KỸ THUẬT PHÂN TÍCH WAVELETS KẾT HỢP VỚI FUZZY LOGIC ĐỂ NHẬN DẠNG NHIỄU TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

Nguyễn Hữu Phúc[1] , Trương Đình Nhơn[2]
(1) Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM
(2) Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh
(Bài nhận ngày 23 tháng 11 năm 2005)

TÓM TẮT: *Bài báo trình bày một phương pháp dùng để nhận dạng các dạng sóng quá độ ảnh hưởng đến chất lượng điện năng trong hệ thống điện. Các hiện tượng quá độ được mô phỏng với sự trợ giúp của phần mềm ATP-EMTP, được phân tích dùng kỹ thuật wavelets và sau đó năng lượng của các mức tín hiệu được tính toán. Áp dụng kỹ thuật fuzzy logic với các tập luật trong bộ suy diễn mờ cho phép nhận dạng và phân loại các hiện tượng quá độ khác nhau trên lưới điện. Một chương trình nhận dạng tự động viết trên Matlab được thực hiện có thể được áp dụng để đánh giá nhiễu trong hệ thống điện.*

1.GIỚI THIỆU

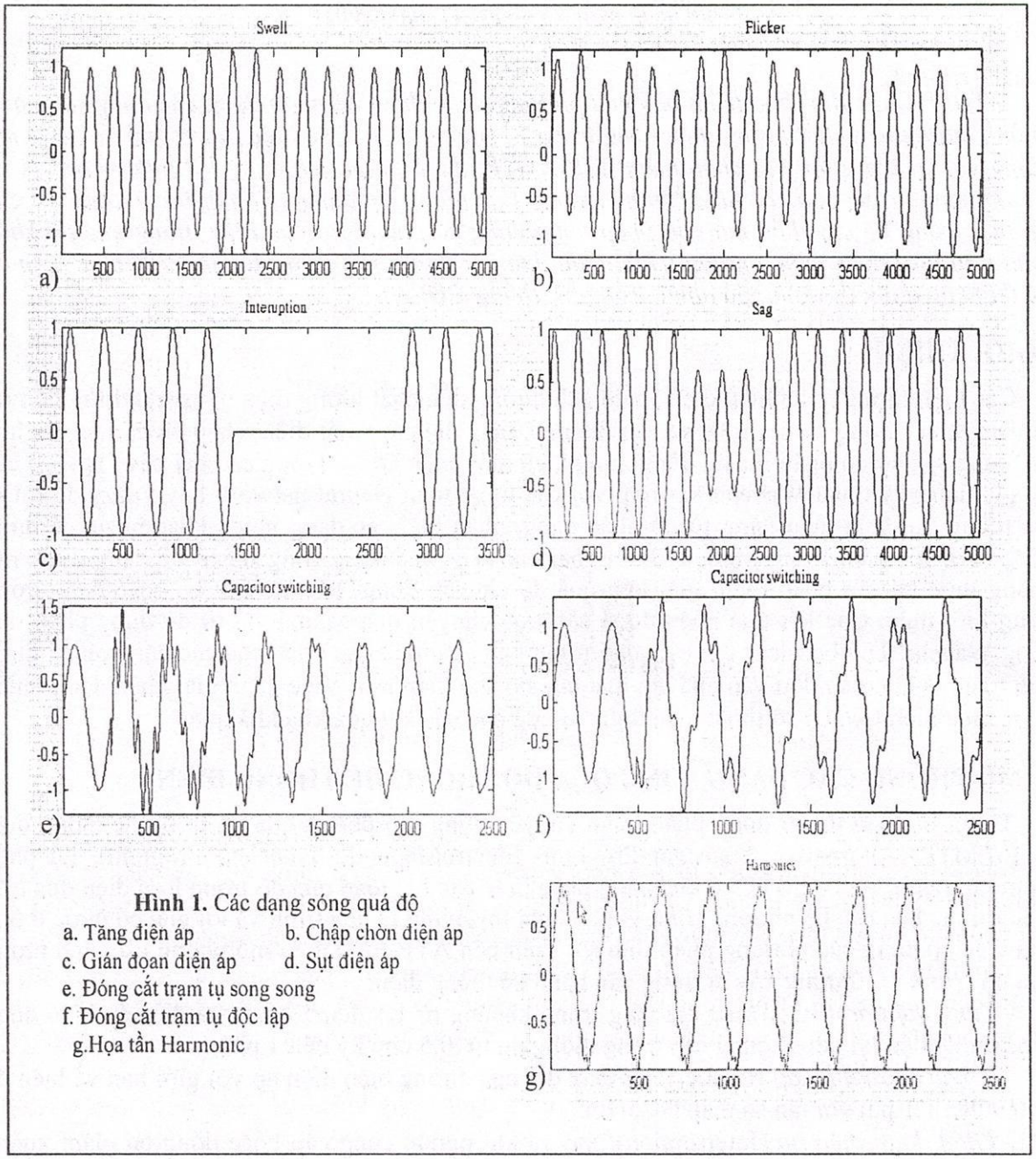
Các hiện tượng gây nhiễu điện áp có ảnh hưởng đến chất lượng điện năng trên lưới điện rất đa dạng như : đóng cắt trạm tụ bù, sụt điện áp, tăng điện áp, mất điện, chập chờn điện áp, hoạ tần, sóng sét, sự cố ngắn mạch, dòng xung kích máy biến áp,... Trong các bài báo [1] - [3] các tác giả dùng kỹ thuật Wavelet kết hợp với các thuật toán Neural network hay Fuzzy để rút ra các thông tin đáng quan tâm, từ đó nhận dạng, phân loại các dạng nhiễu khác nhau, có được bằng cách tạo hàm trong Matlab. Trong bài báo này, các dạng sóng nhiễu đa dạng được mô phỏng thực tế trên phần mềm giải tích quá độ chuyên dụng ATP-EMTP qua các hiện tượng trong lưới điện. Các kết quả nhận được sẽ được chuyển qua Matlab để từ đó được phân tích dùng Wavelet Toolbox, các giá trị năng lượng tại các mức khác nhau của các dạng nhiễu được tính toán và là cơ sở đầu vào của tập luật của bộ suy diễn mờ. Việc đánh giá, nhận dạng nhiễu được thực hiện trên cơ sở thuật toán logic mờ đã cho các kết quả khá khả quan.

2. MÔ PHỎNG CÁC DẠNG SÓNG QUÁ ĐỘ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

Trong bài báo đã sử dụng phần mềm chuyên dụng mô phỏng quá độ trong hệ thống điện ATP-EMTP (Alternative Transient Program- ElectroMagnetic Transient Program). Là phần mềm rất mạnh, ATP-EMTP có khả năng phân tích các bài tóan quá độ trong lưới điện dựa trên việc rời rạc hóa các hệ phương trình vi phân phi tuyến mô tả quá trình và lời giải có được thông qua việc áp dụng các phương pháp tính số. Trên nền ATP-EMTP đã mô phỏng các hiện tượng quá độ *(Hình 1)* thường xảy ra trong vận hành hệ thống điện:

- *Tăng điện áp* (Swell): sự gia tăng trong khoảng từ 1.1 đến 1.8p.u của điện áp hiệu dụng hoặc dòng điện tại tần số cung cấp trong thời gian từ 0.5 chu kỳ đến 1 phút.
- *Chập chờn điện áp* (Flicker): sự thay đổi của đường biên điện áp với giới hạn về biên độ từ 0.9 đến 1.1 p.u với tần số thấp (<25Hz).
- *Gián đoạn điện áp* (Interruption): xảy ra khi nguồn cung cấp hoặc dòng tải giảm xuống nhỏ hơn 1p.u trong thời gian nhỏ hơn 1 phút.
- *Sụt điện áp* (Sag): sự giảm từ 0.1 đến 0.9p.u của điện áp hiệu dụng hoặc dòng điện tại tần số cung cấp trong thời gian từ 0.5 chu kỳ đến 1 phút.
- *Hoạ tần* (Harmonics):ø dạng sóng sin chuẩn bị méo dạng do các thành phần tần số cao sinh ra từ các thiết bị có đặc tính phi tuyến gây nên. Hoạ tần còn được xem là nhiễu dòng hay áp có tính chu kỳ.
- *Đóng cắt trạm tụ điện* (Capacitor Switching):

- Hiện tượng đóng tụ điện cách ly vào lưới điện (Isolated Bank): Khi đóng trạm tụ vào lưới thì sẽ có xung dòng điện chạy qua tụ để cân bằng điện áp giữa trạm tụ và lưới.
- Hiện tượng đóng trạm tụ song song (Back to Back Bank): Đóng trạm tụ vào khi có các trạm tụ khác đang hoạt động. Trong trường hợp này, biên độ và tần số của dòng điện xung lớn hơn nhiều so với trường hợp đóng trạm tu độc lập.



Hình 1. Các dạng sóng quá độ
a. Tăng điện áp b. Chập chờn điện áp
c. Gián đoạn điện áp d. Sụt điện áp
e. Đóng cắt trạm tụ song song
f. Đóng cắt trạm tụ độc lập
g.Họa tần Harmonic

3. PHÉP BIẾN ĐỔI WAVELETS

Kỹ thuật wavelets được sử dụng khá rộng rải trong việc phân tích các hiện tượng quá độ, các nhiễu xảy ra trong hệ thống điện [4], [5]. Kỹ thuật được dùng để phân tích các tín hiệu quá độ trong thời gian ngắn nhờ các hệ số dịch chuyển (shift) và tỉ lệ (scale) [7].

Trong bài báo, hàm wavelets Daubechies "db4" được dùng trong việc phân tích wavelets rời rạc. Trong Matlab, hàm Daubechies được tính:

$$[C, L] = \text{wavedec}(s, 13, 'db4') \quad (1)$$

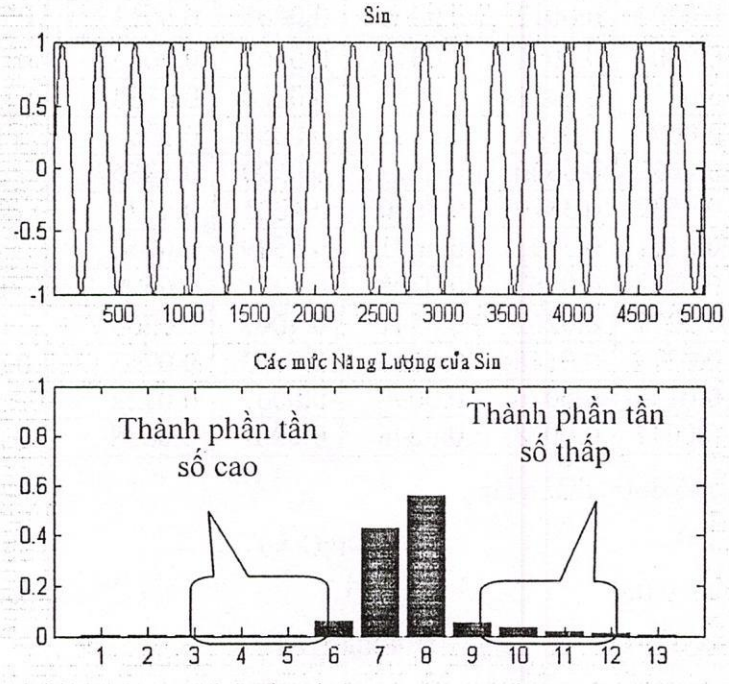
Trong đó: s : tín hiệu cần phân tích
13 : mức năng lượng cần phân tích
'db4' : họ Daubechies 4

Giá trị năng lượng được tính từ công thức của định lý Parseval:

P{i} = wrcoef('d',C,L,'db4',i); (2)

E(i)=((sum(P{i}.^2))/length(P{i}))^(1/2); (3)

Áp dụng định lý Parseval nói trên, tính được giá trị 13 mức năng lượng của dạng sóng sin chuẩn (*Hình 2*).



Mức	Năng lượng
1	0.0001
2	0.0004
3	0.0007
4	0.0018
5	**0.0064**
6	**0.0586**
7	**0.4219**
8	**0.5577**
9	**0.0537**
10	**0.0308**
11	0.0181
12	0.0087
13	0.0047

Hình 2. Giá trị 13 mức năng lượng của dạng sóng sin chuẩn

Các dạng sóng nhận được từ mô phỏng trong ATP-EMTP được chuyển sang Matlab để được phân tích tiếp theo, dùng kỹ thuật wavelets đa phân giải MRA, và sau đó tính tóan các phân bố năng lượng theo các mức khác nhau bằng cách dùng định lý Parseval.

Với nhận xét là hai mức năng lượng 7 và 8 tương ứng với thành phần tần số cơ bản nên có giá trị năng lượng vượt trội, trong khi các mức năng lượng từ 1 đến 6 đại diện cho thành phần tần số cao của tín hiệu và các mức năng lượng từ 9 đến 13 cho thành phần của tần số thấp sẽ có giá trị thấp hơn nhiều.

Bảng 1 trình bày 13 mức năng lượng của 8 dạng sóng khảo sát bằng phân tích wavelets của họ db4.

4. ÁP DỤNG FUZZY LOGIC TRONG NHẬN DẠNG VÀ PHÂN LOẠI

Logic mờ là một sự mở rộng của lý thuyết logic cổ điển. Trong logic cổ điển, giá trị chân lý của một mệnh đề chỉ có thể là 0 hoặc 1, còn đối với logic mờ thì giá trị chân lý của một mệnh đề là một số trong khoảng từ 0 đến 1.

Giả sử tập mờ A được xác định trong không gian X và có hàm liên thuộc là $\mu_A(x)$ và P là mệnh đề được phát biểu như sau: P: x ∈A

Khi đó giá trị chân lý của mệnh đề P sẽ được xác định bởi hàm liên thuộc của tập mờ A:

T(P) = $\mu_A(x)$

Căn cứ vào số liệu trong *Bảng 1* thấy rằng chỉ có các mức năng lượng từ 5 đến 10 là đặc trưng cho các dạng sóng khác nhau, nên có thể dựa vào các số liệu này để phân biệt các dạng sóng với nhau:

Bảng 1. Bảng số liệu 13 mức năng lượng của 8 dạng sóng bằng phân tích wavelets của họ db4.

Mức phân tích	Sóng hình sin	Sụt điện áp	Tăng điện áp	Họa tần	Gián đoạn điện áp	Chập chờn điện áp	Đóng trạm tụ song song	Đóng trạm tụ độc lập
L.1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	0.0020	0.0037
L.2	0.0004	0.0005	0.0004	0.0012	0.0005	0.0005	0.0013	0.0035
L.3	0.0007	0.0008	0.0007	0.0094	0.0010	0.0007	0.0026	0.0057
L.4	0.0018	0.0019	0.0019	0.0451	0.0021	0.0020	0.0128	0.0336
L.5	0.0064	0.0067	0.0070	0.0268	0.0082	0.0067	0.0904	0.1006
L.6	0.0586	0.0542	0.0632	0.0540	0.0547	0.0590	0.1855	0.0618
L.7	0.4219	0.3820	0.4532	0.3879	0.3620	0.4221	0.4572	0.4327
L.8	0.5577	0.4884	0.6151	0.5131	0.4641	0.5549	0.6054	0.5724
L.9	0.0537	0.0565	0.0583	0.0487	0.0705	0.1329	0.0598	0.0546
L.10	0.0308	0.0412	0.0271	0.0262	0.0541	0.1005	0.0366	0.0315
L.11	0.0181	0.0144	0.0214	0.0148	0.0143	0.0493	0.0253	0.0186
L.12	0.0087	0.0040	0.0134	0.0076	0.0097	0.0037	0.0122	0.0089
L.13	0.0047	0.0046	0.0047	0.0078	0.0046	0.0207	0.0058	0.0046

Biến ngôn ngữ trong logic mờ được thành lập:

$0 \le x \le 0.02$: Rất thấp (VL)

$0.02 < x \le 0.065$: Thấp (L)

$0.065 < x \le 0.1$: Hơi thấp (RL)

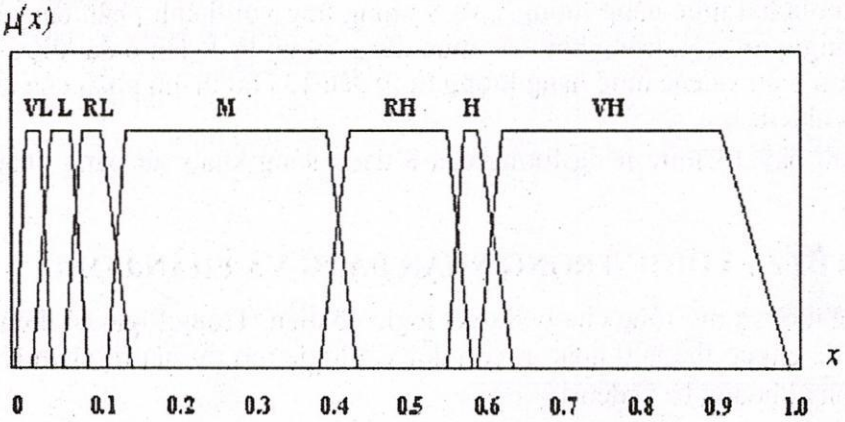
$0.1 < x \le 0.425$: Trung bình (M)

$0.425 < x \le 0.555$: Hơi cao (RH)

$0.555 < x \le 0.58$: Cao (H)

$0.58 < x \le 1$: Rất cao (VH)

Hàm liên thuộc (*Hình 3*) ngõ vào được lựa chọn là hàm ***trapmf*** (hình thang), ngoài ra cũng có thể chọn các hàm khác như hàm ***gbelmf*** (hàm chuông), hàm ***gaussmf*** (hàm phân bố Gauss)...



Hình 3. Hàm liên thuộc dạng hình thang của các biến ngôn ngữ.

Từ các biến ngôn ngữ trên xây dựng tập luật cho từng dạng sóng như sau:

1. ***If*** (level5 is VL) and (level6 is L) and (level7 is M) and (level8 is RH) and (level9 is L) and (level10 is L) ***then*** (waveform is **Sag**)

2. ***If*** (level5 is VL) and (level6 is L) and (level7 is M) and (level8 is H) and (level9 is L) and (level10 is L) ***then*** (waveform is **Sine**)

3. ***If*** (level5 is VL) and (level6 is RL) and (level7 is RH) and (level8 is VH) and (level9 is L) and (level10 is L) ***then*** (waveform is **Swell**)

4. ***If*** (level5 is L) and (level6 is L) and (level7 is M) and (level8 is RH) and (level9 is L) and (level10 is L) ***then*** (waveform is **Harmonic**)

5. ***If*** (level5 is VL) and (level6 is L) and (level7 is M) and (level8 is H) and (level9 is RL) and (level10 is L) ***then*** (waveform is **Flicker**)

6. ***If*** (level5 is VL) and (level6 is L) and (level7 is M) and (level8 is H) and (level9 is RL) and (level10 is L) ***then*** (waveform is **Interruption**)

7. ***If*** (level5 is RL) and (level6 is M) and (level7 is RH) and (level8 is VH) and (level9 is L) and (level10 is L) ***then*** (waveform is **Back to Back**)

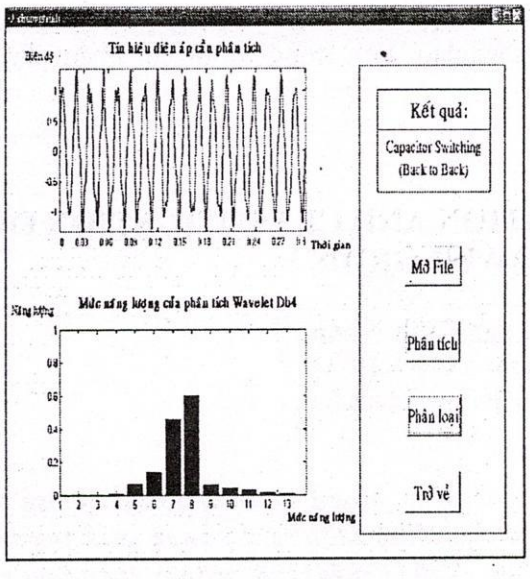
8. ***If*** (level5 is M) and (level6 is RL) and (level7 is RH) and (level8 is H) and (level9 is L) and (level10 is L) ***then*** (waveform is **Isolated Bank**)

Phương pháp giải mờ được lựa chọn ở đây là phương pháp ***centroid*** (phương pháp trọng tâm).

5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ NHẬN XÉT

Với số lượng mẫu khảo sát là 80 (mỗi dạng sóng 10 mẫu) qua **Bảng 2** cho thấy rằng chương trình nhận dạng được số lượng mẫu đúng đạt tỷ lệø 95%.

Dễ dàng nhận xét là các mẫu nhận dạng không đúng rơi vào các trường hợp chập chờn điện áp. Đây là các dạng sóng hình sin có biên độ được biến điệu rất chậm chạp theo hình sin với tần số rất thấp (vài Hz).



Hình 4. Giao diện của chương trình "nhandang"

Chương trình "*nhandang*" (*Hình 4*) được xây dựng trong môi trường Matlab để nhận dạng các dạng sóng quá độ khảo sát. Trong đó, tín hiệu đưa vào là các dạng sóng được tạo ra từ phần mềm mô phỏng quá độ ATP-EMTP, chương trình sẽ phân tích tín hiệu ra các mức năng lượng. Dựa vào các mức năng lượng này bộ suy diễn mờ sẽ cho biết tín hiệu đó thuộc loại tín hiệu nào trong các loại trên.

Bảng 2. Kết quả nhận dạng của chương trình

Dữ liệu (Dạng sóng)	Số mẫu nhận dạng đúng	Số mẫu nhậ dạng sai	Tổng số mẫu
Sin chuẩn	10	0	10
Sụt điện áp	10	0	10
Tăng điện áp	10	0	10
Họa tần	10	0	10
Gián đoạn điện áp	10	0	10
Chập chờn điện áp	6	4	10
Đóng trạm tụ bù độc lập	10	0	10
Đóng trạm tụ bù song song	10	0	10

6. KẾT LUẬN

Qua kết quả nhận dạng và phân loại của chương trình cho thấy phép biến đổi wavelets có thể được dùng như một công cụ mạnh để phân tích các tín hiệu quá độ do nhiễu trên lưới điện, ngòai ra giá trị năng lượng của các mức là một trong những thông số đặc trưng cho tín hiệu đó.

Ngòai ra, từ các kết quả nhận được, bài báo đã đề nghị được một trình tự phân tích tự động các hiện tượng quá độ trên lưới, qua việc phân tích các hiện tượng quá độ trên nền ATP-EMTP, chuyển các kết quả phân tích qua môi trường Matlab, kế tiếp kỹ thuật wavelets được dùng để tính tóan các mức năng lượng khác nhau, và cuối cùng kỹ thuật fuzzy logic được dùng trong việc phân tích, nhận dạng và phân loại tự động các dạng sóng quá độ trong lưới điện qua một chương trình nhận dạng.

Hiện nay, mạng nơron đang được ứng dụng khá rộng rãi trong vấn đề nhận dạng vì có khả năng tự học, tuy vậy việc ứng dụng Fuzzy Logic cũng mang lại những kết quả khá khả quan, nếu so sánh với các kết quả trong [6]. Hiệu quả nhận dạng của chương trình sẽ cao hơn nếu có sự kết hợp giữa những ưu điểm của mạng nơron và logic mờ là khả năng tự học và kinh nghiệm. Đây cũng chính là hướng phát triển của các phân tích trong tương lai nhằm đạt độ chính xác cao hơn .

FUZZY REASONING BASED RECOGNITION AND CLASSIFICATION OF TRANSIENTS IN POWER GRIDS

Nguyen Huu Phuc [(1)], Truong Dinh Nhon [(2)]
(1) University of Technology – VNU- HCM
(2) HCMC University of Technical Education.

ABSTRACT: *The paper presents a fuzzy reasoning based method to recognize and classify various transients affecting the power grid quality. Different power grid transient disturbances are considered and simulated by means of ATP-EMTP program, then analyzed by the multiresolution analysis wavelets technique with calculated energy pattern corresponding to different decomposition levels using Parseval's theorem. The energy distribution pattern based on fuzzy logic reasoning was then applied along with linguistic*

rules to recognize and classify various transient phenomena. To facilitate the automatic process of recognition and classification of transients in power grid a user-friendly program was developed. The analysis conducted and results obtained show the merit of method in use and prospective applications of the wavelets technique to power disturbance assessments.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Min Wang, *Automatic Recognition of Power Quality Disturbances*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, August 9, 2001

[2]. T.X. Zhu, Senior Member, IEEE, S.K. Tso, Senior Member, IEEE, and K.L. Lo, *Wavelet-Based Fuzzy Reasoning Approach to Power-Quality Disturbance Recognition,* IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, No.4, October 2004.

[3]. Resende, J.W., Chaves, M.R.L.,Penna, C, *Identificaion of Power Quality Disturbances Using the Matlab Wavelet Transform Toolbox,* Universidade Federal de Uberlandia (MC)- Brazil.

[4]. Shyh-Jier Huang, Cheng-Tao Hsieh, Ching-Lien Huang, *Application Of Wavelet To Classify Power System Disturbances,* A report by Department of Electrical Engineering, National Cheng-Kung University, Tainan, 70101, Taiwan, ROC. March 1998.

[5]. Rosa M de Castro Fernandez, Horacio Nelson Diaz Rojas, *An Overview of Wavelet Transforms Application in Power Systems*, IEEE Transactions on Power Delivery, pp. 24 - 28 June 2002.

[6]. Zwe-Lee Gaing, *Wavelet-Based Neural Network for Power Disturbances Recognition and Classification,* IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.19, No.4, 2004.

[7]. Jaideva C. Goswami, Andrew K. Chan, *Fundamentals of Wavelets*, Theory, Algorithms, and Applications, John Wiley & Sons Inc., ISBN: 0-471-19748-3 Hardcover 324 pages, February 1999