban đầu bất kỳ trong khoảng (0..1) là thuật toán hội tụ.

Hình 2, so sánh độ hội tụ của thuật toán được trình bày trong bài báo với thuật toán [5], nếu cho hai thuật toán cùng áp dụng định vị sự cố cho đường dây ở Hình 3 (vị trí sự cố chính xác 0,1250 tính theo %), có cùng nghiệm ban đầu, thì thuật toán được trình bày trong bài báo chỉ cần 7 vòng lặp là hội tụ về nghiệm chính xác, trong khi thuật toán không quy đổi về p.u. thì sau 10 vòng lặp vẫn chưa hội tụ được về nghiệm chính xác.



Hình 2. So sánh độ hội tụ của thuật toán

4. Kết quả

Hình 3, đường dây truyền tải $l = 200km$ được mô phỏng kiểm chứng sử dụng Simulink trong phần mềm Matlab. Vì kết quả đo lường của Simulink là đồng bộ, nên sau khi trích xuất tín hiệu điện áp và dòng điện từ hai đầu, tín hiệu đầu R được làm lệch đi một góc δ , rồi sau đó mới đưa vào làm tín hiệu đo lường cho thuật toán của bài báo.

Bảng 1. Thông số đường dây

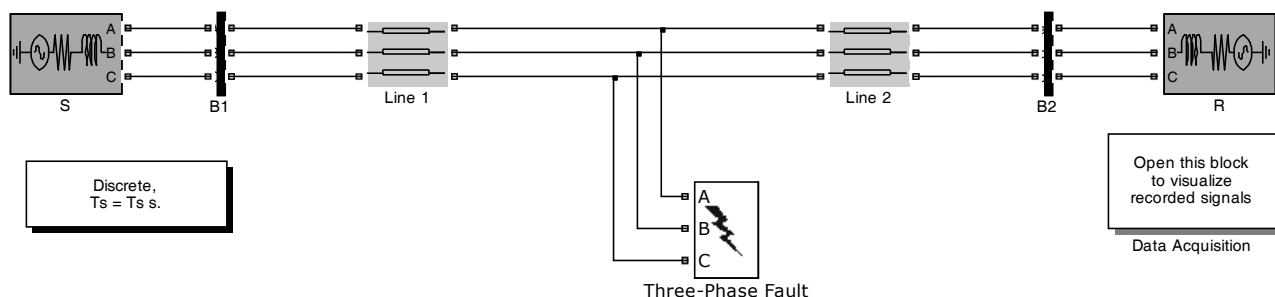
Thông số	Thứ tự thuận	Thứ tự không
R (Ω/km)	0,01143	0,24665
L (H/km)	0,00086839	0,003088
C (F/km)	1,342e-008	8,58e-009

Bảng 2. Thông số nguồn S, R

Nguồn	Điện áp (KV)	Tỉ số (X/R)	Pha ⁰
S	505	10	5
R	500	10	0

Bảng 3. Kết quả mô phỏng định vị sự cố

Thực tế		Mô phỏng	
$d(km)$	δ^0	$d(km)$	δ^0
15	9	14,9712	8,9850
17	10	16,9725	9,9850
20	12	19,9741	11,9850
21	15	20,9746	14,9850
22	18	21,9751	17,9850
25	36	24,9763	35,9850
27	45	26,9771	44,9850
30	60	29,9781	59,9848
31	72	30,9784	71,9849
37	90	36,9801	89,9850



Hình 3. Mô hình mô phỏng định vị sự cố đường dây truyền tải

5. Kết luận

Bài báo này đã đưa ra giải thuật kết hợp các giải thuật [2]-[5] đồng thời cải tiến các giải thuật đã có ở những điểm sau:

- Đưa ra phương pháp để chọn nghiệm ban đầu cho thuật toán lặp Newton-Raphson ứng dụng trong bài toán định vị sự cố.

- Chiều dài đường dây và khoảng cách đến vị trí sự cố được kết hợp vào biến γ_l và γ_d nên không cần phải biết chiều dài đường dây, thuật toán vẫn đưa ra khoảng cách sự cố d tính từ đầu S đến vị trí sự cố.

- Kết quả mô phỏng hết sức khả quan, vì thế thuật toán hoàn toàn có thể áp dụng được trong thực tế để định vị sự cố cho đường dây truyền tải cũng như định vị sự cố cho đường dây trong lưới phân phối.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hadi Saadat, *Power system analysis*, McGraw Hill, 2002.
- [2] Dine Mohamed, Sayah Houari, Bouthiba Tahar, Accurate Fault Location Algorithm on Power Transmission Lines with use of Two-end Unsynchronized Measurements, *Serbian Journal of Electrical Engineering Vol. 9*, No. 2, June 2012, 189-200.
- [3] Z. M. Radojević, C. H. Kim, M. Popov, G. Preston, V. Terzija, New approach for fault location on transmission lines not requiring line parameters, *International Conference on Power Systems Transients (IPST2009) in Kyoto*, Japan June 3-6, 2009.
- [4] Sumit, Shelly vadhera, Iterative and non-iterative methods for transmission line fault-location without using line parameters, *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Vol. 3*, Issue 1, July 2013.
- [5] Renfei Che, Jun Liang, An Accurate Fault Location Algorithm for Two Terminal Transmission Lines Combined with Parameter Estimation, *IEEE, Power and Energy Engineering Conference, APPEEC 2009. Asia-Pacific*, 2009.

(BBT nhận bài: 12/11/2014, phân biện xong: 03/12/2014)