

XÂY DỰNG HỆ CHẨN ĐOÁN LỖI TIỀM ẨN CỦA MÁY BIẾN ÁP LỰC DỰA TRÊN MẠNG NEURAL KẾT HỢP VỚI PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH KHÍ HOÀ TAN

Nguyễn Hữu Công^{1*}, Nguyễn Tiến Duy², Trần Thị Thanh Thảo²

¹Đại học Thái Nguyên,

²Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất ứng dụng mạng neural để xây dựng hệ chẩn đoán sự cố tiềm ẩn của máy biến áp (MBA) lực. Các đầu vào mạng neural là tỉ lệ các thành phần khí sinh ra trong quá trình MBA làm việc. Đầu ra là các kết luận về tình trạng của MBA. Luật chẩn đoán dựa trên phương pháp tỉ lệ theo chuẩn IEC-599 với 5 thành phần khí được sử dụng là các thành phần đầu vào. Các kết luận đầu ra bao gồm “bình thường”, “quá nhiệt” hoặc “phóng điện”. Sử dụng mạng truyền thẳng nhiều lớp (MLP - Multi-layer Perceptron) với cấu trúc mạng được lựa chọn là 5-M-3. Qua quá trình huấn luyện với số neural lớp ẩn khác nhau, chúng tôi lựa chọn được M=16 cho kết quả chẩn đoán là chính xác nhất. Thông qua thử nghiệm với dữ liệu thực tế, kết quả cho thấy hệ chẩn đoán đưa ra các kết luận là đáng tin cậy.

Từ khoá: Hệ chẩn đoán, Máy biến áp, Lỗi tiềm ẩn, Mạng nơ-ron nhân tạo, công nghệ DGA

GIỚI THIỆU

Chẩn đoán sự cố tiềm ẩn của MBA lực trong hệ thống điện là một vấn đề đã được nhiều nhà khoa học quan tâm. Để có thể đưa ra được thông tin về các lỗi tiềm ẩn có thể xảy ra trong tương lai của MBA, trong một số công trình đã đưa ra các phương pháp chẩn đoán dựa trên phân tích lượng khí hoà tan trong dầu (DGA - Dissolved Gas in oil Analysis). Ngoài ra còn có các phương pháp chẩn đoán dựa trên đáp ứng phổ tần MBA, chẩn đoán dựa trên độ rung của MBA. Phương pháp sắc ký khí với phân tích khí hoà tan trong dầu 0 cần thiết phải có những thiết bị đo chuyên dụng và đòi hỏi độ chính xác cao. Dựa trên những kỹ thuật này, đã có nhiều kỹ thuật hiện đại cho phép chẩn đoán tốt hơn 0, tuy nhiên một điểm chung của các phương pháp này là phải dựa trên các kỹ thuật đo đạc chính xác. Vì vậy, kết quả chẩn đoán cũng phụ thuộc nhiều vào độ chính xác kết quả của các phép đo. Một phương pháp chẩn đoán khác có thể kế thừa được tri thức chuyên gia dưới dạng luật thống kê đã được giới thiệu 0, 0. Phương pháp này được phát triển dựa trên sử dụng mạng neural nhân tạo. Để có được kết quả

chẩn đoán chính xác, theo phương pháp sử dụng mạng neural cần phải có bộ dữ liệu thực nghiệm “đủ lớn” để huấn luyện mạng và lựa chọn được một cấu trúc mạng hợp lí. Thực tế cho thấy, theo tiếp cận này có rất nhiều cấu trúc mạng có thể được lựa chọn với những kết quả chẩn đoán khác nhau. Thời gian huấn luyện mạng lớn cũng là một nhược điểm của phương pháp này. Ngoài ra, các phương pháp sử dụng fuzzy logic, mờ-neural cũng được đề xuất 0, 0, 0. Điểm chung của các phương pháp này đó là kế thừa được tri thức chuyên gia.

Ở Việt Nam, các hệ hỗ trợ quyết định dựa trên trí tuệ nhân tạo được phát triển trên cơ sở sử dụng tri thức chuyên gia như hệ chuyên gia, mạng neural, fuzzy logic, v.v. cũng dần được phát triển rộng rãi. Có thể thấy một số nghiên cứu về xây dựng hệ chẩn đoán lỗi cho MBA đã được công bố như ứng dụng hệ mờ 0, mạng neureal 0, hệ chuyên gia 0, hay kết hợp hệ chuyên gia, mạng neural và fuzzy logic để phát triển hệ chẩn đoán sự cố tiềm ẩn MBA 0 - 0. Tuy nhiên, việc nghiên cứu tìm kiếm các phương pháp mới hiệu quả hơn luôn là cần thiết của quá trình phát triển khoa học và công nghệ. Vì vậy, việc tìm kiếm một cấu trúc mạng neural đơn giản, hiệu quả và đáp

* Email: congnh@tmu.edu.vn

ứng được yêu cầu thực tế trong công tác thí nghiệm MBA là bài toán có tính cấp thiết và thực tiễn cao. Với mục tiêu như vậy, trong nghiên cứu này chúng tôi xây dựng hệ chẩn đoán sự cố tiềm ẩn của MBA lực bằng mạng neural dựa trên kết quả phân tích theo DGA.

CHẨN ĐOÁN SỰ CỐ MBA BẰNG PHƯƠNG PHÁP DGA

Phương pháp DGA và đặc tính sinh khí

Phân tích khí hoà tan trong dầu của máy biến áp là nhằm mục đích sớm phát hiện ra sự quá nhiệt cục bộ, sự phóng điện ở mức độ thấp v.v. Để phân tích khí hoà tan trong dầu máy biến áp sử dụng hệ thống máy phân tích gọi là TOGAS (Transformer Oil Gas Analysis System). Từ kết quả phân tích khí hoà tan trong dầu máy biến áp ta có thể chẩn đoán được các dạng hư hỏng của máy biến áp. Việc phân tích DGA khi không cần phải ngắt nguồn điện MBA hay còn gọi là phương pháp “online” hay trực tuyến. Loại phân tích này bao gồm DGA thông thường, đó là dựa trên cơ sở việc lấy mẫu dầu định kỳ và kỹ thuật hiện đại của việc giám sát khí trực tuyến.

Dưới tác dụng của điện và nhiệt, phần tử hydro–cacbon ($H-C$) của khoáng dầu có thể bị phân huỷ thành dạng hydrogen và các mảnh $H-C$, các mảnh này có thể kết hợp với nhau để tạo ra các khí là hydrogen (H_2), methane (CH_4), ethane (C_2H_6), ethylene (C_2H_4), acetylene (C_2H_2), CO và CO_2 . Lượng khí của mỗi chất khí riêng biệt phụ thuộc vào nhiệt độ ở lân cận điểm chịu tác dụng. Nhiều nhà nghiên cứu đã đề xuất các phương pháp khác nhau để dự đoán lỗi tiềm ẩn trong MBA như tỉ số Dornenberg, tỉ số Roger, phương pháp khí chính, tiêu chuẩn IEC-599.

Các lỗi tiềm ẩn của MBA

Các lỗi tiềm ẩn của MBA lực có thể được phân loại thành các dạng chính sau: hồ quang điện, vàng quang điện hay phóng điện cục bộ, quá nhiệt của xenlulo, quá nhiệt của dầu. Mức năng lượng do các sự cố này gây ra xếp theo thứ tự từ cao đến thấp như sau: hồ quang → quá nhiệt → vàng quang. Những lỗi này có thể do một hoặc nhiều nguyên nhân khác nhau được chỉ ra trong Bảng 1.

Bảng 1. Các lỗi MBA và nguyên nhân gây ra

| Nguyên nhân | Các lỗi | | | |
|---|---------------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| | Hồ quang điện | Vàng quang điện | Quá nhiệt của xenlulo | Quá nhiệt của dầu |
| Ngắn mạch vòng dây | x | | x | |
| Hở mạch vòng dây | x | | x | |
| Sự hở mạch của LTC có sẵn | x | | | |
| Biến dạng hoặc xô lệch cuộn dây | | x | x | |
| Biến dạng hoặc xô lệch thanh cái | | x | x | |
| Xiết ống nối ko chặt, đầu ren, băng đầu cuối | x | x | x | |
| Nước tự do hoặc độ ẩm quá giới hạn trong dầu | x | | | |
| Mảnh kim loại nhỏ nổi trong dầu | x | x | | |
| Lông kết nối với tấm chắn vàng quang điện | | x | | |
| Lông mặt bích, miếng đệm, lõi tiếp địa, lõi định vị góc (thanh nối) | | x | | |
| Đứt gãy máng | | | x | |
| Quá tải | | | x | |
| Hỏng đai ốc cách ly | | | | x |
| Rỉ trục hoặc hỏng trục | | | | x |
| Hỏng nhánh song song của thùng chứa | | | | x |
| Kẹt đường tuần hoàn dầu | | | | x |
| Lỗi hệ thống làm mát | | | | x |

Phương pháp tỉ lệ trong DGA

Các phương pháp tỉ lệ theo chuẩn IEC-599 sử dụng tỉ lệ khí hoà tan là cơ sở chính của việc chẩn đoán lỗi. 5 hệ số tỉ lệ mang tính truyền thống được sử dụng như Bảng 2. Nồng độ giới hạn của các khí ở trạng thái làm việc bình thường của MBA được cho trong bảng 3. Khi vượt quá giới hạn bình thường, tuỳ vào mức độ mà MBA ở những trạng thái sự cố với mức độ nghiêm trọng khác nhau.

Bảng 2. Định nghĩa tỉ lệ các thành phần phi

| Tỉ số | $\frac{CH_4}{H_2}$ | $\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$ | $\frac{C_2H_2}{CH_4}$ | $\frac{C_2H_6}{C_2H_2}$ | $\frac{C_2H_6}{C_2H_4}$ |
|---------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Ký hiệu | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |

Bảng 3. Giới hạn nồng độ các khí hoà tan

| Khí | H_2 | CH_4 | CO | C_2H_2 | C_2H_4 | C_2H_6 |
|----------------|-------|--------|------|----------|----------|----------|
| Giới hạn (ppm) | 100 | 120 | 350 | 35 | 50 | 65 |

Trong những phương pháp tỉ lệ khác nhau thì số các hệ số được sử dụng là khác nhau. Phương pháp tỉ lệ Dornenburg phân biệt giữa lỗi nhiệt và lỗi điện bằng cách sử dụng 4 hệ số tỉ lệ như trong Bảng 4.

Bảng 4. Phương pháp hệ số tỉ lệ Dornenburg

| Lỗi | R1 | R2 | R3 | R4 |
|------------------------------------|---------------|----------------|-------|-------|
| Phân huỷ do nhiệt | > 0.1 | < 0.75 | < 0.3 | > 0.4 |
| Vàng quang điện (PD cường độ thấp) | < 0.1 | Không xác định | < 0.3 | > 0.4 |
| Hồ quang (PD cường độ cao) | > 0.1 và <1.0 | > 0.75 | > 0.3 | < 0.4 |

Phương pháp tỉ lệ Rogers gốc cũng dùng 5 khí và 4 tỉ lệ R1, R2, R3 như trên nhưng $R4 = \frac{C_2H_6}{CH_4}$. Một cải tiến của phương pháp Rogers là chỉ dùng 3 tỉ lệ R1, R2 và R3. Ngoài ra, cũng có thể sử dụng phương pháp tỉ lệ theo tiêu chuẩn IEC-599 khi chỉ sử dụng với 3 tỉ số được cho như trên bảng 5.

Bảng 5. Tỉ lệ các thành phần khí và các lỗi tương ứng theo IEC-60599 (2015)

| Lỗi | R1 ($\frac{CH_4}{H_2}$) | R2 ($\frac{C_2H_2}{C_2H_4}$) | R5 ($\frac{C_2H_4}{C_2H_6}$) |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Bình thường | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 |
| Phóng điện từng phần | < 0.1 | NS ^(a) | < 0.2 |
| Phóng điện năng lượng thấp | 0.1 – 0.5 | > 0.1 | > 1 |
| Phóng điện năng lượng cao | 0.1 – 1 | 0.6 – 2.5 | > 2 |
| t < 300 °C | > 1, NS ^(a) | NS ^(a) | < 1 |
| Quá nhiệt | 300 °C < t < 700 °C | > 1 | < 0.1 |
| t > 700 °C | > 1 | < 0.2 ^(b) | > 4 |

Ghi chú:

- (a) NS: Non-Significant whatever the value – không quan trọng dù là giá trị nào
- (b) Nếu C_2H_2 tăng mạnh thì có thể quá nhiệt t > 1000 °C.

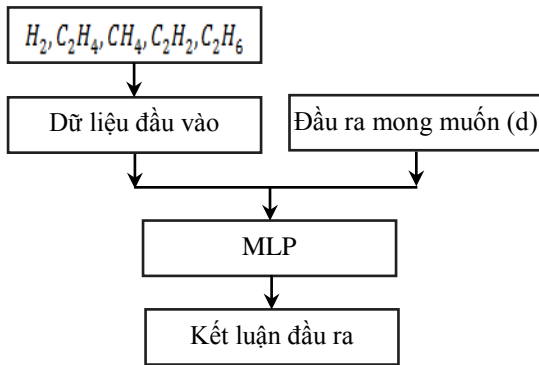
CHẨN ĐOÁN SỰ CỐ MBA BẰNG MẠNG NEURAL KẾT HỢP DGA

Lựa chọn cấu trúc mạng

Đối với phương pháp tỉ lệ theo chuẩn IEC-599 thì mỗi một lỗi tiềm ẩn của MBA có thể tương ứng với nhiều bộ giá trị khác nhau. Chẳng hạn, với lỗi “Phóng điện năng lượng cao” tương ứng giá trị $R2 > 0.6$. Có thể giá trị thực tế đo được $R2 = 0.8$ hoặc thậm chí $R2 = 2.5$, v.v. Như vậy cho thấy với mỗi một lỗi cụ thể, giá trị các chất khí đo được có thể nằm trong một miền con giá trị. Điều này làm tăng tính phi tuyến đối với mỗi quan hệ vào – ra của mạng neural xây dựng.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi lựa chọn mạng MLP để xây dựng bộ chẩn đoán lỗi tiềm ẩn cho MBA.

Bài toán chẩn đoán lỗi MBA giống như bài toán ánh xạ phi tuyến phức tạp cao vì cả đầu vào và ra là dạng đa biến và không có mối quan hệ tuyến tính nào đã biết. Tuy nhiên với một mạng MLP 3 lớp (1 lớp ẩn) đã được chứng minh là có khả năng xấp xỉ hoá các hàm phi tuyến thỏa mãn một số điều kiện nhất định. Hơn nữa, các mạng MLP có thuật toán huấn luyện lan truyền ngược có giám sát sai số đã được ứng dụng một cách thành công để giải quyết các bài toán khó khăn và biến đổi khác nhau. Điều đó cho thấy MLP có thể đáp ứng các yêu cầu đặt ra.



Hình 1. Sơ đồ khối của hệ chẩn đoán sử dụng mạng MLP

Hình 1 chỉ ra sơ đồ khối của mạng MLP cho chẩn đoán lỗi tiềm ẩn của MBA. Với cấu trúc MLP có 5 đầu vào tương ứng với 5 thành phần khí H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , và C_2H_2 . Trong nghiên cứu này, chúng tôi chỉ giới hạn chẩn đoán với các lỗi được chỉ ra như trong Bảng 5. Ở lớp đầu ra, có thể có hai phương án là dùng 1 đầu ra hoặc 3 đầu ra. Chúng tôi nhận thấy sử dụng mạng có 3 đầu ra thì việc chẩn đoán lỗi là thuận tiện hơn cả. Với 3 nút ở lớp đầu ra, chúng sẽ đại diện cho các điều kiện “bình thường”, “quá nhiệt” và “phóng điện”. Số lớp ẩn được chọn là 1. Cấu trúc mạng sẽ là 5-M-3, tương ứng 5 neural trong lớp đầu vào, M neural lớp ẩn, 3 neural lớp ra.

Huấn luyện mạng

Trong nghiên cứu này, chúng tôi huấn luyện mạng theo thuật toán lan truyền ngược. Thuật toán được thực hiện với các lựa chọn như sau:

- Tổng neural đơn:

$$s_j = \sum_{i=1}^n \omega_{ji} x_i \tag{1}$$

- Hàm kích hoạt (activation functions) sigmoid:

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-s_j}} \tag{2}$$

- Quy tắc delta:

$$\Delta\omega_{ji}(kT) = \eta \delta_j x_i \tag{3}$$

- Hàm trọng lượng mới:

$$\Delta\omega_{ji}(kT) = \Delta\omega_{ji}(k-1)T + \Delta\omega_{ji}(kT) \tag{4}$$

- Lớp đầu ra:

$$\delta_j = y_j(1 - y_j)(d_j - y_j) \tag{5}$$

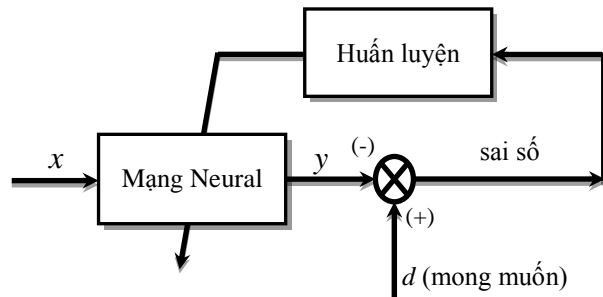
$$J = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M (d_j - y_j)^2$$

- Các lớp khác:

$$[\delta_j]_i = [y_j(1 - y_j)]_i \left[\sum_{i=1}^N \omega_{ji} \delta_i \right]_{i+1} \tag{6}$$

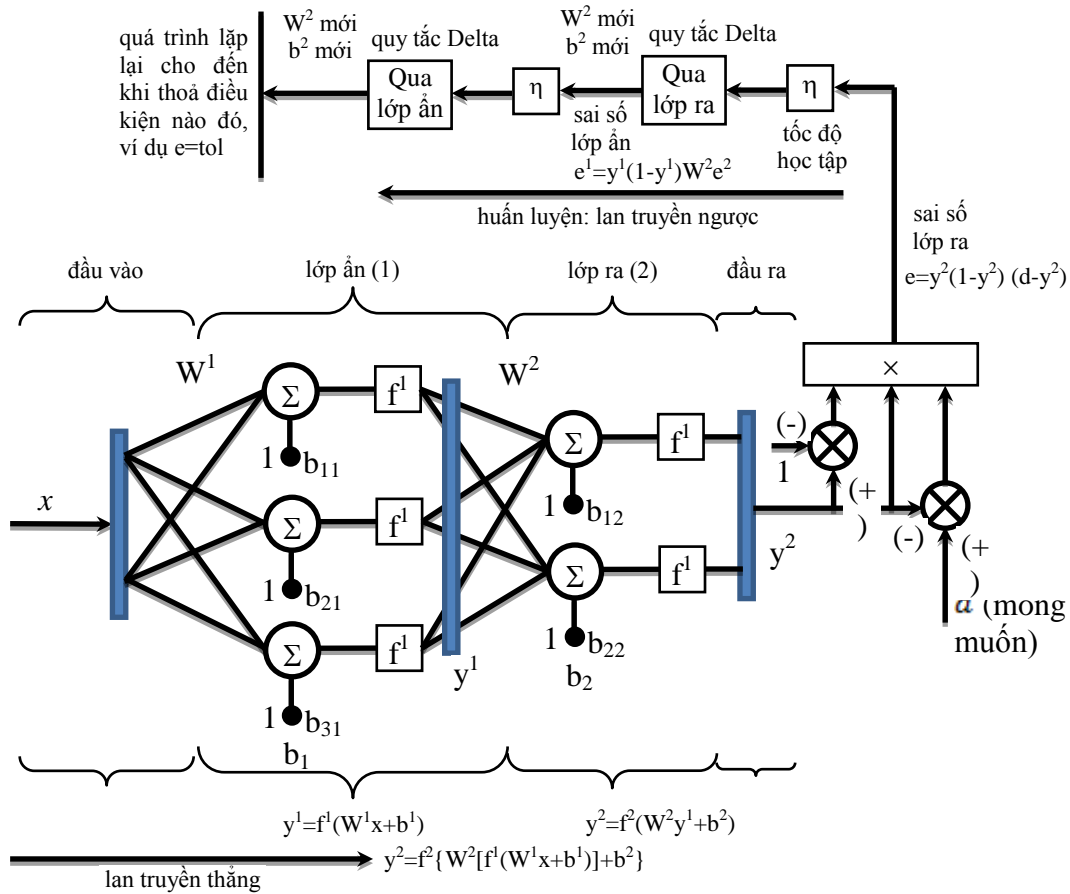
Quá trình tiếp diễn cho đến khi thỏa mãn một điều kiện nào đó.

Biểu diễn thuật toán huấn luyện theo lan truyền ngược được mô tả như trên sơ đồ khối Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ thuật toán lan truyền ngược

Mô tả chi tiết của thuật toán lan truyền ngược như trên Hình 3.



Hình 3. Thuật toán lan truyền ngược cho mạng neural

KẾT QUẢ

Thực hiện huấn luyện mạng neural với các cấu trúc 5-8-3, 5-10-3 và 5-16-3 thì thấy rằng mạng có cấu trúc 5-16-3 cho kết quả tốt nhất. Tập dữ liệu dùng cho quá trình chẩn đoán được xây dựng dựa trên việc thu thập các mẫu phiếu đo đặc và kiểm định thực nghiệm và tình trạng lỗi tương ứng của MBA trong nhiều lần chẩn đoán.

Bảng 6. Một số mẫu trong bộ dữ liệu đầu vào dùng cho luyện mạng

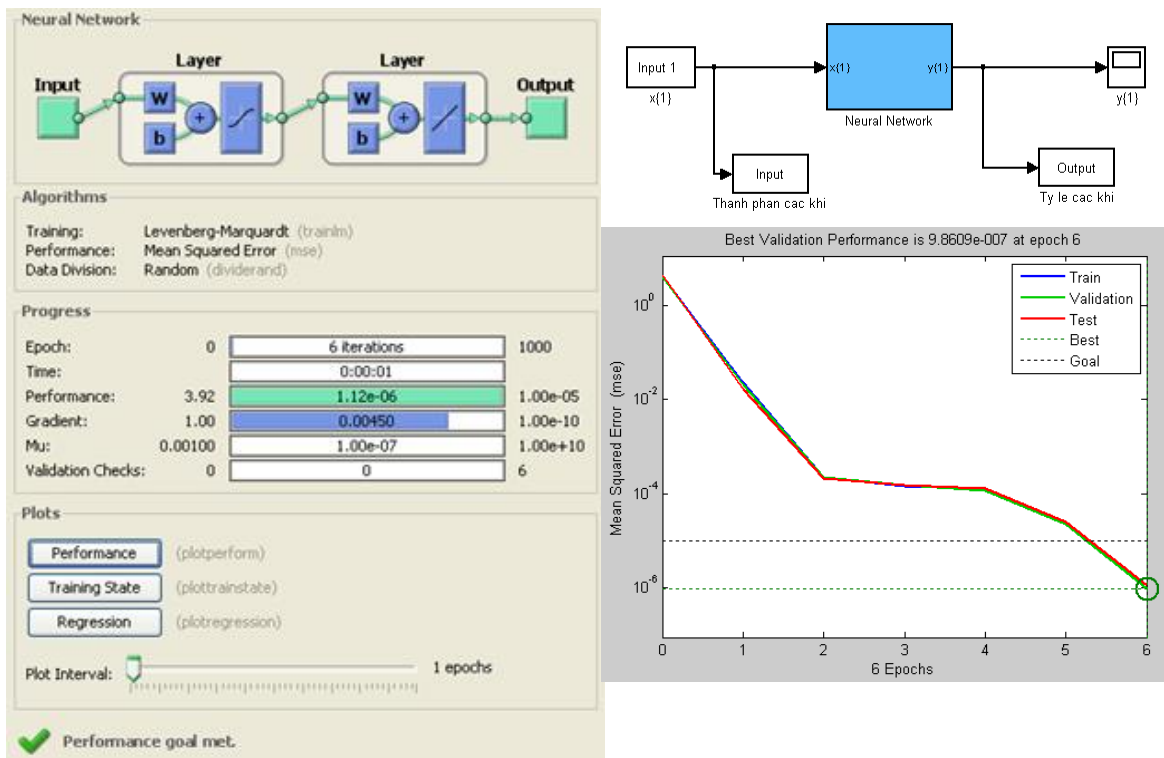
| Các thành phần khí (ppm) | | | | |
|--------------------------|----------|--------|----------|----------|
| H_2 | C_2H_4 | CH_4 | C_2H_2 | C_2H_6 |
| 2 | 4 | 40 | 3 | 10 |
| 12 | 6 | 20 | 6 | 16 |
| 12 | 60 | 20 | 26 | 10 |
| 24 | 70 | 69 | 103 | 27 |
| 34 | 40 | 69 | 203 | 30 |
| 30 | 10 | 49 | 13 | 10 |

Từ tập dữ liệu đầu vào trong Bảng 6, ta tính được các tỉ lệ R1, R2 và R5 theo Bảng 5, là luật chẩn đoán theo tiêu chuẩn IEC-60599 (2015). Kết quả như trong Bảng 7. Các tỉ lệ này chính là giá trị đầu ra mong muốn (d, Hình 1 và Hình 2). Giá trị này được sử dụng để tính toán sai số lớp ra trong quá trình luyện mạng theo thuật toán lan truyền ngược.

Bảng 7. Dữ liệu huấn luyện và các lỗi tương ứng

| Thành phần các khí đầu vào (ppm) | | | | | Các hệ số tỉ lệ | | | Chẩn đoán |
|----------------------------------|----------|--------|----------|----------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| H_2 | C_2H_4 | CH_4 | C_2H_2 | C_2H_6 | $R1 = \frac{CH_4}{H_2}$ | $R2 = \frac{C_2H_2}{C_2H_4}$ | $R5 = \frac{C_2H_4}{C_2H_2}$ | |
| 2 | 4 | 40 | 3 | 10 | 2.00 | 0.75 | 0.40 | Quá nhiệt |
| 12 | 6 | 20 | 6 | 16 | 0.50 | 1.00 | 0.38 | Phóng điện năng lượng thấp |
| 12 | 60 | 20 | 26 | 10 | 5.00 | 0.43 | 6.00 | Phóng điện năng lượng cao |
| 24 | 70 | 69 | 103 | 27 | 2.92 | 1.47 | 2.59 | Quá nhiệt |
| 34 | 40 | 69 | 203 | 30 | 1.18 | 5.08 | 1.33 | Quá nhiệt |
| 30 | 10 | 49 | 13 | 10 | 0.33 | 1.30 | 1.00 | Phóng điện năng lượng thấp |

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng Neural Network Toolbox trong Matlab để huấn luyện mạng. Thử nghiệm với các cấu trúc mạng 5-8-3, 5-10-3 và 5-16-3. Chúng tôi nhận thấy rằng với cấu trúc 5-16-3 cho kết quả chẩn đoán là chính xác nhất. Mô hình mạng 5-16-3, quá trình huấn luyện và kết quả như trên Hình 4.



Hình 4. Mô hình mạng, quá trình huấn luyện và kết quả mạng MLP có cấu trúc 5-16-3

Trong đó:

W: trọng số

b: độ dịch chuyển

Hàm kích hoạt đầu vào ‘tansig’, đầu ra ‘purelin’

Giá trị sai số mong muốn $\epsilon = 10^{-5}$

KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã ứng dụng mạng neural trong chẩn đoán sự cố tiền ẩn MBA kết hợp với phương pháp DGA, kết quả nhận được là một mô hình mạng neural MLP, trong đó sai lệch sau quá trình huấn luyện

cho kết quả khá tốt nằm trong phạm vi cho phép. Từ đó chúng ta có thể ứng dụng mạng neural trong chẩn đoán sự cố của MBA lực với các công suất khác nhau.

Từ kết quả chạy thực nghiệm với mạng neural MLP có số lớp ẩn khác nhau 5-8-3, 5-10-3 và 5-

16-3, chúng tôi nhận thấy mạng 5-16-3 có số kỷ nguyên luyện mạng và sai số là nhỏ nhất.

Qua kết quả chạy thực nghiệm, mạng neural đã chẩn đoán được những sự cố cơ bản trong MBA lực như: trạng thái “bình thường”, “quá nhiệt” hoặc “phóng điện”, v.v. và cho kết quả tốt với bất kỳ một thông số đầu vào nào của 5 chất khí.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện bởi kinh phí cấp cho đề tài KH&CN cấp Bộ có mã số B2017-TNA-32, theo hợp đồng số 32/B2017-TNA-32, năm 2017.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Viện Năng lượng Liên Xô (cũ), (1989), “Hướng dẫn chẩn đoán các hỏng hóc theo kết quả phân tích hoà tan trong dầu của MBA bằng phương pháp sắc ký khí. Dùng cho MBA lực, tự ngẫu, kháng điện 35 KV trở lên”, Mát-cơ-va.
- Tapan K. Saha (2003), “Review of modern diagnostic techniques for assessing insulation condition in aged transformers”, IEEE transactions on dielectrics and electrical insulation, vol.10, No.5, pp. 903-917.
- Zhenyaun Wang (2000), “Artificial intelligence applications in the diagnostic of power transformer incipient”, Virginia.
- Fathiah Zakaria, Dalina Johari, Ismail Musirin (2012), “Artificial Neural Network (ANN) Application in Dissolved Gas Analysis (DGA) Methods for the Detection of Incipient Faults in Oil-Filled Power Transformer”, *IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering*, pp. 23-25, Penang, Malaysia.
- N. K. DHOTE, J. B. HELONDE (2012), “Diagnosis of Power Transformer Faults based on Five Fuzzy Ratio Method”, *WSEAS TRANSACTIONS on POWER SYSTEMS*, Issue 3, Volume 7, pp. 114-125.
- Er. Niti Sharma (2012), “Power Transformer Diagnosis Using Fuzzy Logic”, *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, Vol.1, Issue 2, ISSN (Online): 2278-5299, pp. 149-151.
- R. Naresh, Veena Sharma, and Manisha Vashisth (2008), “An Integrated Neural Fuzzy Approach for Fault Diagnosis of Transformers”, *IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY*, VOL. 23, NO. 4, pp. 2017-2024.
- Quyền Huy Ánh, Đặng Mạnh Cường (2005), “Chẩn đoán sự cố máy biến áp dầu bằng hệ mờ”, *Tạp chí Phát Triển Khoa Học & Công Nghệ*, Đại học Quốc Gia Tp.HCM, Tập 8, Số 12.
- Quyền Huy Ánh, Quách Thanh Hải (2003), “Ứng dụng mạng neural trong chẩn đoán sự cố máy biến áp”, *Tạp chí Khoa Học & Công Nghệ*, Số 42+43.
- Quyền Huy Ánh, Lê Văn Bằng, Nguyễn Ngọc Phúc Diễm (2006), “Hệ chuyên gia chẩn đoán sự cố máy biến áp”, *Tạp chí phát triển KH&CN*, 9(11).
- Nguyễn Văn Lê, (2013), “Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo chẩn đoán sự cố tiềm ẩn trong máy biến áp lực - ứng dụng cho hệ thống điện Việt Nam”, Luận án Tiến Sĩ, Trường ĐH Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng.
- Đình Thành Việt, Trần Hoàng Khứ, Nguyễn Văn Lê (2005), “Hệ chuyên gia chẩn đoán sự cố tiềm ẩn trong máy biến áp lực”, *Tạp chí khoa học và công nghệ các trường Đại học Kỹ thuật*, 53, pp. 50-54.
- Đình Thành Việt, Nguyễn Văn Lê, Nguyễn Quốc Tuấn (2005), “Ứng dụng mạng neuron chẩn đoán sự cố tiềm ẩn trong máy biến áp lực”, *Tạp chí khoa học và công nghệ Đại Học Đà Nẵng*, 1(9), pp. 53-57.
- Đình Thành Việt, Nguyễn Văn Lê (2006), “Xây dựng hệ chuyên gia chẩn đoán sự cố tiềm ẩn trong máy biến áp lực bằng ngôn ngữ C++”, *Tạp chí khoa học và công nghệ các trường Đại học Kỹ thuật*, 56, pp. 14-16.
- Trần Đình Long, Đình Thành Việt, Nguyễn Văn Lê (2007), “Ứng dụng Fuzzy logic chẩn đoán sự cố tiềm ẩn trong máy biến áp lực”, *Tạp chí khoa học và công nghệ các trường Đại học Kỹ thuật*, 59, pp. 31-35.
- Đình Thành Việt, Nguyễn Văn Lê (2012), “Xây dựng hệ chuyên gia trong số chẩn đoán sự cố tiềm ẩn trong máy biến áp lực”, *Tạp chí khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 3(52), pp. 55-61.

SUMMARY

CONSTRUCT THE DIAGNOSIS SYSTEM POWER TRANSFORMER LATENT FAULTS BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND DISSOLVED GAS IN OIL ANALYSIS METHOD**Nguyen Huu Cong^{1*}, Nguyen Tien Duy², Tran Thi Thanh Thao²**¹*Thai Nguyen University,*²*University of Technology - TNU*

In this paper, the application of neural networks is proposed to construct the potential fault system of the power transformer. The neural network inputs are the ratio of the gas components generated during the transformer's work. Moreover, the output is the conclusions about its status. The diagnostic rule is based on Dornenburg's proportional method with 5 ratios as using input components. Output conclusions include "normal", "over temperature" or "discharge". Multi-layer Perceptron (MLP) network is used with 5-M-3 network structure. Through training with the number of neutrals of different hidden layers, we selected $M = 16$. This number gives the most accurate diagnostic results. Through experimentation with actual data, the results show that the diagnostic system makes credible conclusions.

Key words: *Diagnosis system, Power Transformer, Latent Faults, Artificial Neural Network*

Ngày nhận bài: 10/8/2018; Ngày phản biện: 29/8/2018; Ngày duyệt đăng: 31/8/2018

* *Email: conghn@tmu.edu.vn*