

CHẨN ĐOÁN SỰ CỐ MÁY BIẾN ÁP DẦU BẰNG HỆ MỜ

Quyền Huy Ánh⁽¹⁾, Đặng Mạnh Cường⁽²⁾

(1) Trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật Tp. HCM

(2) Trường Cao Đẳng Điện II

(Bài nhận ngày 29 tháng 8 năm 2005, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 12 tháng 12 năm 2005)

TÓM TẮT: Các máy biến áp điện lực là thiết bị chính yếu và quan trọng nhất trong mạng truyền tải điện năng. Vì thế các sự cố nghiêm trọng của chúng có thể gây ra hư hỏng lớn. Điều này không chỉ làm gián đoạn cung cấp điện mà còn gây ra các thiệt hại lan rộng.

Đã có nhiều phương pháp chẩn đoán sự cố tiềm ẩn trong máy biến, một trong những phương pháp đó là sử dụng hệ mờ chẩn đoán dựa trên các nồng độ khí phát sinh trong dầu máy biến áp. Bài báo này trình bày hoàn chỉnh một giải thuật sử dụng hệ mờ để chẩn đoán sự cố cho máy biến áp dầu.

1. GIỚI THIỆU

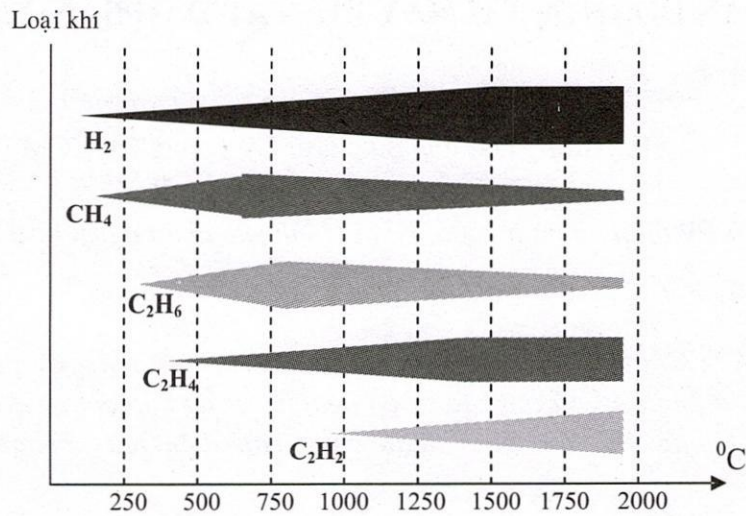
Việc nghiên cứu về các khí phát sinh khi dầu hoặc giấy cách điện của máy biến áp bị sốc điện hoặc nhiệt đã được thực hiện từ những năm 30 của thế kỷ 20 [Ber 1938, Vog 1951, Bas 1955, Bag 1962, She 1963, Slo 1967, Ped 1968]. Sau đó vấn đề tiếp tục được nghiên cứu bởi Halstead [Hal 1973]. Sau đó là [Baker 1982, Inoue 1990, Nick 1991, Grant 1992, Omn 1993 và Griffin 1994]. Hiện nay việc nghiên cứu vấn đề này phát triển rất mạnh với những công trình nghiên cứu của Tomsovic, A.Amar, Kin Onn Wong, Y.Zhang, X.Ding, Y.Liu ...

Có nhiều phương án chẩn đoán sự cố cho máy biến áp dựa trên cơ sở phân tích nồng độ khí phát sinh trong dầu cách điện, trong đó vượt trội là các phương pháp sử dụng trí tuệ nhân tạo như: hệ logic mờ hay mạng nơron. Hệ mờ phân tích nồng độ khí trong máy biến áp rất thích hợp cho việc giải bài toán chẩn đoán sự cố máy biến áp do có khả năng khái quát hóa cao, đáp ứng nhanh, nhạy và xác suất nhận biết sai là thấp so với các phương pháp khác.

2. NỘI DUNG

Trong hình 1, khi nhiệt độ tại điểm xảy ra sự cố tăng thì lần lượt sinh ra các khí từ Hydro, đến Methane, Ethane, Ethylene và cuối cùng là Acetylene ($H_2 \rightarrow CH_4 \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_2$). Hydro phát sinh ở nhiệt độ thấp nhất còn Acetylene phát sinh ở nhiệt độ cao nhất (gần $1000^{\circ}C$). Một trạng thái lỗi có thể do nhiều nguyên nhân, vì vậy việc xác định vị trí sự cố là vô cùng khó khăn. Do đó, trong bài này chỉ thực hiện việc chẩn đoán sự cố từ việc phân tích nồng độ khí. Việc xác định vị trí sự cố sẽ được thực hiện bằng các thử nghiệm khác và không được đề cập ở đây.

Phần tiếp theo sẽ trình bày chi tiết cách thức dùng hệ mờ để chẩn đoán sự cố, cụ thể với các bước: Mờ hóa thông số vào, xác định các hàm liên thuộc dạng mờ, xác định đầu ra của quan hệ mờ và cuối cùng là giải mờ để đưa ra kết luận.



Hình 1. Lượng khí phát sinh theo nhiệt độ phân hủy dầu cách điện

2.1. Mờ hóa thông số đầu vào

Phần này sử dụng phương pháp mờ hóa trực giác để mờ hóa các dữ liệu đầu vào thông qua các hàm liên thuộc mờ dựa vào tỷ số đã đưa ra ở dạng rõ từ đó có các hàm mờ tương ứng :

$$AE = C_2H_2 / C_2H_4 = \begin{cases} 0 & \text{Lo} & AE < 0.5 \\ 1 & \text{Med} & 0.5 \leq AE \leq 3 \\ 2 & \text{Hi} & AE > 3 \end{cases}$$

$$EA = C_2H_2 / C_2H_6 = \begin{cases} 0 & \text{Lo} & EA < 2.9 \\ 2 & \text{Hi} & EA \geq 2.9 \end{cases}$$

$$MH = CH_4 / H_2 = \begin{cases} 5 & \text{Lo} & MH < 0.1 \\ 0 & \text{Med} & 0.1 \leq MH \leq 1 \\ 1 & \text{Hi} & 1 < MH \leq 3 \\ 2 & \text{Vhi} & MH > 3 \end{cases}$$

$$EM = C_2H_6 / CH_4 = \begin{cases} 0 & \text{Lo} & EM < 1 \\ 2 & \text{Hi} & EM \geq 1 \end{cases}$$

$$EE = C_2H_4 / C_2H_6 = \begin{cases} 0 & \text{Lo} & EE < 0.1 \\ 1 & \text{Med} & 0.1 \leq EE \leq 3 \\ 2 & \text{Hi} & EE > 3 \end{cases}$$

2.2. Xác định các hàm liên thuộc

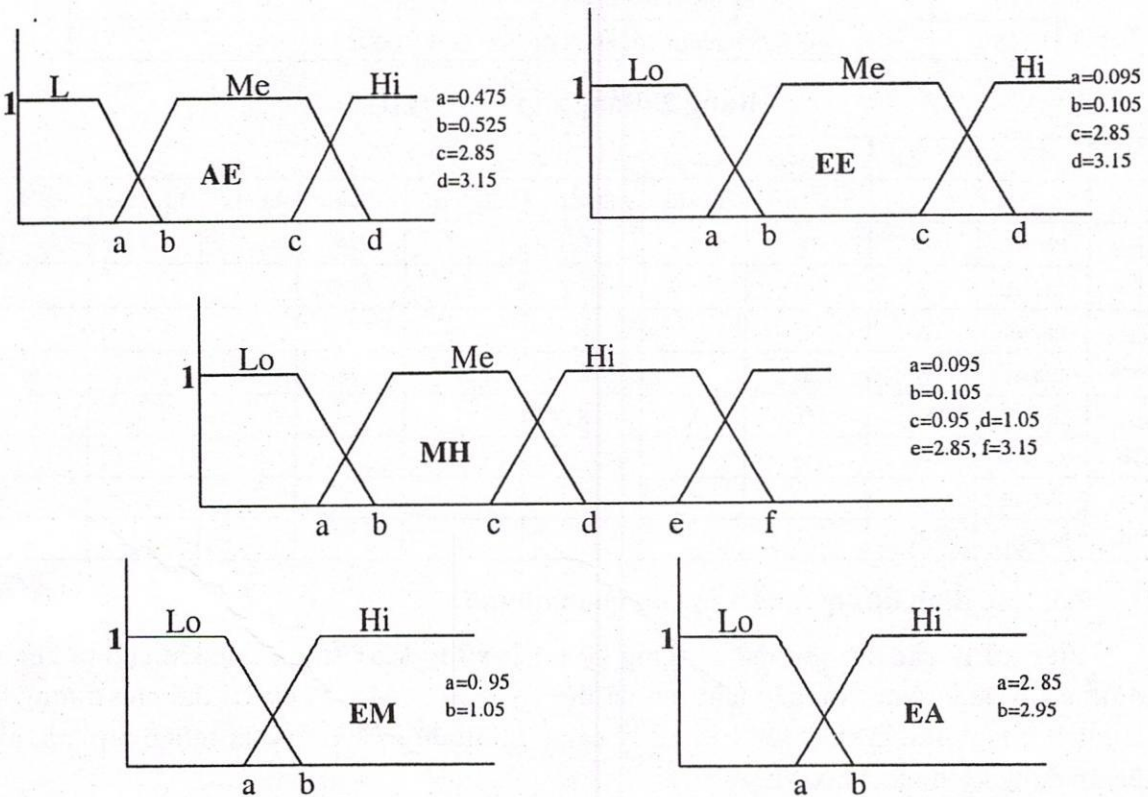
Từ các khoảng tỷ số mờ vừa định nghĩa trên, hoàn toàn có thể xác định các hàm quan hệ mờ cho từng tỷ số mờ. Ví dụ, đối với tỷ số AE có 3 hàm quan hệ mờ tương ứng cho 3 giá trị đã được định nghĩa Lo, Med và Hi, vì vậy cần phải xác định 3 hàm này cho tỷ số AE như sau:

$$AE_{Lo} = \begin{cases} 1 & u < a \\ (b-u)/(b-a) & a \leq u \leq b \\ 0 & u > b \end{cases}$$

$$AE_{Med}(u, a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & u < a \\ (u-a)/(b-a) & a \leq u < b \\ 1 & b \leq u \leq c \\ (d-u)/(d-c) & c < u \leq d \\ 0 & u > d \end{cases}$$

$$AE_{Hi}(u, c, d) = \begin{cases} 1 & u > d \\ (u-c)/(d-c) & c \leq u \leq d \\ 0 & u < c \end{cases}$$

Các hàm quan hệ trên cũng có thể mô tả bằng cách phân loại tỷ số theo đồ thị (Hình 2):



Hình 2. Phân loại tỷ số theo đồ thị

Bước tiếp theo cần xác định các luật tham khảo dưới dạng mờ, các luật này dựa vào 15 sự cố được định nghĩa trước trong Bảng 1. và dựa vào Bảng 2. để xây dựng các luật mờ chẩn đoán sự cố:

- *If* MH=Med & EM=Lo & AE=Lo & EE=Lo & EA=Lo *then* Condition_A
- *If* MH=Lo & EM=Lo & AE=Lo & EE=Lo & EA=Lo *then* Condition_B
- *If* MH=Lo & EM=Lo & AE= Med & EE=Lo & EA=Lo *then* Condition_C
- *If* MH=Lo & EM=Lo & AE=Lo & EE= Med & EA=Lo *then* Condition_D
-(tiếp tục cho các tình huống khác).....

Bảng 1. Các dạng sự cố

TT	Mã	Sự cố
1.	A	Không sự cố, bình thường
2.	B	Đánh lửa cục bộ với năng lượng thấp
3.	C	Đánh lửa cục bộ với năng lượng cao
4.	D	Đánh lửa cục bộ và quá tải
5.	E	Đánh lửa cục bộ với năng lượng gia tăng
6.	F	Phóng điện năng lượng thấp: Đánh lửa khi không tải
7.	G	Phóng điện năng lượng thấp: Đánh lửa liên tục
8.	H	Phóng điện năng lượng cao: Hồ quang với dòng tải
9.	I	Quá nhiệt phần dây dẫn bọc cách điện
10.	J	Quá nhiệt phức tạp và dây dẫn quá nhiệt
11.	K	Quá nhiệt phức tạp và phóng điện năng lượng thấp
12.	M	Sự cố nhiệt với nhiệt độ < 150°C
13.	N	Sự cố nhiệt với nhiệt độ 100°C → 200°C
14.	O	Sự cố nhiệt với nhiệt độ 150°C → 300°C
15.	P	Sự cố nhiệt với nhiệt độ 300°C → 700°C

Bảng 2. Bảng xếp loại sự cố

		AE=Lo	AE=Med	AE=Hi						
		EE=Lo	EE=Med	EE=Hi	EE=Lo	EE=Med	EE=Hi	EE=Lo	EE=Med	EE=Hi
MH=Lo	EM=Lo	B	D	E	C					
	EM=Hi									
MH=Med	EM=Lo	A	I		F					
	EM=Hi	N	J		K	G	H	F	G	H
MH=Hi	EM=Lo	M	O	P	K					
	EM=Hi	N								
MH=VHi	EM=Lo			P						
	EM=Hi	N								

2.3. Xác định kết quả đầu ra của quan hệ mờ

Việc xử lý các dữ liệu mờ sẽ dùng kỹ thuật xử lý Max/Min trước khi cho ra kết quả mờ để chẩn đoán dựa trên các luật mờ đã đề cập ở trên. Một ví dụ cụ thể cho trường hợp phân tích trong điều kiện N khi cần xử lý các dữ liệu để có kết quả là một dạng mờ, bằng việc áp dụng kỹ thuật Max/Min:

Sử dụng kỹ thuật Min để xây dựng các luật cho điều kiện sự cố N:

- Rule_N1 = Min{ MH=Med , EM=Hi , AE=Lo , EE=Lo};
- Rule_N2 = Min{ MH=Hi , EM=Hi , AE=Lo , EE=Lo };
- Rule_N3 = Min{ MH=VHi , EM=Hi , AE=Lo , EE=Lo };

Sử dụng kỹ thuật Max để xác định trọng số của điều kiện sự cố N:

- Condition_N = Max(Rule_N1, Rule_N2, Rule_N3)

Với cách tính tương tự sẽ dễ dàng xây dựng được quan hệ để có được các trọng số mờ cho các điều kiện còn lại, ví dụ:

- Condition_F = Max(Rule_F1, Rule_F2);
- Condition_G = Max(Rule_G1, Rule_G2);
-

2.4. Giải mờ đưa ra kết luận

Để giải mờ phải dựa vào bảng mã sự cố được định nghĩa trong Bảng 1.. Tùy theo trọng số của điều kiện sự cố (Bảng 3.) sẽ tương ứng với các kết luận theo dạng ngôn ngữ thông thường của con người.

Bảng 3. Trọng số của điều kiện sự cố

Giá trị	Mức độ
1	Chắc chắn có
0.75 – 0.99	Rất có thể
0.50 – 0.74	Có thể
0.25 – 0.49	Có khả năng
0.01 – 0.24	Có rất ít khả năng
0	Chắc chắn không

Ví dụ, kết quả ghi nhận cuối cùng sau khi phân tích các điều kiện sự cố M, N, G là:

- Điều kiện sự cố M có trọng số là 0.15
- Điều kiện sự cố N có trọng số là 0.30
- Điều kiện sự cố G có trọng số là 0.55

Khi đó kết quả của giải thuật sẽ là:

- Có rất ít khả năng_ Sự cố nhiệt với nhiệt độ < 1500C
- Có khả năng_ Sự cố nhiệt với nhiệt độ 1000C → 2000C
- Có thể_ Phóng điện năng lượng thấp: Đánh lửa liên tục

2.5. Thử nghiệm và đánh giá

Từ các lý thuyết cơ sở và các thuật toán đã trình bày chi tiết ở các phần trên, xây dựng một chương trình hoàn chỉnh trên phần mềm MatLab. Sau đó, vận hành thử nghiệm và so sánh kết quả chẩn đoán sự cố tiềm ẩn trong máy biến áp điện lực với 3 phương pháp khác, đó là phương pháp theo lý luận của Dornenburg, theo Rogers và phương pháp ứng dụng mạng Neural.

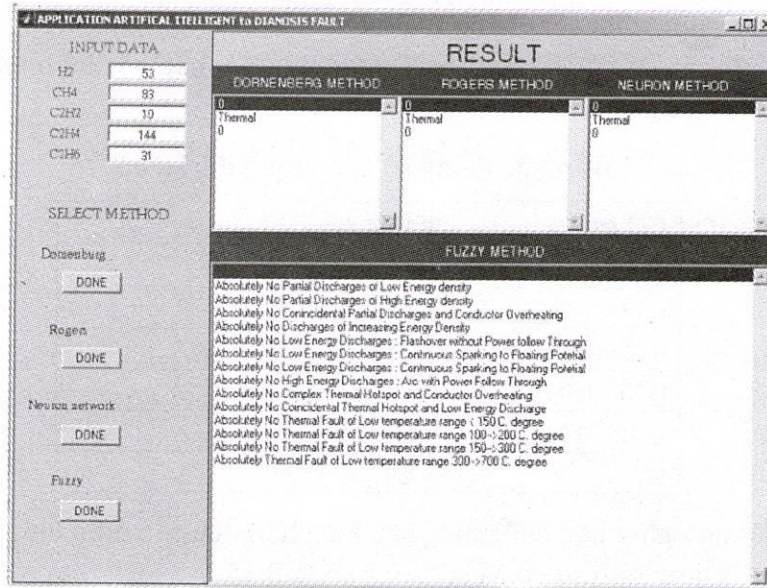
Chương trình xây dựng theo nguyên tắc sau: nhập vào các thông số đầu vào là các nồng độ của khí phân tích trong mẫu dầu (H_2 , CH_4 , C_2H_2 , C_2H_4 , C_2H_6), sau đó cho các chương trình phân tích theo 4 phương pháp trên, cuối cùng xuất ra kết quả đã phân tích ra cửa sổ hiển thị kết quả (Hình 3).

Với các kết quả ghi nhận sau khi chẩn đoán trên 62 mẫu tham khảo (đã biết trước) theo 4 phương pháp nêu trên, có thể đánh giá độ chính xác một cách tương đối khách quan (Bảng 4.).

Bảng 4. Kết quả chẩn đoán sự cố máy biến áp

Phương pháp	Dornenburg	Roger	Neural	Fuzzy
Tổng số mẫu chẩn đoán	62	15	62	62
Số chẩn đoán đúng	33	10	35	59
Số chẩn đoán sai	29	5	27	3
Tỷ lệ đúng (%)	53,22	66,67	56,45	95,16

Kết quả trình bày trong Bảng 4. đã chứng minh tính ưu việt của phương pháp sử dụng hệ mờ chẩn đoán sự cố máy biến áp điện lực dựa trên các nồng độ khí phát sinh trong dầu máy biến áp với độ chính xác nhận dạng rất cao (>95%).



Hình 3. Giao diện chương trình chẩn đoán sự cố máy biến áp

3. KẾT LUẬN

- Hệ mờ chẩn đoán sự cố máy biến áp điện lực dựa trên các nồng độ khí phát sinh trong dầu máy biến áp rất thích hợp cho việc giải bài toán chẩn đoán sự cố máy biến áp, do nó có khả năng khái quát hóa cao, đáp ứng nhanh, nhạy và xác suất nhận biết sai là thấp so với các phương án khác.
- Hệ mờ chẩn đoán sự cố máy biến áp theo phương pháp phân tích nồng độ khí phát sinh có thể được sử dụng làm bảo vệ dự trữ và bảo vệ tiền sự cố, và được sử dụng trong hệ giám sát trực tuyến trạng thái làm việc của máy biến áp nhưng không thể làm bảo vệ chính do các khí phát sinh thì cần có thời gian.
- Để thực hiện bảo vệ máy biến áp theo phương pháp phân tích nồng độ khí kết hợp hệ mờ nên bố trí các cảm biến đo nồng độ khí (5 loại khí) trong dầu biến áp hoặc có thể bố trí kết hợp với các cảm biến không điện khác và kết hợp với việc sử dụng hệ SCADA.

TRANSFORMER FAULT DIAGNOSIS USING FUZZY LOGIC

Quyen Huy Anh⁽¹⁾, Dang Manh Cuong⁽²⁾

(1) University of Technical education Ho Chi Minh City

(2) College of Electrical II

ABSTRACT: The power transformer is one of the main components in a power transmission network. Major faults of transformers can cause extensive damage. These faults do not only interrupt electricity supply but also result in large revenue losses.

There are several methods for diagnosis of implicit faults in power transformer, one of them is diagnosis based on the Dissolved Gas Analysis (DGA) performed routinely using the technique of fuzzy logic. A fuzzy logic interpretation module which can be used for interpreting most of DGA test results has already been completed and discussed in this paper

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [I]. Zhenyuan Wang, *Artificial Intelligence Applications In The Diagnosis Of power Transformer Incipient Faults*, Doctor Of Philosophy In Electrical Engineering, August- 2000, Blackburg, Virginia.
- [II]. Kin Onn Wong, *Expert System For Transformer Fault Diagnosis*, Bachelor Of Engineering – Honours Thesis, University Of Queensland, Oct. 2000.
- [III]. Zhenyuan Wang, Yilu – Liu, Nien – Chung Wang, Tzong – Yih Guo, Frank T.C. Huang Paul J. Griffin, *Artificial Intelligent in Power Equipment Fault Diagnosis*, IEEE PES Winter Meeting, Singapore, Jan 2000.
- [IV]. Đỗ Trung Tuấn, *Trí Tuệ Mạng Nhân Tạo*, NXB Giáo Dục, 1998.