

# Áp dụng biến đổi Wavelet cho việc xác định vị trí sự cố trên đường dây truyền tải rẽ nhánh

• Nguyễn Xuân Bình

Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Điện 2

• Vũ Phan Tú

ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 12 tháng 11 năm 2013, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 03 tháng 01 năm 2014)

## TÓM TẮT:

Xác định vị trí sự cố trên đường dây truyền tải điện, đặc biệt là các đường dây có rẽ nhánh hình T, là một vấn đề quan trọng và phức tạp trong vận hành hệ thống điện. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu việc áp dụng biến đổi wavelet cho việc xác định vị trí sự cố trên đường dây truyền tải rẽ nhánh hình T. Các thành phần của sóng quá độ tại các đầu đường dây khảo sát được mô phỏng bởi phần mềm MATLAB Simulink. Các tín hiệu sóng truyền này sẽ được phân tích

thành các hệ số wavelet bằng việc sử dụng biến đổi wavelet rời rạc. Phương pháp đề nghị có ưu điểm là xác định nhanh chóng và chính xác thời gian sóng quá độ truyền từ điểm sự cố về đầu đường dây. Nhằm đánh giá khả năng áp dụng và tính hiệu quả của cách phương pháp này, chúng tôi đã áp dụng phương pháp đề nghị cho đường dây truyền tải rẽ nhánh hình T trong tham khảo [9] và mạng đường dây thực tế 110kV Ô Môn – Sa Đéc – rẽ Bình Minh.

**Từ khóa:** đường dây truyền tải rẽ nhánh, wavelet, vị trí sự cố

## GIỚI THIỆU

Hệ thống đường dây truyền tải là phần tử đặc biệt quan trọng trong việc truyền tải điện đi xa với công suất lớn. Nói cách khác, nó được xem là các mạch máu của một hệ thống điện. Hiện nay trên hệ thống điện Việt Nam tồn tại khá nhiều đường dây truyền tải được đầu nối rẽ nhánh hình T, đặc biệt là ở lưới điện 110kV. Việc bảo vệ đường dây truyền tải rẽ nhánh hình T có những đặc điểm riêng biệt khác với đường dây đơn nhánh bình thường. Khi có sự cố xảy ra trên đường dây rẽ nhánh, relay bảo vệ cần xác định nhánh bị sự cố và gửi tín hiệu cắt đến các máy

cắt tương ứng để bảo vệ an toàn hệ thống. Như vậy, việc xác định được vị trí sự cố xảy ra trên nhánh đường dây rẽ nào là công việc hết sức quan trọng vì nó sẽ rút ngắn đáng kể thời gian tìm kiếm và khắc phục sự cố, tiết kiệm chi phí do sự gián đoạn cung cấp điện gây ra. Chính vì những lý do trên, việc vận hành hệ thống đường dây truyền tải đặc biệt là đường dây có rẽ nhánh đảm bảo độ tin cậy cao, an toàn và ổn định luôn là yêu cầu cấp thiết và là ưu tiên hàng đầu của các Công ty Điện lực cũng như các Công ty Truyền tải Điện.

Phương pháp xác định vị trí sự cố trên đường dây truyền tải có thể được chia làm các trường phái chính như sau:

*Phương pháp tổng trở:* đặt cơ sở trên việc đo tổng trở từ đầu relay đến vị trí sự cố, với giả thiết là tổng trở tỉ lệ với khoảng cách tới điểm xảy ra sự cố. Phương pháp này phụ thuộc vào việc đo tần số công nghiệp và các thành phần tác động đến tần số như điện trở ngắn mạch, tải của đường dây, thông số nguồn... Do đó, mức độ chính xác của phương pháp cũng có giới hạn [1].

*Phương pháp truyền sóng:* phương pháp truyền sóng chính xác hơn phương pháp tổng trở trong việc xác định vị trí sự cố của đường dây truyền tải, do không phụ thuộc vào điện trở ngắn mạch, phụ tải và các thông số nguồn trước khi sự cố. Trong những năm qua đã có nhiều nghiên cứu dựa trên cơ sở phương pháp truyền sóng như Zeng Xiangjun và các đồng nghiệp - [2] với việc sử dụng hệ thống định vị toàn cầu, vị trí sự cố được tính theo thời gian sóng đến tại các cảm biến đặt ở đầu đường dây, và V. Šiožinyš - [3] xác định vị trí sự cố dựa vào sự chênh lệch thời gian giữa sóng phản xạ và khúc xạ. Biến đổi wavelet tín hiệu quá độ do sự cố tạo ra được trình bày trong [4]-[6]. Trong [7]-[8], việc sử dụng phương pháp biến đổi wavelet kết hợp mạng nơron nhân tạo (ANNs) cũng đang được phát triển. Phương pháp áp dụng giải thuật khử nhiễu bằng cách sử dụng tín hiệu từ một đầu đường dây xác định thời gian sóng tới và sóng phản xạ được giới thiệu trong [4]. Cùng với sự phát triển nhanh chóng của ngành công nghệ máy tính, vi xử lý, việc xác định vị trí sự cố có thể thực hiện on-line thời gian thực dựa trên các dữ liệu được ghi nhận và lưu trữ bởi các thiết bị số.

Trong bài báo này, chúng tôi sẽ áp dụng phương pháp biến đổi wavelet rời rạc để xác định tín hiệu sóng quá độ và thời gian truyền sóng từ vị trí sự cố đến đầu đường dây áp dụng cho các đường dây truyền tải rẽ nhánh hình T. Sự cố và

các sóng quá độ được mô phỏng bằng phần mềm MATLAB Simulink. Kết quả mô phỏng sử dụng phương pháp đề xuất được so sánh với kết quả trong [9] và dữ liệu thực tế của mạng đường dây truyền tải 110kV Ô Môn – Sa Đéc – rẽ Bình Minh.

## PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ SỰ CỐ

### Biến đổi wavelet

Phân tích wavelet tín hiệu bắt đầu bằng việc lựa chọn hàm wavelet mẹ  $W(t)$  phù hợp và phân tích thực hiện bằng cách co giãn và tịnh tiến hàm này, theo phương trình:

$$W_{d,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{d}} \cdot W\left(\frac{t-\tau}{d}\right) \quad (1)$$

Với  $d$  đặc trưng cho hệ số co giãn (tỷ lệ) và  $\tau$  là hệ số tịnh tiến của hàm wavelet mẹ  $W_{d,\tau}(t)$  để tạo ra các wavelet. Chỉ số co giãn  $d$  biểu thị độ rộng của wavelet, và chỉ số vị trí  $\tau$  biểu thị vị trí.

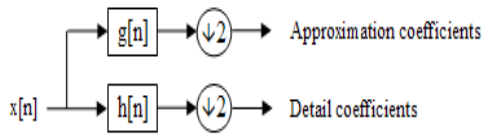
Với các dạng sóng được lấy mẫu, có thể dùng biến đổi wavelet rời rạc (Discrete Wavelet Transform – DWT) phân giải tín hiệu số thành các thông tin xấp xỉ và chi tiết để phân tích tín hiệu tại các tỷ lệ khác nhau. Biến đổi wavelet rời rạc tín hiệu số theo phương trình:

$$DWT(m,k) = \frac{1}{\sqrt{d_0^m}} \sum_n x(n) W\left(\frac{n-k\tau_0 d_0^m}{d_0^m}\right) \quad (2)$$

với  $m, k$  là các số nguyên, và  $d_0 > 1$  là một bước co giãn cố định,  $x(n)$  là tín hiệu đầu vào, các hệ số co giãn và tịnh tiến  $d$  và  $\tau$  là hàm theo  $m$ .

Biến đổi wavelet rời rạc sẽ phân giải tín hiệu đầu vào thành các hệ số xấp xỉ (approximation coefficient) và hệ số chi tiết (detail coefficient) bậc 1, hệ số xấp xỉ bậc 1 sẽ lại được xem là tín hiệu đầu vào và phân giải thành các hệ số xấp xỉ và chi tiết bậc 2, và cứ thế tiếp tục. Hệ số chi tiết tại các bậc được gọi là hệ số biến đổi wavelet (Wavelet Transform Coefficients – WTC), đây

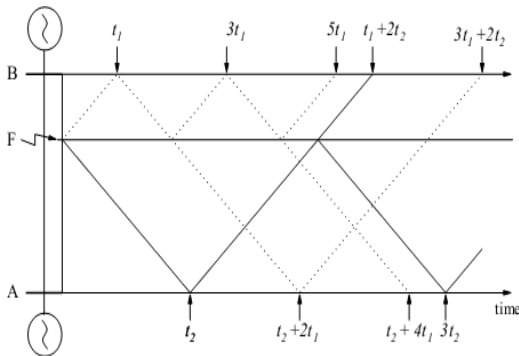
được gọi là kỹ thuật đa phân giải. Trong bài báo này, các WTC bậc 1 được sử dụng để xác định vị trí sự cố.



Hình 1. Biến đổi wavelet rời rạc thành các hệ số xấp xỉ và chi tiết

**Đồ thị Lattice**

Trong lý thuyết cũng như thực tế vận hành đường dây truyền tải, sự cố ngắn mạch sẽ gây ra các sóng quá độ. Khi các sóng này truyền dọc theo đường dây sẽ xuất hiện các sóng phản xạ do sự không liên tục tại các điểm sự cố, điểm đầu và điểm cuối của đường dây - [10]. Tại điểm sự cố, một phần năng lượng được truyền qua và phần còn lại bị phản xạ và truyền về hướng ngược lại. Các sóng quá độ này liên tục bị phản xạ lại tới và lui giữa điểm sự cố và hai đầu đường dây với năng lượng giảm dần cho đến khi đạt được trạng thái xác lập sau sự cố. Sự thay đổi tại các điểm đầu cuối đường dây có thể được biểu diễn bằng đồ thị Lattice trên Hình 2.



Hình 2. Đồ thị Lattice cho điểm sự cố F

**Phân tích phương thức với ma trận Clarke**

Đường dây truyền tải ba pha có sự tương hỗ điện từ giữa các pha dây dẫn. Bằng cách sử dụng các phép phân tích mode, các điện áp và dòng điện tương hỗ được khai triển thành một tập các

mode điện áp và dòng điện mới và có thể được xử lý tương tự như đường dây đơn pha. Tín hiệu ba pha được biến đổi thành các thành phần phương thức độc lập thông qua ma trận Clarke.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \sqrt{2} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} & -\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

$V_a, V_b$  và  $V_c$  là các điện áp pha,  $V_1$  là điện áp ground mode và  $V_2, V_3$  là các điện áp aerial mode. Thành phần điện áp ground mode được xác định tương tự thành phần thứ tự không trong hệ thống thành phần thứ tự, sẽ được sử dụng để xác định loại sự cố có chạm đất hay không. Thành phần aerial mode được dùng để tính toán xác định vị trí sự cố.

**Xác định vị trí sự cố sử dụng biến đổi wavelet**

Biến đổi wavelet rời rạc sử dụng hàm wavelet mẹ Daubechies bậc 4 - [11] đối với các tín hiệu điện áp đã chuyển đổi bởi ma trận Clarke, khuếch đại các hệ số biến đổi wavelet thu được để xác định thời điểm mà năng lượng của tín hiệu nhận được tại đầu cuối đạt giá trị đỉnh lớn nhất. Loại sự cố (chạm đất hoặc không chạm đất) được xác định dựa trên độ lớn bình phương hệ số biến đổi wavelet của thành phần điện áp ground mode. Cách xác định vị trí sự cố trên đường dây truyền tải trong Hình 2. như sau:

Khoảng cách  $x$  từ điểm sự cố đến nút A được xác định bởi công thức:

$$x = \frac{l - v \cdot (t_2 - t_1)}{2} \quad (4)$$

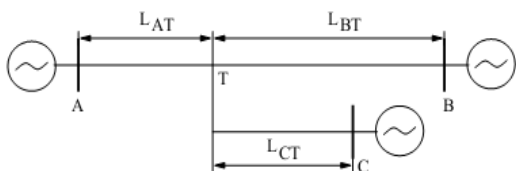
với  $t_2$  : là thời điểm ban đầu sóng truyền về nút A tương ứng với thời điểm xuất hiện tín hiệu đỉnh đầu tiên của hệ số WTC2 của thành phần aerial mode tại nút A,

$t_1$  : là thời điểm ban đầu sóng truyền đến nút B tương ứng với tín hiệu đỉnh đầu tiên của hệ số WTC2 của thành phần aerial mode tại nút B,

$v$  : là vận tốc truyền sóng của thành phần aerial mode,

$l$  : là chiều dài tuyến đường dây.

**XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ SỰ CỐ TRÊN ĐƯỜNG DÂY MẠCH HÌNH T**



**Hình 3.** Hệ thống đường dây truyền tải mạch rẽ nhánh hình T- [9]

Khi sự cố xảy ra trên đường dây truyền tải mạch hình T như Hình 3., các tín hiệu sóng truyền sẽ được thu thập và đo đạc tại ba đầu đường dây. Đoạn đường dây bị sự cố sẽ được nhận dạng và xác định khoảng cách từ vị trí sự cố đến điểm đầu đường dây. Hệ số wavelet thành phần aerial mode sẽ được so sánh tại các nút để nhận dạng đoạn đường dây bị sự cố. Biên độ tín hiệu đỉnh đầu tiên của hệ số wavelet tại các nút sẽ được sử dụng để xác định nhánh sự cố.

Tính toán khoảng cách giả định từ cả ba điểm đầu đường dây đến vị trí sự cố được cho bởi - [9]

$$d_{PR} = \frac{l_{PT} + l_{RT} - v \cdot (t_R - t_P)}{2} \quad (5a)$$

$$d_{PQ} = \frac{l_{PT} + l_{QT} - v \cdot (t_Q - t_P)}{2} \quad (5b)$$

$$d_{RQ} = \frac{l_{RT} + l_{QT} - v \cdot (t_Q - t_R)}{2} \quad (5c)$$

với -  $l_{PT}$ ,  $l_{QT}$ ,  $l_{RT}$  : chiều dài nhánh đường dây PT, QT và RT;

-  $t_P$ ,  $t_Q$ ,  $t_R$  : thời điểm nhận được tín hiệu đỉnh đầu tiên của sự cố tại nút P, Q và R;

-  $d_{PR}$ ,  $d_{PQ}$ ,  $d_{RQ}$  : các khoảng cách giả thiết từ điểm nút đến vị trí sự cố;

-  $v$  : vận tốc sóng truyền.

Sau khi đã tính toán được các khoảng cách trên, nhánh đường dây bị sự cố sẽ được xác định dựa trên các so sánh logic sau:

Nếu  $d_{PR} \leq l_{PT}$  và  $d_{PQ} \leq l_{PT} \rightarrow$  vị trí sự cố thuộc nhánh PT;

Nếu  $d_{PR} > l_{PT}$  và  $d_{RQ} \leq l_{RT} \rightarrow$  vị trí sự cố thuộc nhánh RT;

Nếu  $d_{PR} > l_{PT}$  và  $d_{RQ} > l_{RT} \rightarrow$  vị trí sự cố thuộc nhánh QT;

Sau khi đã xác định được phân đoạn đường dây bị sự cố, khoảng cách từ điểm đầu đường dây đoạn sự cố đến vị trí sự cố được xác định tương tự (4) như sau:

$$d_{ij} = \frac{l_{iT} + l_{jT} - v \cdot (t_j - t_i)}{2} \quad (6)$$

với -  $d_{ij}$  : khoảng cách từ điểm đầu đường dây đoạn sự cố đến vị trí sự cố;

-  $l_{iT}$  : chiều dài nhánh bị sự cố;

-  $l_{jT}$  : chiều dài một trong hai nhánh không bị sự cố;

-  $v$  : vận tốc sóng truyền;

-  $t_i$  : thời điểm nhận tín hiệu đỉnh đầu tiên của sự cố tại nút bị sự cố;

-  $t_j$  : thời điểm nhận tín hiệu đỉnh đầu tiên của sự cố tại một trong hai nút còn lại;

Tín hiệu sóng truyền sau nhận được tại các điểm nút sau khi phân tách thì thành phần ground mode sẽ được sử dụng để phân loại sự cố là chạm đất hay không bằng cách so sánh với thành phần aerial mode tại điểm đầu nhánh sự cố.

**KẾT QUẢ TÍNH TOÁN**

**Khảo sát đoạn đường dây trên không - [9]**

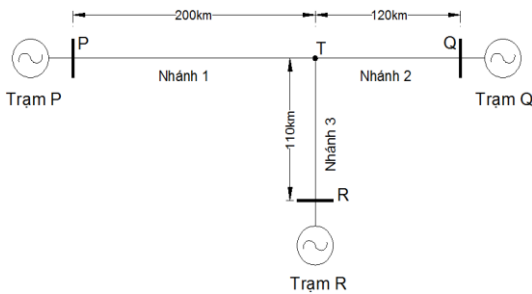
Trong phần này, chúng tôi kiểm chứng khả năng ứng dụng và tính hiệu quả của phương pháp đề xuất bằng cách khảo sát một mô hình đường dây trên không mạch hình T được giới thiệu trong [9]. Hệ thống khảo sát gồm các nhánh đường dây trên không 220kV với chiều dài các

nhánh lần lượt là 200km, 120km và 110km như trong Hình 4.

Công suất ngắn mạch tại các nút đầu đường dây nhìn vào hệ thống tương đương 1250MW với tỷ số X/R bằng 10. Các đoạn đường dây khảo sát có thông số giống nhau với các giá trị trên đơn vị chiều dài được cho như sau:

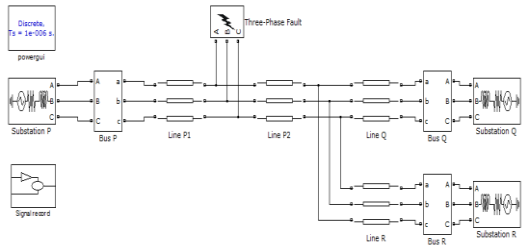
Thứ tự thuận  $R_1 = 0.01809 (\Omega/\text{km})$ ,  $L_1 = 0.92974e-03 (\text{H}/\text{km})$ ,  $C_1 = 12.571e-09 (\text{F}/\text{km})$ ;

Thứ tự không  $R_0 = 0.2188 (\Omega/\text{km})$ ,  $L_0 = 3.2829e-03 (\text{H}/\text{km})$ ,  $C_0 = 7.8555e-09 (\text{F}/\text{km})$ .



Hình 4. Sơ đồ 1 sợi đường dây trên không khảo sát

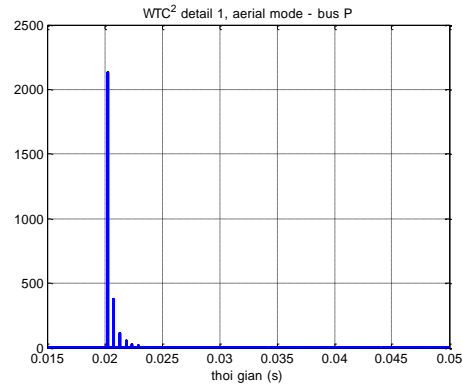
Hệ thống khảo sát được thực hiện mô phỏng bằng phần mềm Matlab Simulink với mô hình đường dây thông số rải. Mô hình khảo sát mô phỏng như trên Hình 5.



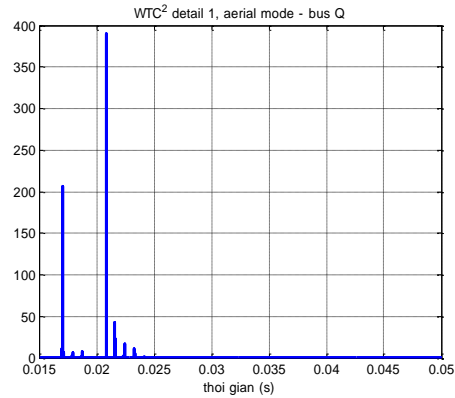
Hình 5. Sơ đồ hệ thống khảo sát mô phỏng bằng Matlab Simulink

Mô hình mô phỏng được kiểm tra thực hiện các trường hợp sự cố chạm đất với nhiều vị trí sự cố và điện trở sự cố khác nhau. Xem xét cụ thể trường hợp sự cố pha A chạm đất tại nhánh PT, cách đầu P một khoảng  $d = 78\text{km}$ , với điện trở sự cố  $R_f = 50\Omega$ .

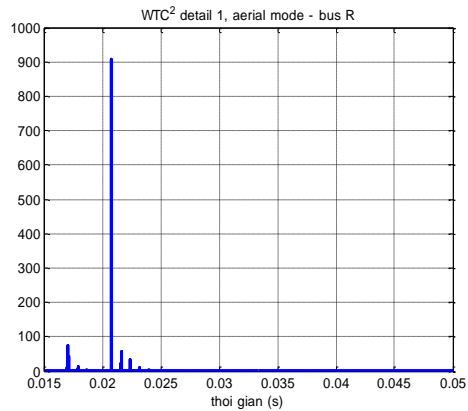
Các hệ số sau khi phân giải wavelet các tín hiệu quá độ sự cố thu được như sau:



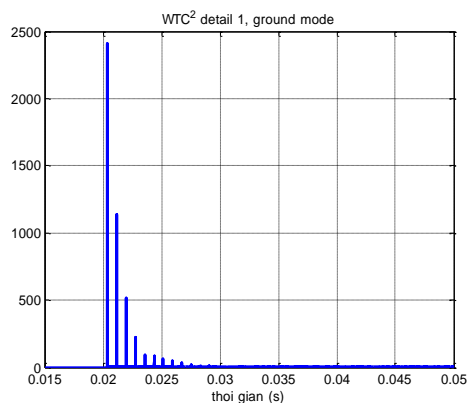
Hình 6a. Bình phương hệ số chi tiết bậc 1, aerial mode tại nút P,  $d=78\text{km}$



Hình 6b. Bình phương hệ số chi tiết bậc 1, aerial mode tại nút Q,  $d=78\text{km}$



Hình 6c. Bình phương hệ số chi tiết bậc 1, aerial mode tại nút R,  $d=78\text{km}$



**Hình 6d.** Bình phương hệ số chi tiết bậc 1, ground mode tại nút P,  $d=78\text{km}$

Xử lý tín hiệu sóng quá độ do sự cố tạo ra thu được tại các đầu đường dây bằng cách thực hiện biến đổi wavelet rời rạc DWT với hàm wavelet mẹ là Daubechies bậc 4.

Dựa trên Hình 6a,b,c,d chúng ta thấy bình phương hệ số chi tiết bậc 1 aerial mode của tín hiệu tại bus P là cao hơn hẳn so với bus Q và bus R (2000 so với 400 và 900). Do đó có thể nhận thấy nhánh đường dây sự cố là nhánh PT.

Dựa trên thông số đường dây khảo sát, tính được vận tốc truyền sóng thành phần aerial mode.

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.92974 \cdot 10^{-3} \cdot 12.571 \cdot 10^{-9}}} = 292505.697 \text{ (km / s)}$$

Thời điểm ghi nhận xung tín hiệu đạt giá trị đỉnh lần đầu tiên tại các nút như sau:

$$t_P = 20.254\text{ms} = 0.020254\text{s}$$

$$t_Q = 20.815\text{ms} = 0.020815\text{s}$$

Tính toán khoảng cách từ vị trí sự cố đến bus P theo công thức (6).

$$d = \frac{200 + 120 - 292505.697 \cdot (0.020815 - 0.020254)}{2} = 78.071\text{km}$$

Nhận thấy bình phương hệ số chi tiết bậc 1 thành phần ground mode của tín hiệu sự cố thu được tại bus P có giá trị biên độ lớn (Hình 6d, gần 2500 so với 2000 tại bus P), do đó đây là sự cố chạm đất.

Với  $L_f$  là khoảng cách chính xác vị trí sự cố,  $L_e$  là khoảng cách tính toán,  $L_s$  là chiều dài đoạn đường dây bị sự cố. Sai số của kết quả tính toán trên như sau:

$$\text{Error} = \frac{|L_f - L_e|}{L_s} \cdot 100\% = \frac{|78.071 - 78|}{200} \cdot 100\% = 0.035\%$$

Tiếp tục thực hiện tính toán cho nhiều vị trí và nhiều loại sự cố, kết quả tính toán được tổng hợp và so sánh với bài báo tham khảo như trong Bảng 1 dưới đây

**Bảng 1.** Kết quả tính toán các vị trí sự cố

Đoạn	Loại sự cố	Vị trí sự cố (km)	Tính toán (km)	Sai số tính toán (%)	Sai số bài báo [9] (%)
1	L-G	78	78.071	0.035	0.215
1	L-G	155	155	0.000	0.370
1	L-G	168	167.898	0.051	0.380
1	L-L-G	30	30.1001	0.050	0.292
1	L-L-G	50	49.9905	0.005	0.385
1	L-L-G	90	90.0637	0.032	0.297
1	L-L	70	69.8808	0.060	0.335
1	L-L	90	90.0637	0.032	0.447
1	L-L-L-G	170	169.945	0.027	0.215

Đoạn	Loại sự cố	Vị trí sự cố (km)	Tính toán (km)	Sai số tính toán (%)	Sai số bài báo [9] (%)
2	L-G	89	88.967	0.028	0.450
2	L-G	46	45.9687	0.026	0.400
2	L-L-G	55	55.0363	0.030	0.062
2	L-L-G	40	39.9723	0.023	0.314
2	L-L-G	85	85.0182	0.015	0.700
2	L-L	95	94.9634	0.031	0.525
2	L-L	57	57.0839	0.070	0.267
3	L-L	48	48.0162	0.015	0.391
3	L-L-G	100	100.082	0.075	1.927
3	L-L-G	35	34.9997	0.000	0.576
3	L-L-G	65	64.9815	0.017	0.501
3	L-L	86	86.0419	0.038	0.409
3	L-L-L-G	29	29.0033	0.003	0.473

Kết quả cho thấy phương pháp áp dụng trong bài báo có sai số rất thấp, không phụ thuộc vào vị trí sự cố, sai số của phương pháp tốt hơn so với sai số trong phương pháp sử dụng mạng neuron nhân tạo trong [9]. Phương pháp trong bài báo không bị ảnh hưởng bởi bởi sóng phản xạ bởi vì chỉ sử dụng giá trị biên độ đỉnh đầu tiên của tín hiệu trong tính toán, tức là chỉ sử dụng tín hiệu

sóng truyền tới đầu tiên (trừ khi vị trí sự cố quá gần đầu đường dây, khoảng <1km).

*Ảnh hưởng của điện trở sự cố:* Khảo sát các trường hợp ngắn mạch trên các đoạn với các giá trị điện trở sự cố khác nhau. Kết quả cho thấy phương pháp phân tích wavelet xác định vị trí sự cố không bị ảnh hưởng bởi các giá trị điện trở sự cố khác nhau.

**Bảng 2.** Tính toán với điện trở sự cố khác nhau

Đoạn	Loại sự cố	Điện trở sự cố ( $\Omega$ )	Vị trí sự cố (km)	Tính toán (km)	Sai số (%)
1	L-G	10	78	78.071	0.035
1	L-G	30	78	78.071	0.035
1	L-G	50	78	78.071	0.035
1	L-G	70	78	78.071	0.035
1	L-G	90	78	78.071	0.035
2	L-L-G	0	40	39.972	0.023
2	L-L-G	25	40	39.972	0.023
2	L-L-G	50	40	39.972	0.023
2	L-L-G	75	40	39.972	0.023
2	L-L-G	100	40	39.972	0.023
3	L-L	0	86	86.042	0.038

Đoạn	Loại sự cố	Điện trở sự cố ( $\Omega$ )	Vị trí sự cố (km)	Tính toán (km)	Sai số (%)
3	L-L	20	86	86.042	0.038
3	L-L	40	86	86.042	0.038
3	L-L	60	86	86.042	0.038
3	L-L	80	86	86.042	0.038
3	L-L	100	86	86.042	0.038

**Ảnh hưởng của loại sự cố:** Khảo sát các trường hợp ngắn mạch trên các đoạn với các loại sự cố khác nhau. Kết quả cho thấy phương pháp phân tích wavelet không bị ảnh hưởng bởi các loại sự cố khác nhau.

**Bảng 3.** Tính toán với các loại sự cố khác nhau

Đoạn	Loại sự cố	Điện trở sự cố ( $\Omega$ )	Vị trí sự cố (km)	Tính toán (km)	Sai số (%)
1	L-G	50	78	78.071	0.035
1	L-L	50	78	78.071	0.035
1	L-L-G	50	78	78.071	0.035
1	L-L-L	50	78	78.071	0.035
1	L-L-L-G	50	78	78.071	0.035
2	L-G	75	40	39.972	0.023
2	L-L	75	40	39.972	0.023
2	L-L-G	75	40	39.972	0.023
2	L-L-L	75	40	39.972	0.023
2	L-L-L-G	75	40	39.972	0.023
3	L-G	0	86	86.042	0.038
3	L-L	0	86	86.042	0.038
3	L-L-G	0	86	86.042	0.038
3	L-L-L	0	86	86.042	0.038
3	L-L-L-G	0	86	86.042	0.038

**Khảo sát mạng đường dây 110kV Ô Môn – Sa Đéc – rẽ Bình Minh**

Tiến hành xem xét một mạng truyền tải 110kV thực tế liên kết giữa ba trạm 220kV Ô Môn, Vĩnh Long và Cao Lãnh. Sơ đồ một sợi lưới điện thực tế như trong Hình 7. Các trạm biến áp 220kV trên được xem là các trạm nguồn cung cấp điện cho TP Cần Thơ, tỉnh Vĩnh Long và Đồng Tháp

thông qua các trạm biến áp 110kV trong khu vực và lân cận.

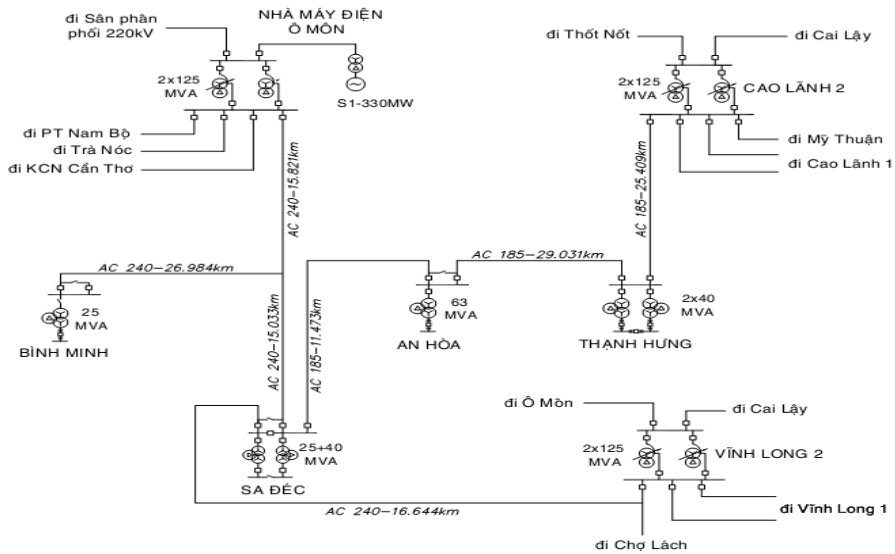
Tuyến đường dây 110kV Ô Môn – Sa Đéc – rẽ Bình Minh sẽ được tiến hành khảo sát mô phỏng các trường hợp sự cố trên các phân đoạn. Tại đầu mỗi đường dây sẽ đặt các thiết bị đo lường tín hiệu tại các trạm để thu thập tín hiệu quá độ khi sự cố xảy ra. Mô hình mô phỏng được thực hiện bằng Simulink như Hình 8.



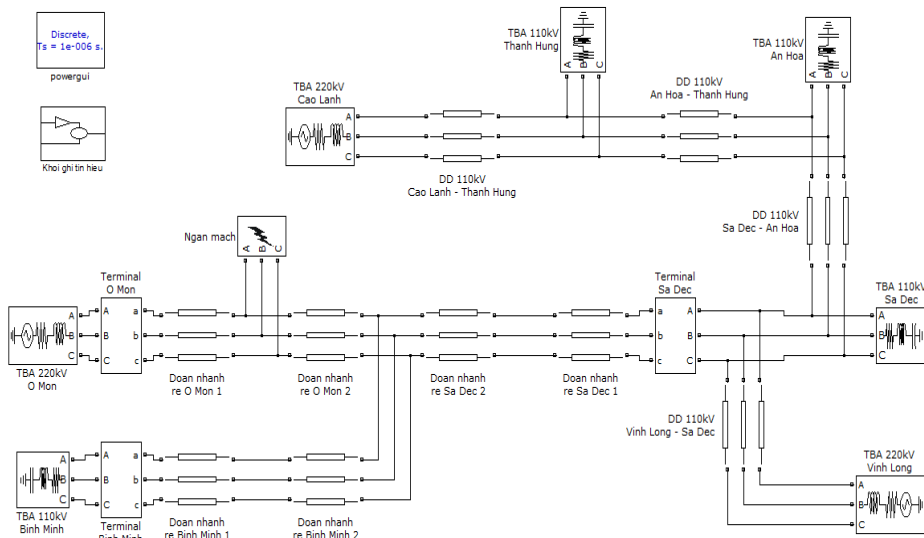
Dây dẫn AC-240 sử dụng trên sơ đồ cột 110kV 1 mạch đang vận hành trên tuyến đường dây có các thông số trên đơn vị chiều dài là:

Thứ tự thuận  $R_l = 0.1325 \text{ (}\Omega/\text{km)}$ ,  $L_l = 1.24236\text{e-}03 \text{ (H/km)}$ ,  $C_l = 9.3268\text{e-}09 \text{ (F/km)}$ ;

Thứ tự không  $R_0 = 0.4501 \text{ (}\Omega/\text{km)}$ ,  $L_0 = 4.54738\text{e-}03 \text{ (H/km)}$ ,  $C_0 = 5.41031\text{e-}09 \text{ (F/km)}$ .



Hình 7. Sơ đồ mạng truyền tải thực tế khảo sát



Hình 8. Mô phỏng Simulink mạng truyền tải thực tế khảo sát

Tiến hành thực hiện mô phỏng các sự cố trên các đoạn đường dây khảo sát. Ngăn mạch một pha chạm đất là loại ngăn mạch có xác suất xảy ra cao nhất đối với đường dây truyền tải, do đó

ngăn mạch một pha chạm đất được lựa chọn để mô phỏng các sự cố tại các phân đoạn đường dây, với điện trở sự cố là 10Ω.

Thực hiện khảo sát nhiều trường hợp ngắn mạch trên các đoạn với các vị trí sự cố khác nhau. Kết quả tính toán được cho trong Bảng 2 dưới đây:

**Bảng 4.** Kết quả tính toán các vị trí sự cố trên mô hình đường dây rẽ nhánh thực tế 110kV

Nhánh rẽ đoạn sự cố	Vị trí sự cố (km)	Kết quả tính toán (km)	Sai số (%)
Ô Môn	1.5	1.4729	0.171
Ô Môn	3.5	3.5293	0.185
Ô Môn	5.5	5.5857	0.542
Ô Môn	7.5	7.5952	0.602
Ô Môn	10	9.9922	0.049
Ô Môn	12.5	12.5894	0.565
Ô Môn	15	14.9863	0.087
Sa Đéc	1.5	1.4729	0.180
Sa Đéc	4.5	4.4106	0.595
Sa Đéc	6.5	6.467	0.220
Sa Đéc	9.5	9.4047	0.634
Sa Đéc	11.5	11.4611	0.259
Sa Đéc	14.5	14.3988	0.673
B. Minh	2	2.0136	0.050
B. Minh	5.5	5.5388	0.144
B. Minh	9.5	9.4045	0.354
B. Minh	13.5	13.5173	0.064
B. Minh	17.5	17.5835	0.309
B. Minh	21	20.8616	0.513
B. Minh	25	24.9278	0.268

Nhận xét:

Sai số tính toán có giá trị rất nhỏ, từ 0.05% cho đến 0.68%, có độ tin cậy cao. Sai số phụ thuộc vào nhiều yếu tố và không tỷ lệ với khoảng cách sự cố. Do chiều dài các đoạn nhánh rẽ có sự chênh lệch lớn cho nên biên độ tín hiệu thu được tại nút thuộc nhánh rẽ sự cố chưa chắc có giá trị lớn nhất do vị trí sự cố ở xa hơn so với nút thuộc nhánh rẽ không bị sự cố, đặc biệt là tại các nút gần nhánh rẽ.

#### KẾT LUẬN

Bài báo trình bày việc áp dụng biến đổi wavelet cho việc xác định chính xác vị trí sự cố

trên đường dây truyền tải rẽ nhánh hình T. Phương pháp sử dụng được áp dụng cho đường dây giả định trong [9] và cho mạng truyền tải thực tế 110kV Ô Môn – Sa Đéc – rẽ Bình Minh. Kết quả cho thấy phương pháp đề nghị có độ chính xác rất cao khi so sánh với phương pháp mạng neural –[9]. Kết quả tính toán không phụ thuộc vào vị trí sự cố, điện trở sự cố và loại sự cố xảy ra. Phương pháp đề nghị cũng xác định chính xác nhánh rẽ bị sự cố và sự cố có chạm đất hay không. Đây là kết quả mong muốn và có ý nghĩa thực tiễn cao, áp dụng vào thực tế giúp cho việc nâng cao khả năng quản lý vận hành hệ thống đường dây truyền tải điện.

# Application of wavelet transforms to fault location of teed branch transmission lines

- **Nguyen Xuan Binh**

Power Engineering Consulting J.S. Company No.2

- **Vu Phan Tu**

DHQQG-HCM

## ABSTRACT:

*Fault location identification of high-voltage transmission line, especially three-terminal lines, is an important issue in power system operation. In this paper, we investigate the application of wavelet transform to locate the fault position of teed circuits high-voltage transmission line. The components of the transient wave at terminals of the faulted line are simulated by MATLAB Simulink. These components will be decomposed into wavelet coefficients by*

*using discrete wavelet transformation. The proposed approach has the advantages that gives the exact time of transient wave for traveling from fault position to the terminals of the lines. To evaluate the applicability and effectiveness of this new approach, we have applied the proposed method to a three-terminal transmission line in reference [9] and the actual transmission line 110kV O Mon – Sa Dec – Binh Minh.*

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Heng-xu Ha, Bao-hui Zhang, and Zhi-lai Lv, A Novel Principle of Single-Ended Fault Location Technique for EHV Transmission Lines, *Transactions on Power Delivery*, vol. 18, no. 4, pp.1147-1151, October 2003.
- [2] Zeng Xiangjun; Li, K.K.; Liu Zhengyi; Yin Xianggen, Fault Location Using Traveling Wave for Power Networks, *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol. 4, Oct. 2004.
- [3] V. Šiožinys, Transmission Line Fault Distance Measurement based on Time Difference between Travelling Wave Reflection and Refraction, *Electronics and Electrical Engineering*, No. 2(98), 2010.
- [4] C.K. Jung, J.B. Lee, X.H. Wang, Y.H. Song, Wavelet Based Noise Cancellation Technique for Fault Location on Underground Power Cables, *Electric Power Systems Research* 77, pp.1349-1362, 2007.
- [5] M.da Silva, D.V. Coury, M. Oleskovicz, E.C. Segatto, Combined solution for fault location in three terminal lines based on wavelet transforms, *IET Gener. Transm. Distrib*, Vol. 4, Iss. 1, pp. 94–103, 2010.
- [6] Zhengyou He, Ling Fu, Sheng Lin, and Zhiqian Bo, Fault Detection and Classification in EHV Transmission Line Based on Wavelet Singular Entropy, *IEEE*

- Transactions on Power Delivery*, vol. 25, no. 4, pp.2156-2163, October 2010.
- [7] Jamal Moshtagh R. K. Aggarwal, A New Approach to Ungrounded Fault Location in A Three-Phase Underground Distribution System Using Combined Neural Networks & Wavelet Analysis, *IEEE CCECE/CCGEI*, Ottawa, May 2006.
- [8] C.K. Jung, K.H. Kim, J.B. Lee and Bernd Klöckl, Wavelet and Neuro-Fuzzy Based Fault Location for Combined Transmission Systems, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, Vol.29, January 2007.
- [9] A. Yadav, P. Walayani và A. S. Thoke, Fault Classification, Distance Location and Faulty Section Identification in Teed Transmission circuits using Artificial Neural Network, *International Journal of Computer Applications (0975 – 888)*, Volume 47 – No 15, June 2012.
- [10] C. Y. Evrenosoglu, A. Abur, Traveling Wave Based Fault Location for Teed Circuits, *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1115-1121, Vol. 20, No. 2, April 2005.
- [11] A. M. Elhaffar, Power Transmission Line Fault Location Based on Current Travelling Waves, 30-31, *TKK Dissertations 107*, Espoo 2008.
- [12] M. da Silva, M. Oleskovicz, and D. V. Coury, A Fault Locator for Three-Terminal Lines Based on Wavelet Transform Applied to Synchronized Current and Voltage Signals, *IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition Latin America, Venezuela*, 1-6, 2006.