

MÔ PHỎNG HIỆN TƯỢNG QUÁ ĐỘ ĐIỆN TỪ KHI ĐÓNG KHÔNG TẢI MÁY BIẾN THỂ VÀ ỨNG DỤNG KỸ THUẬT WAVELETS TRONG VIỆC PHÂN TÍCH VÀ NHẬN DẠNG

Nguyễn Nhân Bôn

Quyền Huy Ánh

TÓM TẮT

Máy biến áp là một phần tử quan trọng trong lưới điện, dòng xung kích khi đóng không tải máy biến áp thường có giá lớn, đặc biệt khi MBT còn từ dư trong lõi thép và ảnh hưởng xấu đến lưới điện và làm cho rơ le tác động sai, giảm chất lượng điện cung cấp. Bài báo này đề cập việc mô phỏng đóng không tải MBT và kết quả nhận được bằng kỹ thuật wavelets, FFT để nhận dạng tính chất của các thành phần một chiều và các họa tần. Dựa vào các kết quả trên một thuật toán đề nghị phân biệt dòng không tải và dòng sự cố máy biến áp lực, tránh tác động sai lệch các rơ le bảo vệ.

ABSTRACT

Transformer is important element in electric power system, transformer inrush currents during random energization are of high magnitudes, especially saturation and ferroresonance and have undesirable effects on power systems, including protective relay misoperation, reduction of power quality. This paper investigates inrush currents through computer simulation, and the results obtained by wavelets technique, fast fourier transforms identifying in direct-current and second-harmonic components. A spectrum-based analysis was carried out and an algorithm is proposed in order to discriminate inrush currents from fault currents, avoiding protective relay misoperations.

I. GIỚI THIỆU

Dòng xung của máy biến áp và tích lũy năng lượng trong cuộn cảm luôn được quan tâm trong ngành công nghiệp điện năng, biên độ dòng điện xung gấp nhiều lần gây ra hư hỏng thiết bị, rơle tác động sai, động cơ ngừng hoạt động... Đã có nhiều phần mềm mô phỏng phân tích hiện tượng quá độ trên bằng các phần mềm MatLab, PSCAD, EMTP, ATP-EMTP... Một vài phương pháp đưa ra để đánh giá cũng như đưa ra các biện pháp giảm tác hại hiện tượng quá độ trên. Bài báo sử dụng phần mềm chuyên dụng ATP-EMTP để mô phỏng dòng xung kích trong máy biến thế lực và kỹ thuật wavelets, phân tích fourier để đánh giá quá trình quá độ điện từ trên. Một khó khăn hiện nay của việc đóng điện máy biến thế truyền tải là khi đóng điện phải tiến hành cô lập chức năng 87 của rơle so lệch hoặc khi sự cố trong, ngoài máy biến thế và làm cách nào để phân biệt các hiện tượng này để rơle tránh tác động nhầm. Một hiện tượng khi máy biến áp lực cô lập ra, các cuộn dây vẫn còn từ dư, sau đó máy biến thế đóng điện, các cuộn dây giống như bão hòa từ, Nếu máy biến áp bị bão hòa từ, cuộn dây sơ cấp bơm dòng từ hóa lớn trong hệ thống điện. Kết quả các dòng so lệch lớn tác động sự hoạt động của rơle 87.

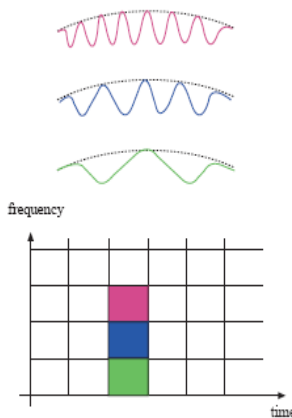
Các rơle số cổ điển có một số trở ngại như dựa trên giải thuật tiên đoán thành phần cơ bản của tín hiệu dòng và áp, bỏ qua thành phần tần số cao, hơn nữa tiên đoán các pha đòi hỏi kích thước phù hợp các cửa sổ, gây ra trì hoãn thời gian. Ngoài ra, độ chính xác không đảm bảo. Phân tích fourier thích hợp các tín hiệu tuần hoàn, có tính chu kỳ. Đối với các tín hiệu không chu kỳ, gián đoạn thì sử dụng các phương pháp khác [1], [4].

Có vài phương pháp phân tích hiện tượng quá độ trong máy biến áp, như dựa trên kỹ thuật phân tích trong miền thời gian, kỹ thuật phân tích trong miền tần số, hoặc kỹ thuật phân

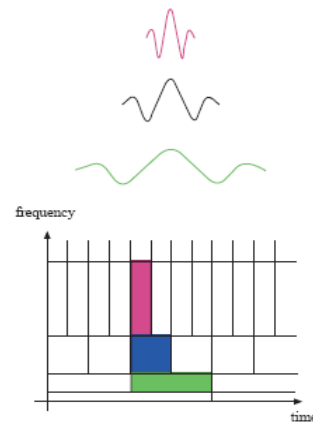
tích trong miền thời gian - tần số. Các nghiên cứu trước đây, phương pháp phân tích khai triển Fourier (ST) hay khai triển Fourier cửa sổ (STFT). Các nghiên cứu gần đây dựa trên kỹ thuật khai triển wavelets để phân tích từng đặc điểm dòng điện và điện áp từng pha [2], [3], [5]

Khai triển Fourier cổ điển, chỉ phù hợp các tín hiệu có tính chu kỳ và là công cụ phân tích chủ yếu trong miền thời gian - tần số trong nhiều ứng dụng, nhưng không phù hợp tồn tại các tín hiệu gián đoạn tồn tại trong các quá trình quá độ như dòng xung kích máy biến áp, sự cố trong máy biến áp. Trong khi đó, khai triển wavelets (WT) rất hữu ích trong việc phân tích các hiện tượng quá độ liên quan sự cố máy biến áp.

Vì FT chỉ đưa ra thông tin tần số của một tín hiệu bất kỳ, thông tin thời gian biến mất. Vì vậy, một kỹ thuật phân tích tín hiệu được phát triển như khai triển Fourier cửa sổ hay STFT. Tuy nhiên, STFT có đặc điểm giới hạn kích thước của cửa sổ cố định. Vì vậy, kỹ thuật này không đưa giải pháp tốt trong cả miền thời gian và tần số, ví dụ một cửa sổ rộng đưa ra giải pháp tốt về thời gian nhưng giải pháp thời gian tồi, hay là cửa sổ hẹp đưa ra giải pháp tốt về tần số nhưng giải pháp thời gian tồi. Trái lại các kỹ thuật trên, WT đưa ra giải pháp tốt đối với thành phần tần số cao và thấp của tín hiệu. WT có cửa sổ điều chỉnh tự động cung cấp giải pháp phù hợp.



Hình 1: Khai triển Fourier nhanh (STFFT)



Hình 2: Khai triển wavelets liên tục

II. KỸ THUẬT KHAI TRIỂN WAVELETS

1. Hàm wavelets

Cho ψ là một hàm wavelet, là một hàm chuẩn L^2 và thỏa mãn điều kiện tương thích:

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad a \text{ được gọi là hệ số co giãn, } b \text{ là hệ số dịch chuyển, } a \in \mathbb{R}^+; b \in \mathbb{R}$$

Đối với biến đổi wavelets liên tục (CWT), các hệ số co giãn a và hệ số dịch chuyển b thay đổi liên tục trong \mathbb{R} . Gọi f là một hàm theo thời gian t . Biến đổi CWT đối với ánh xạ f vào một hàm với tỷ lệ a và thời gian b , được cho bởi:

$$CWT(f)(a,b) = \langle f, \psi_{ab} \rangle = \int f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

2. Khai triển wavelets rời rạc (DWT) và kỹ thuật phân tích đa giải (MRA)

DWT là biến đổi tuyến tính tác động trên vector 2^n chiều vào một vector trong không gian tương tự. DWT là một biến đổi trực giao và được dịch chuyển và mở rộng bởi những giá trị rời rạc. Thông thường sử dụng hệ số theo lũy thừa của 2. Một định nghĩa tổng quát của wavelet rời rạc:

Mô phỏng hiện tượng quá độ điện từ khi đóng không tải máy biến thế và ứng dụng kỹ thuật wavelets trong việc phân tích và nhận dạng

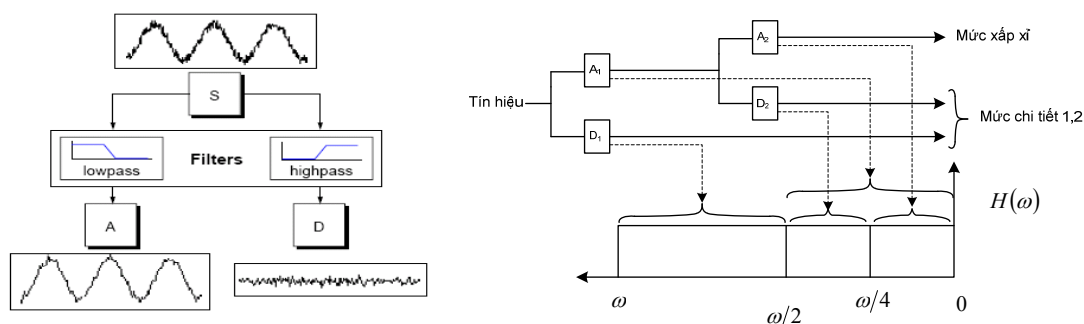
$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \psi(2^{-j}t - k), \quad j, k \in Z \quad (2)$$

$$\text{Biến đổi wavelet rời rạc: } DWT(f)(j, k) = \int f(t) \psi_{j,k}(t) dt \quad (3)$$

Với điều kiện trực giao chuẩn, có biến đổi ngược:

$$f(t) = \frac{1}{C} \sum_{j,k \in Z} DWT(f)(j, k) \psi_{j,k}(t) \quad (4)$$

Phân tích đa phân giải (Multi Resolution Analysis) có khả năng như hai bộ lọc (Hình 10), tạo nên hai thành phần xấp xỉ và thành phần chi tiết của tín hiệu vào. Thành phần xấp xỉ có hệ số tỷ lệ cao, tương ứng với tần số thấp trong khi thành phần chi tiết có hệ số tỷ lệ thấp, tương ứng với tần số cao. Với $n = 2$, A2 là thành phần xấp xỉ bậc 2, D1 và D2 là thành phần chi tiết bậc 1 và bậc 2 tương ứng.



Hình 3. Bộ lọc với các xấp xỉ và chi tiết

Định lý Parseval được áp dụng trong phân tích DWT:

$$\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (x[k])^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |u_j[k]|^2 + \sum_{j=1}^J \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |w_j[k]|^2 \right) \quad (5)$$

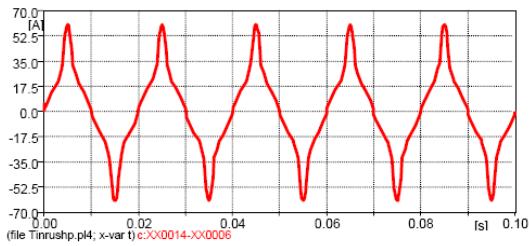
Đẳng thức trên có thể xem là sự bảo toàn năng lượng của tín hiệu vào. Giá trị đầu tiên của vế phải là năng lượng trung bình của tín hiệu xấp xỉ bậc J. Giá trị thứ hai của vế phải là tổng năng lượng trung bình của tất cả thành phần chi tiết. Biểu thức tính năng lượng của mỗi thành phần chi tiết:

$$P_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |w[k]|^2 = \frac{\|w_j\|^2}{N} \quad (6)$$

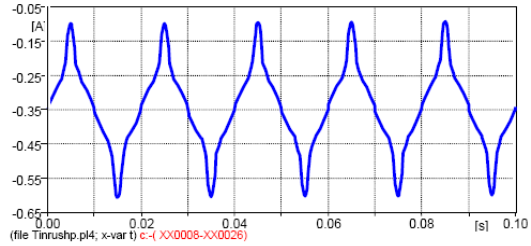
Năng lượng được chuẩn hóa:

$$P_j^D = (P_j)^2 \quad (7)$$

Mỗi thành phần chi tiết mang một mức năng lượng riêng, mức năng lượng này tương đương với biên độ khác nhau của sóng hài trong một tín hiệu cần phân tích.

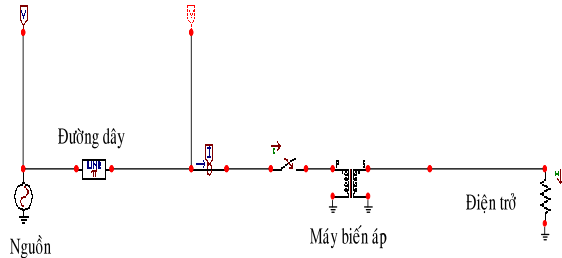


Hình 4a: Dòng sơ cấp máy biến áp

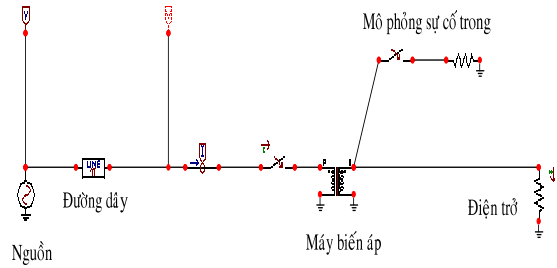


Hình 4b: Dòng thứ cấp máy biến áp

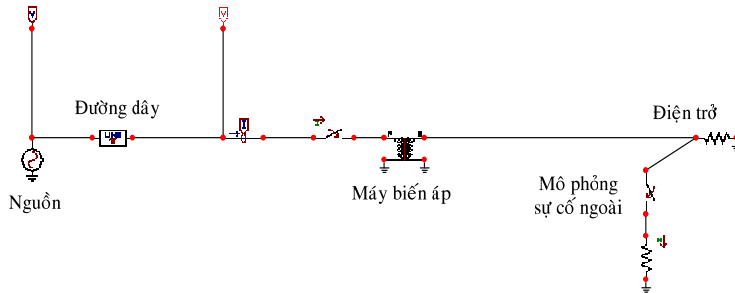
3. Sơ đồ mạch ATP mô phỏng quá độ trong máy biến áp



Hình 5a: Mô phỏng ATP-EMTP đóng xung kích máy biến áp

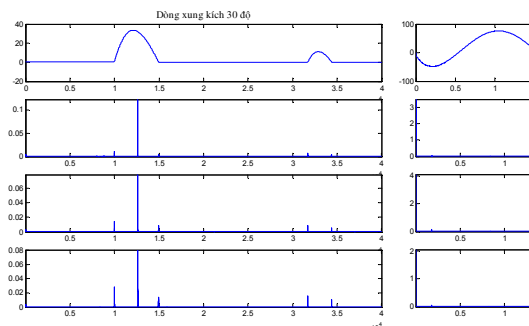


Hình 5b: Mô phỏng ATP-EMTP sự cố trong máy biến áp

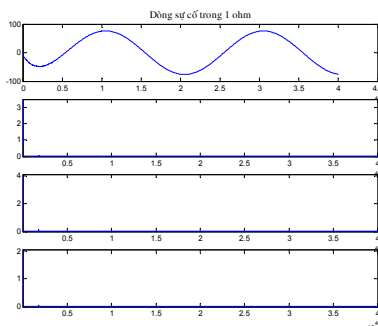


Hình 5c: Mô phỏng ATP-EMTP sự cố ngoài máy biến áp

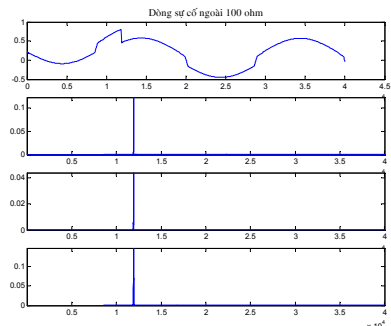
4. Phân tích wavelets và phân tích năng lượng các dạng sóng dòng điện



Hình 6a: Phân tích dòng xung kích máy biến áp dùng hàm dabeuchies 4



Hình 6b: Phân tích dòng sự cố trong máy biến áp dùng hàm dabeuchies 4



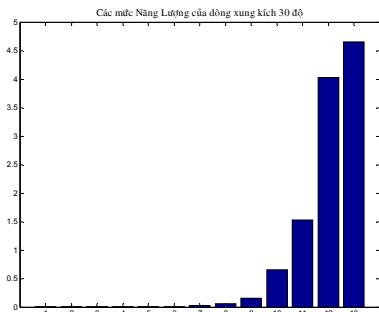
Hình 6c: Phân tích dòng sự cố ngoài máy biến áp dùng hàm dabeuchies 4

Mô phỏng hiện tượng quá độ điện từ khi đóng không tải máy biến thế và ứng dụng kỹ thuật wavelets trong việc phân tích và nhận dạng

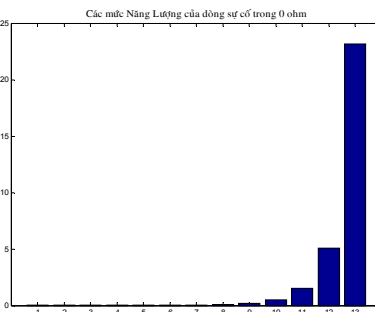
Dòng từ hóa: Có các gai diễn ra trong vài chu kỳ và Các gai xảy ra thường trực, không có dòng sơ cấp trước khi đóng máy biến áp.

Sự cố trong máy biến áp: Các gai xuất hiện trong thời gian ngắn mạch, không có dòng sơ lệch, dòng sơ cấp tăng lượng lớn sau sự cố.

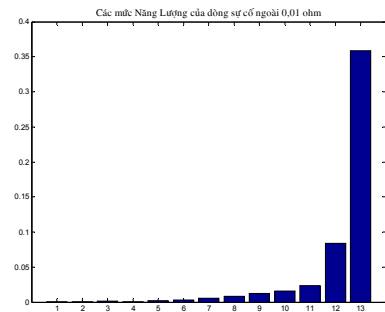
Sự cố trong máy biến áp: Các gai xuất hiện tại thời điểm ngắn mạch, có dòng sơ lệch. Sau sự cố xảy ra, dòng sơ cấp và dòng sơ lệch tăng cao dựa vào số vòng dây sự cố và vị trí vòng dây sự cố.



Hình 7a: Năng lượng dòng xung kích máy biến áp theo định lý Paserval

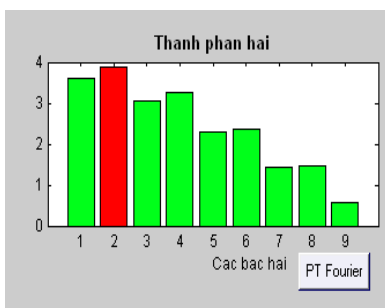


Hình 7b: Năng lượng dòng sự cố ngoài máy biến áp theo định lý Paserval

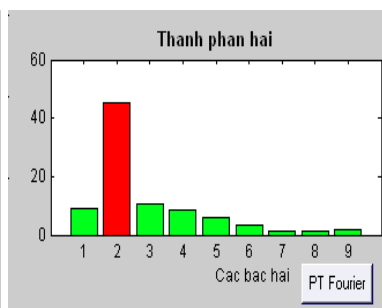


Hình 7c: Năng lượng dòng sự cố ngoài máy biến áp theo định lý Paserval

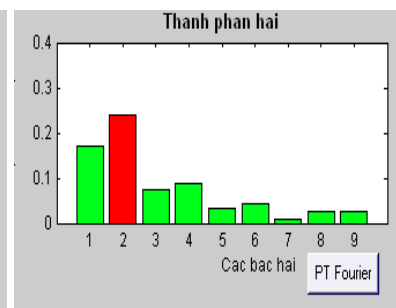
Hình 7 cho thấy năng lượng thứ 10, 11, 12 vượt trội so các mức năng lượng khác. Đối với trường hợp sự cố ngoài và sự cố trong, các mức năng lượng chênh lệch không đáng kể



Hình 8a: Thành phần hài dòng xung kích máy biến thế



Hình 8b: Thành phần hài dòng sự cố ngoài máy biến thế



Hình 8c: Thành phần hài dòng sự cố trong máy biến thế

Hình 8 đối với dòng xung kích máy biến áp có nhiều thành phần hài từ bậc 1 đến bậc 9. Trong khi sự cố trong và ngoài máy biến thế các thành phần rất ít

5. Giải thuật phân biệt dòng xung kích và dòng sự cố máy biến thế

Để phân biệt dòng sự cố trong và sự cố ngoài máy biến thế, dựa trên tỉ số

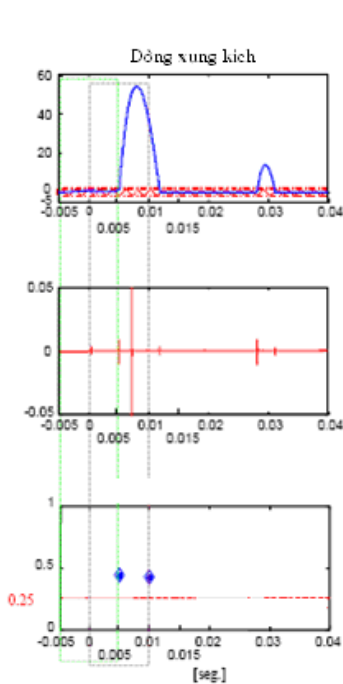
$$I_{ratio} = 2 * \frac{I_{dl, max}}{\sum_{k=1}^n I_{dl}^{(k)}} \quad (1)$$

Trong đó:

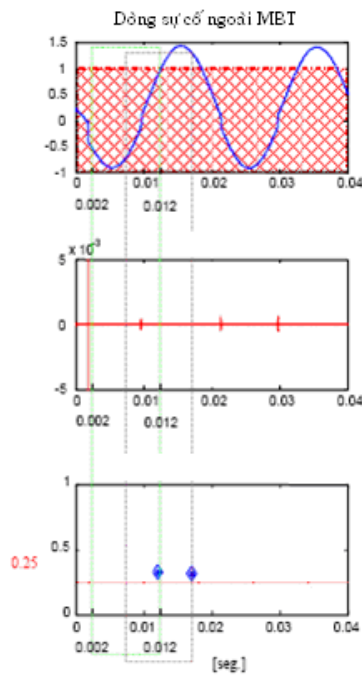
- $I_{dl,max}$: Thành phần lớn nhất của khai triển wavelets db8 chi tiết mức 1
- $I_{dk}^{(k)}$: thành phần thứ k của khai triển wavelets db8 chi tiết mức 1
- n: số nguyên

$$T_{cắt} = T_2 - T_1 \quad (2)$$

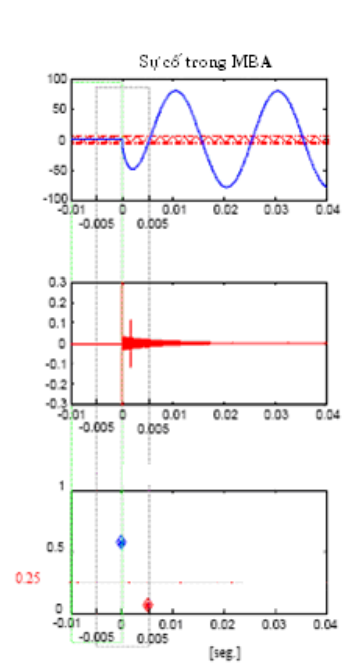
- T_2 : Thời gian cắt tổng
- T_1 : Thời gian cắt của relay



Hình 9a: Tính toán dòng xung kích máy biến thế



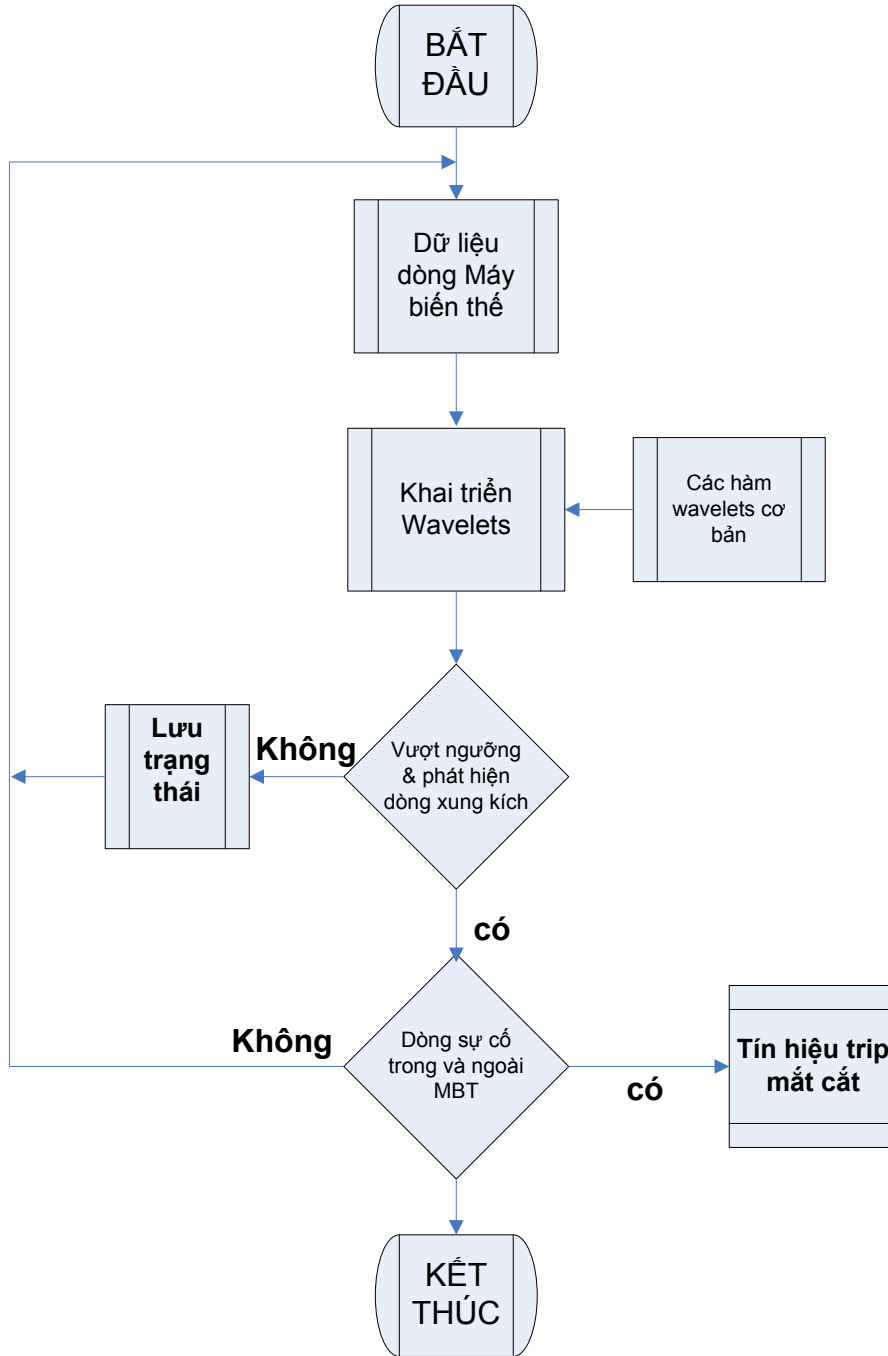
Hình 9b: Tính toán dòng sự cố ngoài máy biến thế



Hình 9c: Tính toán dòng sự cố trong máy biến thế

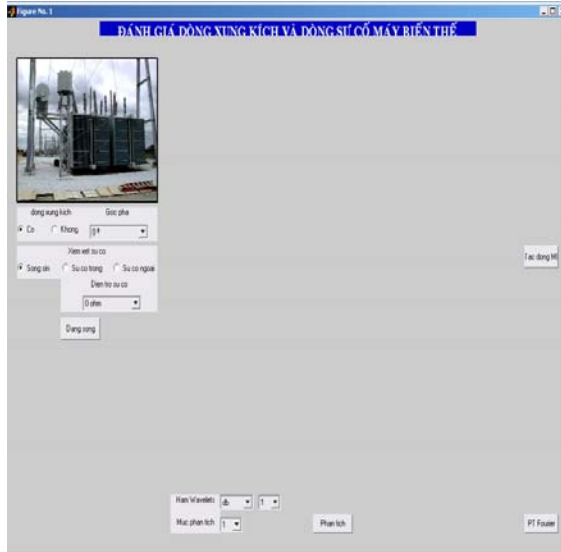
Mô phỏng hiện tượng quá độ điện từ khi đóng không tải máy biến thế và ứng dụng kỹ thuật wavelets trong việc phân tích và nhận dạng

6. Lưu đồ giải thuật

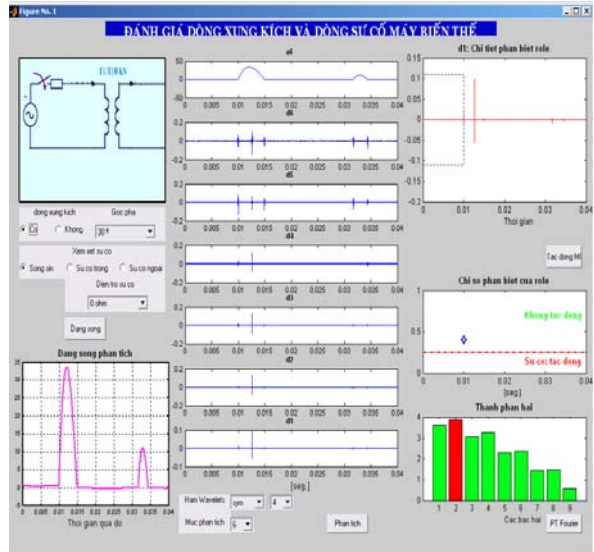


Hình 10: Lưu đồ giải thuật đề nghị

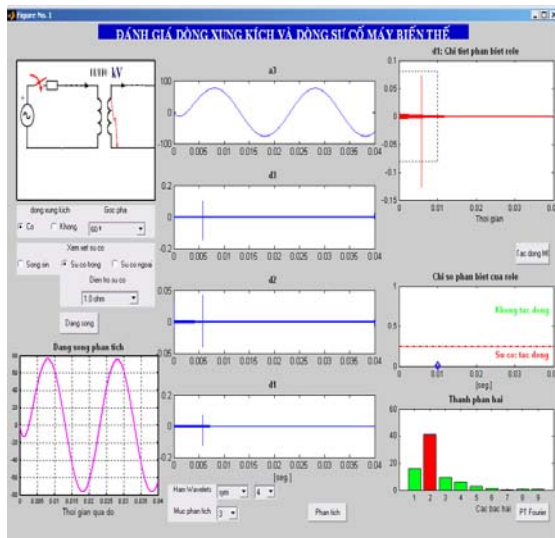
III. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG



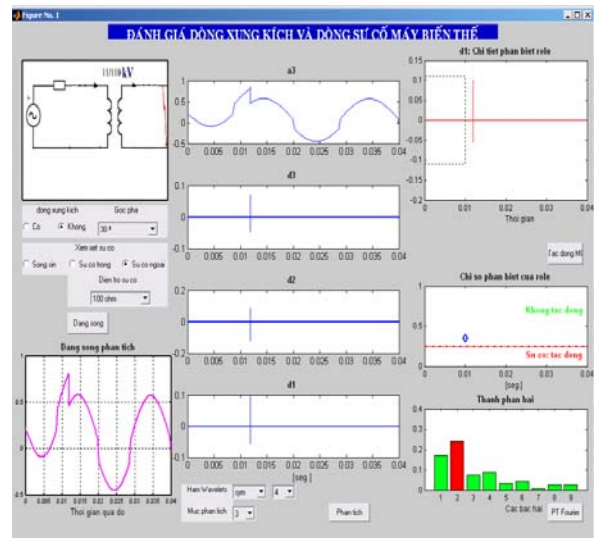
Hình 11: Chương trình nhận dạng



Hình 12: Kết quả nhận dạng dòng xung kích



Hình 13: Kết quả nhận dạng dòng xung kích và sự cố trong máy biến áp



Hình 14: Kết quả nhận dạng dòng xung kích và sự cố ngoài máy biến áp

STT	Loại tính toán	Góc pha	Kết quả nhận dạng	Ghi chú
1	Dòng xung kích	0° 30° 60° 90°	Đúng	4 mẫu thử
2	Sự cố ngoài	0 0.01 1 100 Ω	Đúng	4 mẫu thử
3	Sự cố trong	0 0.01 1 100 Ω	Đúng	4 mẫu thử
4	Dòng xung kích và sự cố trong	0° 30° 60° 90° 0 0.01 1 100 Ω	Đúng	16 mẫu thử

5	Dòng xung kích và sự cố ngoài	0° 30° 60° 90° 0 0.01 1 100 Ω	Đúng	16 mẫu thử
Tổng cộng			100 %	44 mẫu thử

Bằng cách sử dụng kỹ thuật wavelets kết hợp phương pháp tính toán đề nghị và lưu đồ giải thuật đề ra, kết quả tính toán độ tin cậy rất cao, các loại sự cố khác nhau có thể phân biệt với nhau bằng kỹ thuật wavelets và phân tích fourier.

IV. KẾT LUẬN

- Phân tích wavelets kết hợp phân tích fourier đã đưa kết quả như mong muốn.
- Bài báo sử dụng hàm wavelets chuyên biệt daubechies 8 để phân tích các dạng sóng quá độ trong máy biến áp.
- Bài báo đề ra giải thuật để phân biệt dòng sự cố trong và ngoài và dòng xung kích máy biến thế tránh máy cắt tác động nhầm, mang lại lợi ích kinh tế to lớn.
- Hướng phát triển của nghiên cứu là đo đạc thực nghiệm thông qua card giao tiếp với máy tính.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. M.A. Rahman, B. Jeyasurya", A State-of-The-Art Review of Transformer Protection Algorithms, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 2, April 1988.
- [2]. L. M. Peilin, R.K. Aggarwal, "A Novel, Approach to the Classification of the Transient Phenomena in Power Transformers Using Combined Wavelet Transform and Neural Network", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 16, No. 4, October, 2002.
- [3]. K. L. Butler, M. Bagriyanik "Characterization of Transients in Transformers Using Discrete Wavelet Transforms" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 2, May 2003.
- [4]. Nam Q.N; Phuc H.N. "Mô phỏng và nhận dạng dòng xung kích trong máy biến áp" p.35-40 ; Hội nghị khoa học và công nghệ lần thứ 8 tại ĐH Bách Khoa TPHCM 7-2004.
- [5]. OKAN OZGONENEL, GUVEN ONBILGIN, CAGR KOCAMAN "Transformer Protection Using the Wavelet Transform" *Turk. J. Elec. Engin.*, 13, (2005), 119-136.