

NHẬN DẠNG SỰ CỐ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN FAULT IDENTIFICATION IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS

Quyền Huy Ánh¹, Nguyễn Phát Lợi²

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

²Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức

Ngày tòa soạn nhận được bài 9/9/2014, ngày phản biện đánh giá 7/10/2014, ngày chấp nhận đăng 15/10/2014

TÓM TẮT

Bài báo này đề xuất sử dụng mạng nơ-ron phát hiện và phân loại các dạng sự cố trên đường dây truyền tải. Tập dữ liệu được tạo bằng phần mềm PowerWorld và huấn luyện mạng bằng phần mềm Matlab. Hiệu quả nhận dạng được minh họa bằng ví dụ nhận dạng và phân loại sự cố trên hệ thống điện IEEE 9 nút, với số mẫu huấn luyện là 1280 mẫu tương ứng với các dạng sự cố. Mạng nơ-ron truyền thẳng một lớp ẩn cho độ chính xác rất cao, điều này cho thấy có khả năng thay thế hệ thống rơ le bảo vệ đường dây truyền thống bằng hệ thống nhận dạng được đề xuất.

Từ khóa: Mạng nơ-ron, đường dây truyền tải, rơ le, nhận dạng sự cố.

ABSTRACT

This paper proposed using neural networks to detect and classify the types of electrical faults on transmission lines. The data set was created by using Power World software and online training with Matlab software. Efficient identification is illustrated by example fault identification and classification of power system IEEE 9 buses, with the number of training samples is 1280 which are corresponding to the failure mode. Feed-forward neural networks in the one hidden layers with high accuracy, the result that demonstrates can replace protective relay systems in power transmission with recognition system which is proposed.

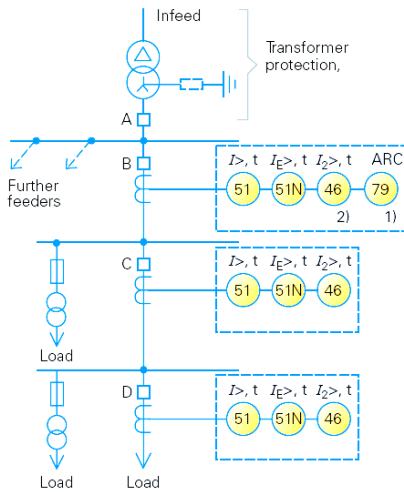
Key words: Neural network, transmission line, relay, fault identification.

I. GIỚI THIỆU

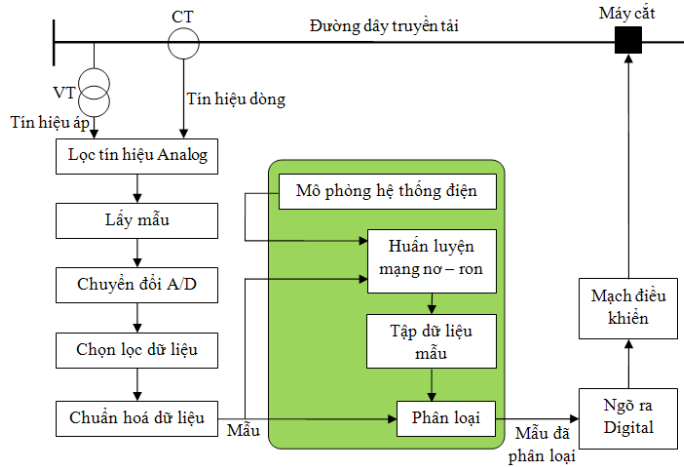
Trước đây, để phát hiện và phân loại các dạng sự cố trên đường dây truyền tải thường sử dụng các loại rơ le truyền thống như: rơ le bảo vệ quá dòng, bảo vệ khoảng cách, bảo vệ so lệch.... Mỗi rơ le có một chức năng riêng biệt, nhiều rơ le kết hợp với nhau sẽ tạo thành một hệ thống rơ le bảo vệ đủ tin cậy để bảo vệ cho hệ thống điện^[1,2]. Ưu điểm của hệ thống rơ le bảo vệ truyền thống đó là cấu tạo đơn giản, dễ lắp đặt. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành sẽ gặp khó khăn khi phối hợp giữa các rơ le với nhau để đạt hiệu quả bảo vệ tối ưu. Bên cạnh đó, một hệ thống có quá nhiều rơ le sẽ

làm giảm độ tin cậy bảo vệ khi một trong các rơ le bị sự cố. Vì vậy, cần xây dựng một hệ thống nhận dạng sự cố có cấu tạo đơn giản hơn nhưng vẫn đảm bảo tính chọn lọc và độ tin cậy vận hành cao^[3].

Bằng cách nghiên cứu các giải pháp bảo vệ đường dây bằng hệ thống rơ le bảo vệ truyền thống và các phương pháp nhận dạng mẫu, bài báo đề xuất phương pháp nhận dạng sự cố đường dây bằng mạng nơ-ron nhân tạo và hiệu quả nhận dạng được kiểm chứng bằng cách mô hình hoá mô phỏng bằng phần mềm PowerWorld và Matlab.



(a)



(b)

Hình 1. Hệ thống rơ le bảo vệ truyền thống(a) và hệ thống bảo vệ đề xuất (b).

II. THUẬT TOÁN MẠNG NƠ – RON

Zhigang Zeng đã chứng minh được rằng mạng nơ ron đa lớp (MLP) chỉ cần một lớp ẩn là đủ mô hình hoá một hàm bất kỳ [4]. Với cấu trúc đơn giản, chúng được sử dụng thường xuyên hơn so với những cấu trúc mạng khác. Có hai bước cần phải được thực hiện trước khi dữ liệu được đưa vào huấn luyện mạng, đó là tiền xử lí dữ liệu và phân chia dữ liệu thành các tập dữ liệu con.

Tiền xử lí dữ liệu hay nói cách khác là chuẩn hoá vec – tơ ngõ vào và vec – tơ mục tiêu của tập dữ liệu sẽ tránh được việc hàm truyền bị bão hoà. Dữ liệu trước khi được đưa vào huấn luyện sẽ được chia làm ba tập dữ liệu con. Tập huấn luyện dùng để tính toán độ dốc, cập nhật trọng số và độ lệch. Tập xác nhận đánh giá khả năng xấp xỉ của các mẫu và tập kiểm nghiệm kiểm tra khả năng tổng quát hoá của một mạng đã được huấn luyện.

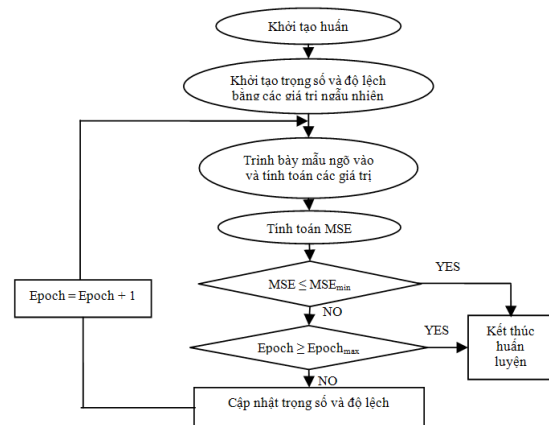
Sau khi mạng nơ – ron được khởi tạo, nó cần phải được thiết lập cấu hình trên cơ sở kiểm tra dữ liệu ngõ vào và mục tiêu, thiết lập kích cỡ ngõ vào và ngõ ra của mạng cho phù hợp với dữ liệu, và chọn các cài đặt ngõ vào và ngõ ra cho phù hợp để đạt được hiệu suất huấn luyện mạng tốt nhất.

Quá trình huấn luyện một mạng nơ – ron liên quan đến việc điều chỉnh các trọng số và độ

lệch nhằm đạt hiệu suất mạng tốt nhất. Hàm mất định được sử dụng ở đây là sai số bình phương trung bình MSE (Mean Square Error), nghĩa là sai số bình phương trung bình giữa các ngõ ra a và mục tiêu t của mạng, được định nghĩa như sau:

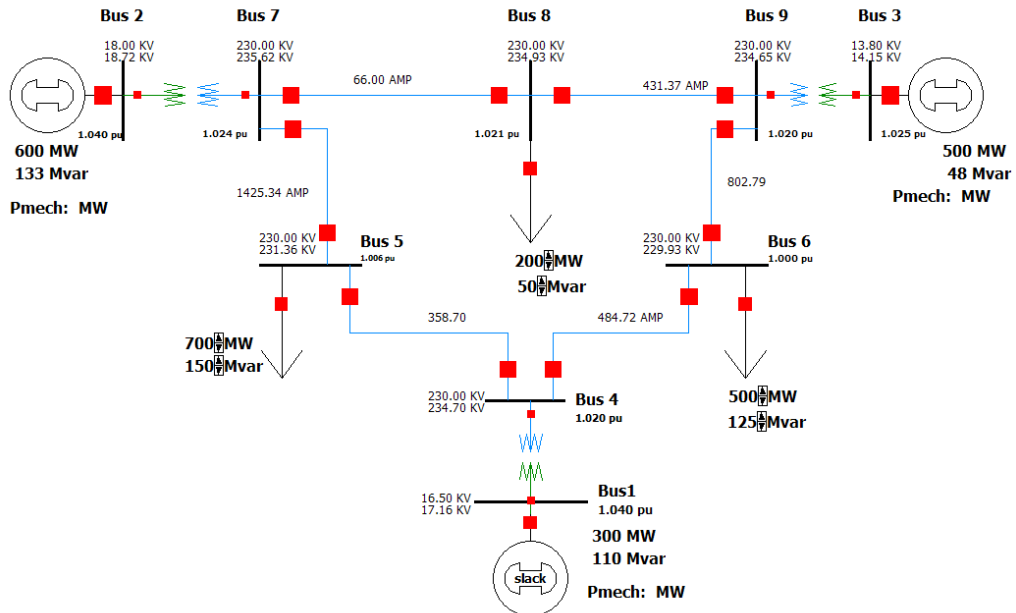
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e_i)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - a_i)^2 \quad (1)$$

Có nhiều giải thuật được sử dụng cho huấn luyện mạng nơ – ron. Nhưng đối với tập dữ liệu lớn và ứng dụng cho nhận dạng mẫu thì giải thuật Gradient liên hợp sẽ tạo ra độ hội tụ nhanh hơn, trong đó phương pháp Scaled Conjugate Gradient Backpropagation (TRAINSNG) sẽ tránh được việc yêu cầu hướng tìm ở mỗi vòng lặp, giảm được thời gian tính toán ở mỗi vòng lặp [5].



Hình 2. Lưu đồ thuật toán huấn luyện mạng đa lớp với phương pháp TRAINSNG.

III. MÔ HÌNH HOÁ HỆ THỐNG ĐIỆN VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG



Hình 3. Mô hình lưới điện khảo sát.

Sơ đồ đơn tuyến của mô hình mạng điện IEEE 9 nút được thể hiện ở Hình 3. Giữa các đường dây truyền tải, đường dây 7 – 5 có tác động lớn nhất lên hệ thống, sự cố xảy ra trên đường dây này có thể gây rã lưới. Vì vậy, ở đây chọn đường dây 7 – 5 để nghiên cứu, nhận dạng các dạng sự cố lần lượt xảy ra trên đường dây này, kết quả phân tích nhận dạng được sử dụng để đánh giá hiệu quả của thuật toán đề xuất.

Các trường hợp sự cố được xem xét bao gồm: Chế độ vận hành lưới điện bao gồm vận hành kín và vận hành hở đường dây 7 – 8. Tải hoạt động ở các mức 75%, 90%, 100% và 110%. Các sự cố ngắn mạch một pha chạm đất (AN), ngắn mạch hai pha chạm đất (ABN), ngắn mạch hai pha chạm nhau (AB), và ngắn mạch ba pha cân bằng (ABC). Vị trí xảy ra sự cố từ 5% đến 95% chiều dài đường dây với số gia là 10%. Điện trở ngắn mạch lúc sự cố là 2,5 Ohm, 5 Ohm, 10 Ohm và 20 Ohm. Kết hợp các giá trị khảo sát nêu trên, lập được tập dữ liệu có 1280 mẫu. Mỗi mẫu sẽ có 6 thông số đặc trưng bao gồm dòng điện và điện áp trên các pha, được đo thông qua các biến dòng điện và biến điện áp lắp đặt ở đầu đường dây (Bus 7).

Tập dữ liệu ngõ vào được đặt tên là *input* là một ma trận có 1280 cột ứng với 1280 mẫu và 6 hàng tương ứng với 6 thông số đặc trưng của mỗi mẫu, có cấu trúc như ở **Bảng 1**. Tập dữ liệu mục tiêu được đặt tên là *target* là một ma trận có 1280 cột tương ứng với 1280 mẫu và 4 hàng tương ứng với bốn dạng sự cố, là bốn mục tiêu để mạng nơ-ron phân loại. Cấu trúc tập dữ liệu này được trình bày như ở **Bảng 2**.

Bảng 1: Cấu trúc tập dữ liệu input

Chiều dài	Cấu trúc mạng điện và tải			
	Từ 5% đến 95% (Số gia 10%)			
Loại sự cố	AN	AB	ABC	ABN
V_A				
V_B				
V_C				
I_A				
I_B				
I_C				

Bảng 2: Cấu trúc tập dữ liệu target

Cấu trúc mạng điện và tải				
Chiều dài	Từ 5% đến 95% (Số gia 10%)			
Mẫu	AN	AB	ABC	ABN
Sự cố AN	1	0	0	0
Sự cố AB	0	1	0	0
Sự cố ABC	0	0	1	0
Sự cố ABN	0	0	0	1

Các thông số ở tập dữ liệu ngõ vào được lấy từ kết quả mô phỏng bằng phần mềm PowerWorld và được đưa vào huấn luyện mạng nơ-ron bằng phần mềm Malab. Bằng cách tăng dần số nơ-ron trong lớp ẩn của thuật toán huấn luyện mạng nơ-ron theo phương pháp Scaled Conjugate Gradient, thu được kết quả trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3: Kết quả huấn luyện mạng nơ-ron

Số nơ-ron	Độ chính xác	Gradient ^(a)	Epoch ^(b)	MSE ^(c)
10	50%	0,02950	86	0,1410
11	94,1%	0,01220	205	0,0588
12	93,4%	0,00879	149	0,0487
13	95,2%	0,00751	185	0,0372
14	78%	0,04180	61	0,0878
15	90,1%	0,04420	146	0,0630
16	78,1%	0,04730	94	0,0817
17	73,4%	0,02130	159	0,0953
18	78%	0,03670	61	0,0866
19	67,2%	0,10400	34	0,0204
20	84,5%	0,12400	73	0,0809

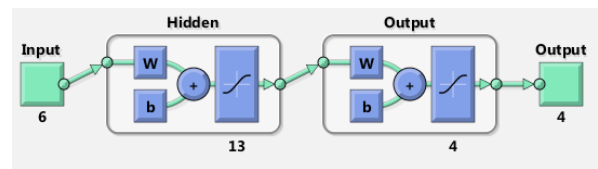
(a): Độ dốc; (b): Số lần lặp; (c): Sai số bình phương trung bình

Với số lượng 1280 mẫu dữ liệu ban đầu, thuật toán sẽ lấy ra 85% số lượng mẫu dành cho tập huấn luyện, tương ứng 1088 mẫu; 10% số

lượng mẫu dành cho tập đánh giá, tương ứng 128 mẫu và 5% số lượng mẫu dành cho tập kiểm nghiệm, tương ứng 64 mẫu.

Nhận xét:

Từ kết quả trình bày ở Bảng 3, với số ngõ vào của mạng nơ-ron là 6, số ngõ ra của mạng nơ-ron là 4, việc huấn luyện được lặp đi lặp lại nhiều lần đến khi đạt khả năng nhận dạng tối ưu. Số lượng tối ưu của các nơ-ron ẩn được tìm ra và sau đó được áp dụng là 13. Việc huấn luyện chấm dứt sau 185 lần lặp với khả năng nhận dạng chính xác của thuật toán lên đến 95,2%. Như vậy, trong bài toán nhận dạng sự cố trên đường dây 9 nút, chọn số nơ-ron trong lớp ẩn là 13.



Hình 4. Cấu trúc mạng nơ-ron được lựa chọn



Hình 5. Khả năng nhận dạng của mạng nơ-ron với 13 nơ-ron trong lớp ẩn.

Hình 5(a) cho thấy trong số 1088 mẫu được

lấy ngẫu nhiên, thì có 270 mẫu là dạng sự cố một pha chạm đất, 270 mẫu là dạng sự cố ngắn mạch hai pha, 274 mẫu là dạng sự cố ngắn mạch ba pha và 274 mẫu là dạng sự cố hai pha chạm đất. Trong đó dạng sự cố một pha chạm đất nhận dạng chính xác được 262 mẫu, sự cố ngắn mạch hai pha nhận dạng chính xác được 232 mẫu, sự cố ngắn mạch ba pha nhận dạng chính xác được 266 mẫu và sự cố hai pha chạm đất được nhận dạng với độ chính xác tuyệt đối.

Tập đánh giá với 128 mẫu được lấy ngẫu nhiên, trong đó có 38 mẫu là dạng sự cố một pha chạm đất, 29 mẫu là dạng sự cố ngắn mạch hai pha, 30 mẫu là dạng sự cố ngắn mạch ba pha và 31 mẫu là dạng sự cố hai pha chạm đất. Với kết quả đánh giá được mô tả ở Hình 5(b) cho thấy thuật toán nhận dạng chính xác được 36 mẫu sự cố một pha chạm đất, 28 mẫu sự cố ngắn mạch hai pha, 28 mẫu sự cố ngắn mạch ba pha và 31 mẫu sự cố hai pha chạm đất.

Trong số 64 mẫu được lấy ngẫu nhiên để kiểm chứng thuật toán nhận dạng sau khi huấn luyện, có 12 mẫu là dạng sự cố một pha chạm đất, 21 mẫu là dạng sự cố ngắn mạch hai pha, 16 mẫu là dạng sự cố ngắn mạch ba pha và 15 mẫu là dạng sự cố hai pha chạm đất. Kết quả ở Hình 5(c) cho thấy 64 mẫu trên được nhận dạng với độ chính xác cao.

Hình 5(d) cho thấy trong số 1280 mẫu được đưa vào huấn luyện, thuật toán nhận dạng được chính xác 1218 mẫu.

IV. KẾT LUẬN

Phương pháp nhận dạng sự cố trên đường dây bằng mạng nơ – ron cho độ chính xác khá cao, mở ra khả năng thay thế cho hệ thống rơ le bảo vệ hiện tại.

Với số nơ – ron trong lớp ẩn là 13 thì độ chính xác nhận dạng của thuật toán cho đường dây 7 – 5 của mạng điện IEEE 9 nút đạt 95,2%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Stanley H. Horowitz, *Power System Relaying*, Wiley 2008.
- [2]. Vladimir Gurevich, *Digital Protective Relays*, CRC 2011.
- [3]. Slavko Vasilic, B.S., University of Belgrade, Serbia , *Fuzzy Neural Network Pattern Recognition Algorithm for Classification of the Events in Power System Networks*, May 2004.
- [4]. Zhigang Zeng, *Advances in Neural Network Research and Applications*, Springer 2010.
- [5]. Jengnan Juang, *Intelligent Technologies and Engineering Systems*, Springer 2013.