

Ứng dụng Wavelet phân tích phổ của quá trình truyền sóng để xác định vị trí sự cố trên đường dây tải điện

Lê Thành Nam*

*Trường Đại học Trà Vinh

Received: 6/3/2024; Accepted: 12/3/2024; Published 20/3/2024

Abstract: The power system is a complex system in both structure and operation. When a problem occurs, any element in the system affects the reliability of power supply, energy quality and causes huge economic loss. There are many causes of incidents on power transmission lines, including lightning strikes, aging insulation, trees falling into the lines, etc. Due to the long length of the lines running on complex terrain, this leads to incidents. When an incident occurs, the search process to locate the problem takes a lot of time, leading to a long troubleshooting time, affecting the uninterrupted power supply process. Therefore, the problem of detecting the type of fault and the location of the fault on power transmission lines is an urgent requirement. In current practice, determining the location of faults on power lines relies on impedance relays, however this method has large errors because it does not take into account the inductance value of the fault caused. In the tested models, mainly the power transmission line is modeled as a long line with typical parameters for the wave propagation process. Therefore, researching the Wavelet spectrum analysis method of the wave propagation process to determine the location of faults on power transmission lines to support the process of locating and fixing faults on power transmission lines, thereby reducing economic losses and improving the reliability and quality of energy supplied to consumers.

Keywords: Spectrum analysis, wave propagation, location, power transmission wire

1. Giới thiệu

Wavelet là sự phát triển tiếp sau công cụ phân tích phổ Fourier của tín hiệu. Nếu một tần số xuất hiện trong khai triển Fourier thì có nghĩa là tần số đó tồn tại trong toàn bộ miền thời gian, nên khai triển Fourier phù hợp hơn với các tín hiệu có các thành phần tuần hoàn, đối với các tín hiệu có chứa các thành phần không tuần hoàn thì khai triển Fourier không hoàn toàn phù hợp. Các hàm cơ sở wavelet sử dụng trong khai triển tín hiệu khác cơ bản với khai triển Fourier ở một đặc trưng là các hàm này đều có giá trị biến thiên trong một đoạn giới hạn, bên ngoài đoạn này giá trị hàm cơ sở coi như bằng không. Vì vậy khai triển wavelet phù hợp hơn với các tín hiệu có các thành phần xuất hiện đột ngột hoặc không lặp lại.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Công cụ WAVELET trong phân tích tín hiệu

Phân tích Wavelet là một phương pháp mới, dù cơ sở toán học của nó có từ Josephe Fourier trong thế kỷ 19. Fourier đã đặt nền tảng từ các giả thuyết của ông về phân tích tần số, mà được chứng minh là có ảnh hưởng và vai trò cùng quan trọng. Sự quan tâm của các nhà nghiên cứu dần chuyển từ phân tích theo cơ sở tần số sang phân tích theo sơ sở tỷ lệ và

bắt đầu thấy rõ trong việc đo các dao động trung bình ở các mức khác nhau có thể cải thiện tính nhạy cảm với nhiễu. Từ năm 1988 thuật toán phân tích wavelet phát triển từ Stephane Mallat. Các nghiên cứu này đặc biệt phát triển từ Mỹ, lĩnh vực Wavelet phát triển nhanh chóng. Nhiều tài liệu toán học và nghiên cứu thử nghiệm đã được xuất bản. Phân tích Wavelet đại diện cho sự tiến triển hợp logic, kỹ thuật cửa sổ với miền kích thước biến đổi. Phân tích Wavelet cho phép sử dụng các khoảng thời gian dài khi ta cần thông tin tần số thấp chính xác hơn, và miền ngắn hơn với thông tin tần số cao. Ở đây cho thấy sự tương phản với cách nhìn tín hiệu dựa theo thời gian, tần số. Phân tích Wavelet không dùng một miền thời gian, tần số mà dùng miền thời gian tỷ lệ. Các hàm Wavelet đồng thời có đặc tính thời gian và tỷ lệ, do đó các ứng dụng biến đổi Wavlet đều mang cả 2 đặc tính thời gian và tỷ lệ.

- (1) Phát hiện các điểm gián đoạn và các điểm gãy.
- (2) Phát hiện sự chuyển biến trong thời gian dài.
- (3) Phát hiện sự bán tương tự.
- (4) Xác định các tần số thuần.
- (5) Khử nhiễu các hình ảnh.
- (6) Nén ảnh.
- (7) Nhận các ma trận cỡ lớn

2.1.1. Phân tích phổ bằng Wavelet sóng nhỏ

Khác với phương pháp phân tích phổ Fourier, phương pháp phân tích tín hiệu theo các hàm Wavelet sử dụng các hàm cơ sở có độ rộng hữu hạn. Đối với hàm 1 chiều, độ rộng của tín hiệu là kích thước của miền xác định trong đó giá trị của hàm số vượt quá một giá trị ngưỡng ϵ cho trước.

2.1.2. Ứng dụng Wavelet để phân tích sóng phản hồi trên đường dây truyền tải điện

Wavelet Daubechies bậc 4 để xác định các thời điểm có sóng phản hồi từ đường dây truyền về gây ra sự biến thiên đột ngột trong tín hiệu điện áp đầu đường dây. Mục đích sử dụng phần mềm matlab và simulink mô hình mô phỏng sự cố ngắn mạch trên đường dây truyền tải điện. Tín hiệu đo được ở đầu đường dây khi phát xung vào đầu đường dây bị sự cố ngắn mạch 3 pha tại vị trí 25km như các vấn đề đã được khảo sát.

2.2. Trình tự các bước xác định vị trí thời điểm sóng phản hồi từ điểm sự cố

2.2.1. Khi đường dây không sự cố

Để xác định vận tốc của sóng truyền trên đường dây truyền tải điện. Khi đường dây không sự cố sẽ tiến hành gửi tín hiệu điện áp 1 chiều từ đầu đường dây sau đó qua bộ phận đo lường đo được tín hiệu phản hồi về trong các dạng cuối đường dây hở mạch, tải P, tải PQ. Căn cứ vào thời điểm phát tín hiệu t_1 và thời điểm nhận được tín hiệu phản hồi t_2 , và quãng đường truyền sóng đã biết bằng 2 lần chiều dài đường dây sẽ tính được vận tốc truyền sóng trên đường truyền.

Khi cuối đường dây là tải P = 50 MW Khi đường dây là P = tín hiệu đo được ở đầu đường dây. Tại thời điểm $t_0 = 2ms$ sẽ phát xung tín hiệu một chiều vào đường dây, tại thời điểm xấp xỉ bằng $t_2 = 2,68ms$ sẽ nhận được tín hiệu phản hồi về từ cuối đường dây. Tại thời điểm xấp xỉ 3,36 sẽ nhận được tín hiệu phản hồi lần hai từ cuối đường dây. Tín hiệu phản hồi lần 2 từ cuối đường dây do tín hiệu phản hồi từ đầu đường dây lần 1 đến đầu đường dây sẽ quay lại đến cuối đường dây sẽ phản hồi về. Căn cứ vào phương pháp phân tích Wavelet xác định được thành phần d1 của tín hiệu điện. Đây là thành phần chi tiết của tín hiệu, ta có thể thấy tất cả các điểm biến thiên đột ngột của tín hiệu đều tương ứng với các mức tăng đột ngột rất lớn của thành phần d1. Căn cứ vào thời điểm biến thiên đột ngột này sẽ xác

định thời điểm sóng phản hồi về.

2.2.2. Khi đường dây sự cố

Trong vấn đề nghiên cứu này chúng ta sẽ tiến hành xác định vị trí sự cố trong các trường hợp sự cố 3 pha, 1 pha, 2 pha, 2 pha chạm đất. Để xác định vị trí sự cố sẽ gửi tín hiệu xung một chiều vào đầu đường dây và đi tìm thời gian phản hồi từ điểm sự cố. xét lần lượt cho các dạng sự cố khác nhau với các số liệu điện trở và điện kháng khác nhau. Căn cứ vào vận tốc truyền sóng đã được tính ở mục trên sẽ tìm được vị

trí sự cố theo công thức: $l = \frac{v \cdot \Delta t}{2}$

a. Sự cố 3 pha:

Trường hợp 1: Khi sự cố 3 pha tại điểm cách đầu đường dây 20km điện trở sự cố

$R_A = R_C = R_B = 100\Omega, R_N = 100\Omega$

b. Sự cố 1 pha:

Ngắn mạch 1 pha chạm đất là loại ngắn mạch có xác suất xảy ra cao nhất đối với đường dây truyền tải do đó ngắn mạch 1 pha chạm đất được lựa chọn để mô phỏng các sự cố trên đường dây.

c. Sự cố 2 pha chạm đất

Giả sử pha A và B bị sự cố, tín hiệu đo được ở pha khi có sự cố tín hiệu phân tích Wavelet. Tính toán tương tự với các trường hợp điện trở và điện cảm khác nhau ở các vị trí sự cố khác nhau, những trường hợp sự cố 3 pha, sự cố 1 pha sẽ được các kết quả cho theo bảng 2.1 và bảng 2.2.

Bảng 2.1 và 2.2. Kết quả xác định vị trí sự cố khi ngắn mạch 2 pha chạm đất

$R_{\text{fault}}(\Omega)$	$L_{\text{Fault}}(\text{mH})$	L(km)	Sai số(m)	Ghi Chú
50	0	20,0704	70	
100	0	20,0704	70	
150	0	20,0704	70	
200	0	20,0704	70	
100	1mH	20,245	245	
100	5mH	20,369	369	
100	10mH	20,480	480	

Vị trí sự cố (km)	$R_{\text{fault}}(\Omega)$	$L_{\text{Fault}}(\text{mH})$	L (km)	Sai số(m)	Ghi Chú
10	100	0	10,0661	66	
10	100	1mH	10,125	125	
20	100	0	20,0704	70	
20	100	1mH	20,245	245	
30	100	0	30,0216	21	
30	100	1mH	30,285	285	
40	100	0	40,0613	61	
40	100	1mH	40,288	288	
50	100	0	50,0818	81	
50	100	1mH	50,362	362	

d. Sự cố 2 pha

Giả sử pha A và B bị sự cố, tín hiệu đo được ở pha A khi có sự cố. Tín hiệu phân tích Wavelet. Mô phỏng với các trường hợp điện trở và điện cảm sự cố khác nhau, với các vị trí sự cố khác nhau kết quả tính toán cho ở bảng 2.3 và bảng 2.4.

Bảng 2.3 và 2.4. Kết quả xác định vị trí sự cố khi ngắn mạch 2 pha

Vị trí sự cố (km)	$R_{\text{fault}}(\Omega)$	$L_{\text{Fault}}(\text{mH})$	L (km)	Sai số (m)	Ghi Chú
10	100	0	10,0750	75	
10	100	1mH	10,239	239	
20	100	0	20,0792	79	
20	100	1mH	20,234	234	
30	100	0	30,0305	30	
30	100	1mH	30,305	305	
40	100	0	40,0701	79	
40	100	1mH	40,4701	470	
50	100	0	50,0851	79	
50	100	1mH	50,585	585	

$R_{\text{fault}}(\Omega)$	$L_{\text{Fault}}(\text{mH})$	L (km)	Sai số (m)	Ghi Chú
50	0	20,0792	79	
100	0	20,0792	79	
150	0	20,0792	79	
200	0	20,0792	79	
100	1mH	20,245	245	
100	5mH	20,369	369	
100	10mH	20,480	480	

3. Kết luận

Trong công việc nghiên cứu đã trình bày về giải pháp ứng dụng phương pháp phát sóng 1 chiều vào đường dây truyền tải điện, thông qua phân tích sóng phản hồi bằng công cụ Wavelet để xác định vị trí sự cố. Từ các mô hình mô phỏng trên Matlab Simulink bài báo đã trình bày sơ bộ hướng đi và phương pháp mô phỏng đường dây có sự cố và không có sự cố qua đó kiểm nghiệm lại phương pháp. Phương pháp có nhiều ưu điểm áp dụng được cho nhiều dạng sự cố khác nhau, sự cố 1 pha, 2 pha, 3 pha, 2 pha chạm đất. Chỉ cần đo lường từ 1 đầu đường dây, không yêu cầu đồng bộ tín hiệu. Có độ chính xác cao đối với sự cố mà chỉ xét tới điện trở sự cố, hoặc sự cố có điện cảm sự cố nhỏ. Phương pháp cũng còn một số hạn chế khi sự cố có điện cảm sự cố lớn sẽ gây ra sai số. Đối

với sự cố ngắn mạch 2 pha không chạm đất việc xác định vị trí sự cố dễ nhầm lẫn bởi nhiễu nếu có vì tín hiệu phản hồi từ sự cố ngắn mạch 2 pha không chạm đất rất nhỏ dễ bị ảnh hưởng của nhiễu. Phương pháp xét tới yếu tố đường dây có nhiều đoạn có mã hiệu dây dẫn khác nhau. Phương pháp cho xét tới yếu tố đường dây có nhiều nhánh rẽ khác nhau.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Bách (2004), *Lưới điện & Hệ thống điện tập 1 & 2*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Lại Khắc Lãi (2009), *Cơ sở lý thuyết mạch tập 2*, NXB Đại học Thái Nguyên.
3. Đỗ Xuân Khôi (1998), *Tính toán phân tích hệ thống điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
4. Trần Hoài Linh (2011), *Ứng dụng Wavelet daubechies trong phát hiện thời điểm sự cố ngắn mạch trên đường dây dài*, Hội nghị toàn quốc về Điều khiển và Tự động hóa (VCCA).
5. Thành Lương (2013), *Công nghệ định vị sự cố*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Điện, số 4.
6. Trần Đình Long (2000), *Bảo vệ các hệ thống điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
7. Trần Đình Long, Trần Đình Chân, Nguyễn Hồng Thái (1993),

Bảo vệ role trong hệ thống điện, Đại học Bách Khoa Hà Nội.

8. Nguyễn Bá Trường (2013), *Xây dựng giải pháp xử lý tín hiệu sóng lan truyền trên đường dây để định vị sự cố ngắn mạch*, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

9. Trần Hoài Linh, Trương Tuấn Anh (2011), *Ứng dụng wavelet daubechies trong phát hiện thời điểm sự cố ngắn mạch trên đường dây dài*. Hội nghị toàn quốc về Điều khiển và Tự động hoá VCCA-2011, Trang 393-398, Hà Nội.

10. Trần Hoài Linh, Dương Hòa An (2015), *Xác định vị trí sự cố trên đường dây truyền tải có nhiều nhánh sử dụng phương pháp sóng phản hồi chủ động*, Hội nghị toàn quốc về Điều khiển và Tự động hoá VCCA-2015, Thái Nguyên.