

# THIẾT KẾ BỘ ỔN ĐỊNH HAI NGÕ VÀO CHO HỆ THỐNG ĐIỆN NHIỀU MÁY BẰNG MẠNG NEURAL TRUYỀN THẮNG CÓ DELAY NGÕ VÀO

## DESIGN DUAL INPUT POWER SYSTEM STABILIZER FOR A MULTI-MACHINE SYSTEM BASED ON FOCUSED- TIME- DELAY NEURAL NETWORK

Quyền Huy Ánh, Nguyễn Ngọc Âu, Nguyễn Vũ Phương Thảo  
Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh

### TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kỹ thuật thiết kế bộ ổn định hệ thống điện điều chỉnh theo thời gian thực dùng mạng nơron truyền thẳng có delay ngõ vào với giải thuật lan truyền ngược sai số (FTDNN-PSS). Bộ FTDNN-PSS được mô phỏng trên một hệ thống điện nhiều máy phát. Mô phỏng và đánh giá ổn định hệ thống dùng bộ FTDNN-PSS đề xuất trong các trường hợp sự cố ngắn mạch ba pha, tăng giảm phụ tải trên diện rộng, đáp ứng của hệ thống nhiều máy sử dụng bộ FTDNN-PSS so sánh với bộ PSS Kundur [1]. Kết quả mô phỏng cho thấy đặc tính của bộ FTDNN-PSS trong hệ nhiều máy trong điều kiện thay đổi phụ tải trên diện rộng, hệ thống trở lại vị trí ổn định hiện hành hay tại một điểm cân bằng mới hiệu quả, thời gian đáp ứng nhanh hơn, dải vận hành rộng hơn.

### ABSTRACT

In this paper, a novel technique for real-time tuning of the parameters of the dual input power system stabilizers (FTDNN-PSS) updated by error BP method in a multi machine system using Focused- Time- Delay Neural Network is presented. To simulate and evaluate the performance of Dual input FTDNN-PSS under wide variations in loading conditions such as three phase short-circuit on transmission line; light loading conditions; heavy loading conditions, the system response is compared with these cases where there is conventional power system stabilizer (PSS Kundur). Simulation results demonstrate the effectiveness and robustness of dual input FTDNN-PSS in a multi-machine system, ensuring that generators quickly remain stable at a new position with better and faster damping and larger operating conditions.

**Từ khóa:** Mạng nơron, Bộ ổn định HTĐ.

**Keywords:** Neural network, Power system stabilizer.

## I. GIỚI THIỆU

Ổn định hệ thống điện bao gồm ổn định góc lệch rotor, ổn định tần số và ổn định điện áp liên quan mật thiết với nhau [1, 2].

Bộ ổn định PSS Kundur với một tín hiệu ngõ vào là độ lệch tốc độ ( $\dot{w}$ ) đã được sử dụng rộng rãi nhằm cung cấp tín hiệu ổn định bổ sung vào hệ thống kích từ máy phát để xóa bỏ dao động điện cơ và nâng cao sự ổn định toàn cục của hệ thống; cung cấp một moment cản dương trong pha để xóa bỏ ảnh hưởng của moment cản âm của hệ thống.

Với các thông số cố định, bộ PSS Kundur không thể cung cấp đường đặc tính tối ưu cho tất cả các điểm vận hành khác nhau; vì hệ thống có thể thay đổi theo thời gian và các thông số của bộ PSS Kundur phải được phục hồi lại để nó có thể tiếp tục cung cấp các đường đặc tính mong muốn. Ứng dụng các bộ PSS này trong một hệ thống nhiều máy phát gây ra nhiều sự phức tạp khi tổng hợp các thông số của bộ PSS; các thông số này được tối ưu hóa bằng cách sử dụng một mô hình động tuyến tính đạt được do tuyến tính hóa mô hình phi tuyến xoay quanh một điều kiện vận hành cố định ban đầu, thường không cung cấp kết quả thỏa đáng trên diện rộng của điều kiện vận hành [1,2].

Bộ FTDNN-PSS hai ngõ vào ( $\dot{w}$  và  $dPa$ ), được đề xuất thay thế cho bộ PSS Kundur một ngõ vào ( $\dot{w}$ ). Bộ FTDNN-PSS điều chỉnh theo thời gian thực sử dụng mạng nơron truyền thẳng có delay ngõ vào với giải thuật lan truyền ngược sai số. Ưu thế của mạng nơron là khả năng tổng hợp, tính toán tốc độ và năng lực học cao, chúng đã được ứng dụng thành công để nhận dạng và điều khiển hệ thống phi tuyến.

Kết quả mô phỏng trong các trường hợp sự cố ngắn mạch ba pha, tăng giảm phụ tải trên diện rộng, vừa tăng giảm phụ tải hai khu vực

có xét đến ngắn mạch ba pha trên đường dây cho thấy bộ FTDNN-PSS thay thế cho PSS Kundur góp phần cải thiện ổn định động với thời gian đáp ứng nhanh hơn cùng sự dập tắt dao động liên vùng hiệu quả.

## II. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

### 1. Các tiêu chuẩn ổn định hệ thống điện

#### 1.1. Các tiêu chuẩn ổn định tĩnh

##### Tiêu chuẩn năng lượng:

Tiêu chuẩn năng lượng về ổn định hệ được mô tả qua bất đẳng thức sau:

$$\frac{\Delta W}{\Delta \Pi} < 0 \quad (2.1)$$

Với:

$\Delta \Pi$  - gia số thông số

$\Delta W$  - năng lượng dư

$$\Delta W = \Delta W_F - \Delta W_t$$

$\Delta W_F, \Delta W_t$ : số gia năng lượng phát và tiêu tán.

Một hệ ở chế độ xác lập khi có sự cân bằng giữa năng lượng phát và tiêu thụ. Hệ sẽ không ổn định xảy ra khi năng lượng phát lớn hơn năng lượng tiêu tán.

##### Phương pháp dao động bé

Một hệ thống động thường được mô tả bởi hệ phương trình vi phân sau:

$$\dot{x} = f(x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_r, t) \quad (2.2)$$

Lời giải của phương trình này là:

$$\Delta x_i(t) = \phi_{i1} c_1 e^{\lambda_1 t} + \dots + \phi_{in} c_n e^{\lambda_n t} \quad (2.3)$$

$$\text{Với: } A\phi_i = \lambda_i \phi_i; \phi_i A = \phi_i \lambda_i; c_i = \phi_i \Delta x(0) \quad (2.4)$$

##### Quan hệ giữa nghiệm phương trình đặc trưng và ổn định:

- Nghiệm là thực dương: hệ mất ổn định

phi chu kỳ.

- Nghiệm là phức và có phần thực dương: hệ sẽ mất ổn định dao động.

### 1.2 Các tiêu chuẩn ổn định động

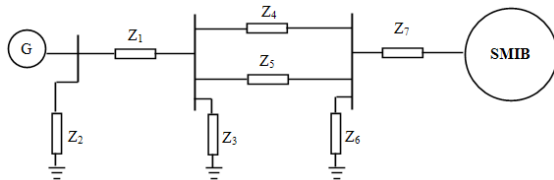
**Tiêu chuẩn diện tích:** “Hệ thống sẽ ổn định nếu tồn tại một góc  $\delta$  để đó diện tích dưới Pa giảm tới không, nghĩa là tại đó năng lượng tích lũy trong quá trình tăng tốc đã tiêu tán hết (diện tích tăng tốc bằng diện tích hãm tốc)”.

**Tiêu chuẩn năng lượng:** “Nếu trong suốt quá trình chịu tác động nhiễu, năng lượng của hệ nhỏ hơn năng lượng giới hạn  $V(\delta, \omega) < V_c(\delta, 0)$  thì hệ ổn định”.

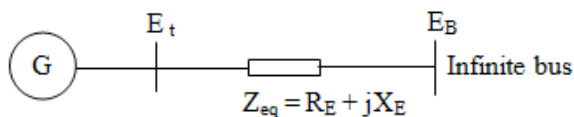
## 2. Phương án đề xuất

### 2.1. Ổn định tín hiệu nhỏ cho hệ một máy phát làm việc với thanh cái vô hạn

(SMIB):



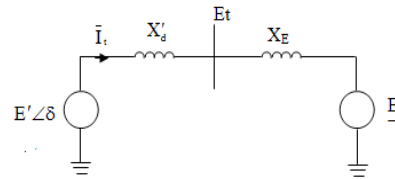
Hình 1. Hệ một máy phát nối với hệ thống (SMIB).



Hình 2. Sơ đồ Thevenin tương đương của hệ SMIB.

Khi máy phát làm việc với hệ thống công suất vô cùng lớn thì điện áp đầu cực máy phát không thay đổi. Ở mỗi điểm làm việc, biên độ điện áp của  $E_B$  luôn giữ là hằng số khi máy phát bị kích thích nhỏ nhưng khi trạng thái xác lập của hệ thống thay đổi, biên độ điện áp  $E_B$  có thể thay đổi theo.

### Mô hình thay thế máy phát:



Hình 3. Mô hình máy phát làm việc với hệ thống SMIB.

Phương trình chuyển động của máy phát trong hệ đơn vị tương đối:

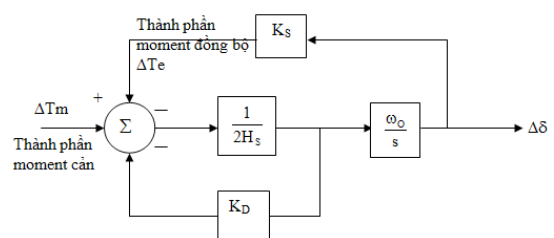
$$s\Delta\omega_r = \frac{1}{2H}(T_m - T_e - K_D \cdot \Delta\omega_r)$$

$$\Delta\delta = \omega_0 \Delta\omega_r \quad (2.5)$$

Phương trình trạng thái mô tả hệ thống SMIB:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Delta\omega_r \\ \Delta\delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -K_D & -K_S \\ \omega_0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\omega_r \\ \Delta\delta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \Delta T_m \quad (2.6)$$

Phương trình (2.6) có dạng  $\dot{x} = Ax + Bu$  (2.7)



Hình 4. Sơ đồ khối khảo sát máy phát dùng cho đáp ứng nhiễu nhỏ.

Từ Hình 4, phương trình đặc trưng dạng:

$$s^2 + \frac{K_D}{2H}s + \frac{K_S}{2H}\omega_0 = 0 \quad (\Delta T_m = 0) \quad (2.8)$$

Đây là khâu dao động bậc hai dạng:

$$s^2 + 2\zeta \omega_n s + \omega_n^2 = 0 \quad (2.9)$$

Với:  $\omega_n$  là tần số dao động tự

$$\omega_n = \sqrt{K_D \frac{\omega_o}{2H}} \quad (2.10)$$

$\xi$  là hệ số tắt dần:

$$\xi = \frac{1}{2} \frac{K_D}{2H\omega_n} = \frac{1}{2} \frac{K_D}{\sqrt{K_S} 2H\omega_n} \quad (2.11)$$

Như vậy, khi máy phát bị kích thích bằng các tín hiệu nhiễu nhỏ sẽ xảy ra khâu dao động bậc hai tắt dần và cả hai thông số của máy phát là  $\Delta\omega_r$  và  $\Delta\delta$  đều tham gia vào chế độ dao động này.

**2.2. Ảnh hưởng động học của mạch kích từ trong khảo sát ổn định tín hiệu nhiễu nhỏ:**

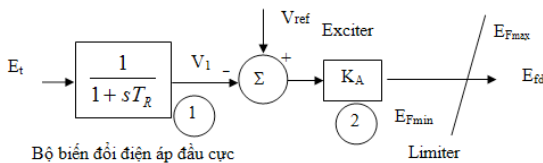
Tín hiệu điều khiển đầu vào bộ kích từ là điện áp đầu cực máy phát  $E_t$  [3], vì  $E_t$  không là biến trạng thái nên  $E_t$  được mô tả theo các biến trạng thái  $\Delta\omega_r, \Delta\delta$  và  $\Delta\psi_{fd}$ .  $E_t$  có thể viết trong hệ tọa độ d\_q dưới dạng:

$$\vec{E}_t = e_d + j\dot{e}_q \Rightarrow E_t^2 = e_d^2 + e_q^2 \quad (2.12)$$

Trong khảo sát nhiễu nhỏ:

$$(E_{t0} + \Delta E_t)^2 = (e_{d0} + \Delta e_d)^2 + (e_{q0} + \Delta e_q)^2 \quad (2.13)$$

$$\Delta E_t = K_5 \Delta\delta + K_6 \Delta\psi_{fd} \quad (2.14)$$



Hình 5. Mô hình hệ thống kích từ khảo sát ổn định nhiễu nhỏ.

Phương trình động học của mạch kích từ:

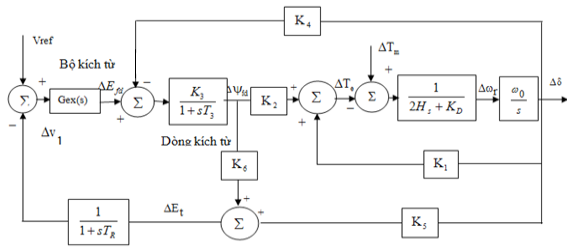
$$s\psi_{fd} = \omega_o(e_{fd} - R_{fd} i_{fd}) = \frac{\omega_o R_{fd}}{L_{adu}} E_{fd} - \omega_o R_{fd} i_{fd} \quad (2.15)$$

Phương trình trạng thái mô tả hệ một máy:

$$\begin{bmatrix} \Delta\dot{\omega}_r \\ \Delta\dot{\delta} \\ \Delta\dot{\psi}_{fd} \\ \Delta\dot{v}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & 0 \\ a_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_3 & a_3 & a_4 \\ 0 & a_4 & a_3 & a_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\omega_r \\ \Delta\delta \\ \Delta\psi_{fd} \\ \Delta v_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \Delta T_m \quad (2.16)$$

$\Delta T_m$  và  $\Delta E_{fd}$  phụ thuộc vào công suất cơ đầu vào và điều chỉnh kích từ.

Nếu  $P_e = \text{constant}$  thì  $\Delta T_m = 0$  và điện áp đầu ra bộ kích từ không đổi thì  $\Delta E_{fd} = 0$ .



Hình 6. Mô hình chi tiết hệ thống kích từ khảo sát ổn định nhiễu nhỏ.

Khi có AVR, sự thay đổi từ thông kích từ gây ra bởi sự thay đổi điện áp kích từ, ngoài ra còn gây ra bởi phản ứng phần ứng. Từ sơ đồ khối Hình 2.6, hàm truyền có dạng:

$$\Delta\psi_{fd} = \frac{-K_3 [K_4 (1 + F_R) + K_5 G_x(s)]}{s^2 T_3 T_R + s(T_3 + T_R) + 1 + K_3 K_6 G_x(s)} \Delta\delta \quad (2.17)$$

Bộ AVR đáp ứng nhanh rất có lợi nhằm tăng moment đồng bộ nhưng lại tạo ra dao động tắt dần âm tùy thuộc vào các hằng số  $K_5, K_6$ .

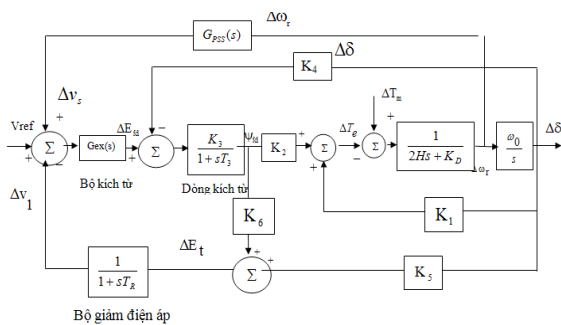
$$\Delta E_t = K_5 \Delta\delta + K_6 \Delta\psi_{fd} \quad (2.18)$$

Một cách hiệu quả nhất để ổn định hệ thống đó là đưa thêm bộ PSS vào mạch kích từ.

### 2.3. Bộ ổn định hệ thống điện (PSS-Kundur)

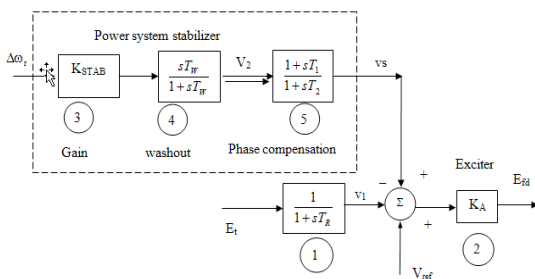
Chức năng cơ bản của bộ PSS (Kundur) là dập tắt dao động rotor bằng cách điều khiển tín hiệu kích từ phụ.

Tín hiệu điều khiển bộ ổn định là độ lệch tốc độ rotor  $\Delta\omega_r$ . Bộ PSS (Kundur) tạo ra vừa đủ moment cản để bù moment cản âm do ảnh hưởng của AVR. Khi khuếch đại của PSS (Kundur) tăng thêm, độ lớn moment cản tăng. Nếu mạch sớm pha bù quá (góc pha bù lớn hơn góc chậm pha giữa  $\Delta T_e$  và  $\Delta v_s$ ), ngoài thành phần moment cản, bộ PSS (Kundur) còn tạo ra thành phần moment đồng bộ âm.



Hình 7. Sơ đồ khối với AVR và PSS.

Khi bù thiếu, bộ PSS (Kundur) sẽ tạo ra thêm thành phần moment đồng bộ dương. Thông thường, bộ PSS (Kundur) cần dập tắt dao động rotor trong một dãy tần số càng rộng càng tốt.



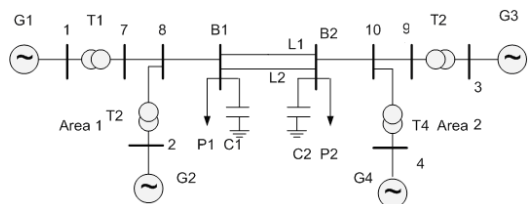
Hình 8. Bộ ổn định HTĐ phổ biến (bộ PSS Kundur).

Mô hình không gian trạng thái đầy đủ (với công suất đầu vào  $\Delta T_m = 0$ ):

$$\begin{bmatrix} \dot{\Delta\omega_r} \\ \dot{\Delta\delta} \\ \dot{\Delta\psi_d} \\ \dot{\Delta v_1} \\ \dot{\Delta v_2} \\ \dot{\Delta v_s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & 0 & 0 & 0 \\ a_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_3 & a_3 & a_3 & 0 & a_6 \\ 0 & a_2 & a_3 & a_4 & 0 & 0 \\ a_3 & a_3 & a_3 & 0 & a_5 & 0 \\ a_6 & a_6 & a_6 & 0 & a_6 & a_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\omega_r \\ \Delta\delta \\ \Delta\psi_d \\ \Delta v_1 \\ \Delta v_2 \\ \Delta v_s \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

### III. MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐIỆN

Mô hình HTĐ dùng để khảo sát ổn định khi sử dụng bộ FTDNN-PSS được mô tả như Hình 3.1:

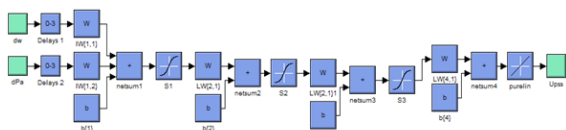


Hình 9. HTĐ gồm 2 khu vực, 4 máy phát điện.

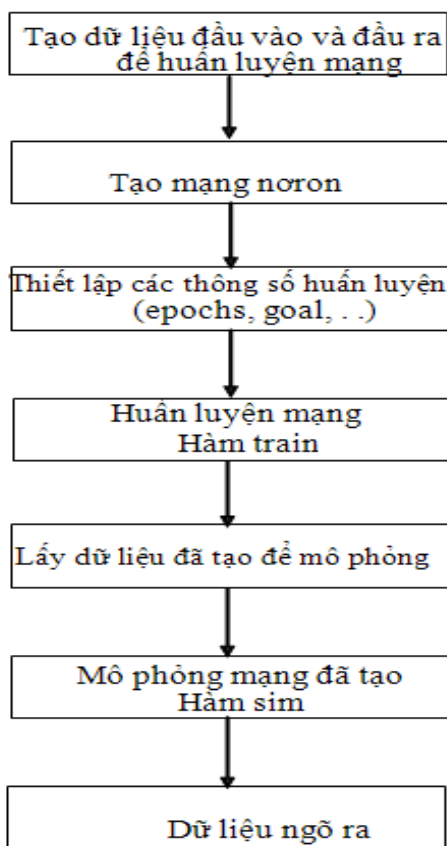
Hệ thống thử nghiệm dùng để nghiên cứu và đánh giá hiệu quả của bộ FTDNN-PSS hai ngõ vào gồm có hai hệ thống hoàn toàn đối xứng được liên kết với nhau bằng các đường dây truyền tải (có cấp điện áp 230kV) giao nhau ở giữa đường dây. Hệ thống 1 (Area 1) và hệ thống 2 (Area 2) liên kết với nhau qua đường dây mạch kép L1 và L2, có chiều dài mạch kép 220km, đường dây mạch kép được nối vào thanh cái B1 và thanh cái B2. Mỗi HTĐ có các phụ tải được gắn tại thanh cái B1, B2 và tụ bù mắc tại mỗi thanh cái để cải thiện điện áp tại đầu cực các máy phát. Mô hình trên đã được xây dựng trên hộp công cụ Power System Blockset trong Simulink của phần mềm Matlab.

#### IV. BỘ ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐIỆN MẠNG NEURAL: FTDNN-PSS

Chọn hai tín hiệu độ lệch tốc độ máy phát (dw) và độ lệch công suất tăng tốc (dPa) của máy phát để làm tín hiệu ngõ vào cho mạng nơron truyền thẳng có delay ngõ vào, giải thuật huấn luyện lan truyền ngược sai số BP [3, 4, 5, 6] tạo ra bộ FTDNN-PSS ổn định hệ thống điện khi xảy ra các sự cố làm mất ổn định.



Hình 10. Mạng nơron truyền thẳng có delay ngõ vào.



Lưu đồ giải thuật thực hiện mô phỏng huấn luyện tạo khối điều khiển FTDNN-PSS.

Bước 1 là bước rất quan trọng, nó quyết định tính chính xác của mạng nơron. Phải tạo dữ liệu nguồn X và đích T sao cho chúng mô tả được các mẫu đặc trưng, khi có sự cố xảy ra cần tạo tín hiệu ổn định. Để đạt được điều đó, bài báo này chọn giải pháp mô phỏng điều khiển ổn định hệ thống theo bộ điều khiển PSS của Kundur [1]. Bước 2 tạo cấu hình của các mạng nơron số ngõ vào, ngõ ra và khởi tạo mạng được thực hiện. Bước 3, cung cấp các thông số trong quá trình huấn luyện, giá trị sai số mà ta muốn mạng nơron đạt được khi học tập, số vòng lặp huấn luyện mạng. Bước 4 với mỗi bộ thông số của mạng được cho ở trên, mạng nơron được huấn luyện với tập dữ liệu nguồn và đích được tạo ra ở Bước 1. Bước 5, dữ liệu của mạng chưa đạt phải quay về Bước 1. Các kết quả mô phỏng có được thông qua ở Bước 6 và 7.

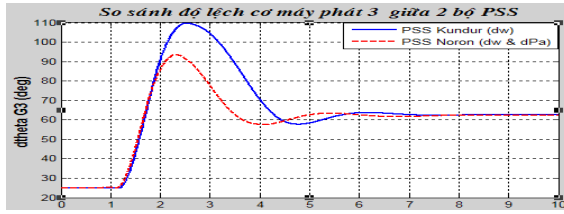
#### V. MÔ PHỎNG KIỂM CHỨNG

Mô phỏng và đánh giá ổn định hệ thống dùng bộ FTDNN-PSS đề xuất dưới những điều kiện vận hành và sự nhiễu loạn khác nhau, đáp ứng của hệ thống nhiều máy sử dụng bộ FTDNN-PSS so sánh với bộ PSS Kundur [1]. Những nhiễu loạn này là ngắn mạch ba pha giữa đường dây L1; sự cố ngắn mạch thoáng qua cách B2 30km đồng thời phụ tải KV1 tăng thêm 10%.

Đáp ứng động của hệ thống đạt được khi xem xét các sự cố tạm thời trong 10 chu kỳ lần lượt qua các trường hợp mô phỏng.

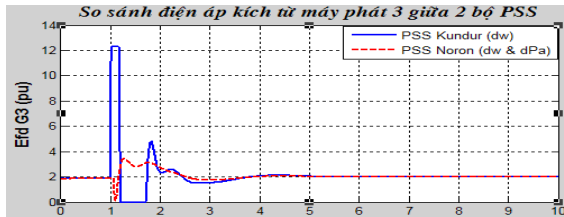
**1.TH1: Sự cố ngắn mạch thoáng qua ở giữa đường dây L1:**  $t = 1s$  đến  $t = 1 + 1/10s$ , máy cắt tác động tại  $t = 1 + 8/60s$ .

So sánh hai bộ PSS Kundur và FTDNN-PSS cho thấy đáp ứng động của hệ thống tại các điều kiện vận hành hệ thống đạt được với FTDNN-PSS có khả năng dập tắt dao động tốt hơn bộ PSS Kundur.



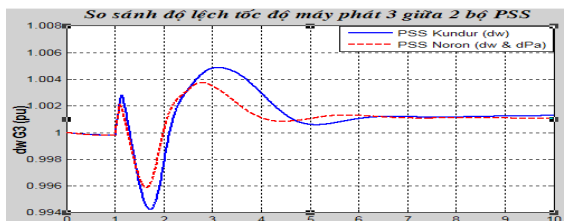
Hình 11. So sánh độ lệch góc cơ Máy phát 3 giữa PSS Kundur và FTDNN-PSS.

Nhận thấy là bộ FTDNN-PSS điều chỉnh góc lệch của rotor máy phát tốt hơn so với bộ PSS Kundur.



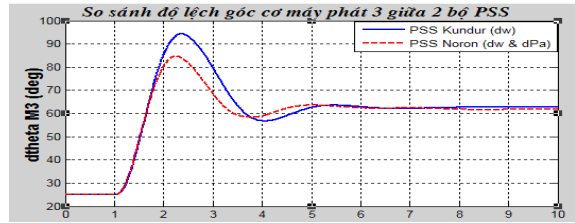
Hình 12. So sánh điện áp kích từ Máy phát 3 giữa PSS Kundur và FTDNN.

Ngõ ra tín hiệu điều khiển bộ PSS Kundur là quá rộng tại thời điểm bắt đầu ngắn mạch và khó mà giới hạn để bảo vệ hệ thống kích từ. Tín hiệu điều khiển giới hạn của bộ PSS-Kundur không thể đáp ứng sự thay đổi độ lệch tốc độ ngay lập tức. Vì vậy, dao động độ lệch tốc độ thì lớn hơn so với bộ FTDNN-PSS.



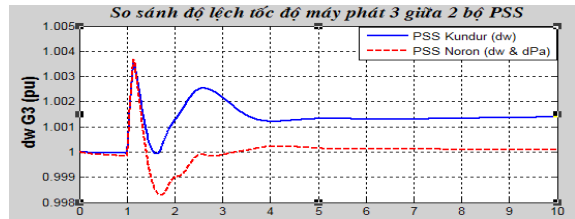
Hình 13. So sánh độ lệch tốc độ Máy phát 3 giữa PSS Kundur và FTDNN.

**2. TH2: Sự cố ngắn mạch thoáng qua cách B2 30km và tăng tải KV 1 thêm 10%.**



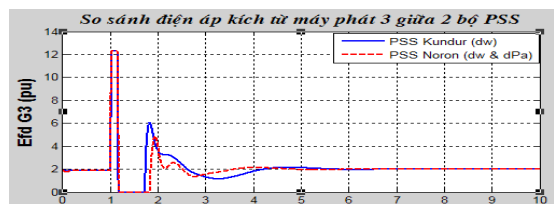
Hình 14. So sánh độ lệch góc Máy phát 3 giữa PSS Kundur và FTDNN-PSS.

Rõ ràng, trong khi đáp ứng động với PSS Kundur thì bị ảnh hưởng đáng kể, đáp ứng động với FTDNN-PSS vẫn nhanh chóng tắt dần dao động ngay cả khi thay đổi đáng kể trong điều kiện vận hành hệ thống.



Hình 15. So sánh độ lệch tốc độ Máy phát 3 giữa PSS Kundur và FTDNN.

Bộ FTDNN-PSS cung cấp sự tắt dần tốt nhất cho loại nhiễu loạn này. Từ Hình 16 thấy rằng độ lệch tốc độ thì tắt dần quá nhanh có thể được cải thiện bằng cách sử dụng những cài đặt đáp ứng mong muốn  $\Delta\omega_d, \Delta B_d$  khác nhau.



Hình 16. So sánh điện áp kích từ Máy phát 3 giữa PSS Kundur và FTDNN.

Kết quả mô phỏng (Bảng 1) cho các điều kiện vận hành và nhiễu loạn khác nhau chứng tỏ tính hiệu quả và mạnh mẽ của bộ

FTDNN-PSS. Sự tắt dần nhanh và tốt hơn nghĩa là các máy phát có thể vận hành gần tới khả năng phát tối đa của chúng. Vì vậy, đảm bảo rằng các máy phát duy trì ổn định sau các sự cố như sự ngắn mạch ba pha.

Bảng 1. Bảng kết quả so sánh hai bộ BSS trong các trường hợp hệ thống có các sự cố khác nhau.

STT	Vị trí xảy ra sự cố: ngắn mạch, tăng giảm phụ tải	Thời gian HT bắt đầu ổn định trở lại		% Tốc độ máy phát so định mức khi có sự cố		% Điện áp đầu cực máy phát so định mức khi có sự cố		% Điện áp kích từ Efd so định mức khi có sự cố	
		PSS Kundur	PSS Neron	PSS Kundur	PSS Neron	PSS Kundur	PSS Neron	PSS Kundur	PSS Neron
1	Sự cố NM thoáng qua giữa đường dây L1 (110km).	6.0s	5.7s	100%	32%	100%	67%	100%	72%
2	Sự cố NM thoáng qua trên đường dây L1 cách B1 80 km.	7.0s	6.0s	100%	40%	100%	67%	100%	100%
3	Sự cố NM thoáng qua trên đường dây L1 Cách B1 50 Km	5.2s	4.3s	100%	65%	100%	82%	100%	20%
4	Sự cố NM thoáng qua trên đường dây L1 Cách B2 50 Km	7.0s	7.0s	100%	100%	100%	94%	100%	87.5%
5	Sự cố NM thoáng qua trên đường dây L1 Cách B2 80 Km	7.0s	6.0s	100%	100%	100%	92%	100%	36%
6	Sự cố NM thoáng qua trên đường dây L1 Cách B2 30 Km Tải vùng hai tầng 10%	7.0s	6.0s	100%	92%	100%	100%	100%	100%
7	Sự cố NM thoáng qua cách B1 70km và giảm tải KV2 5%.	6.8s	6.8s	100%	93%	100%	94%	100%	100%
8	Sự cố NM thoáng qua trên L1 ở giữa đường dây, phụ tải KV1 tăng thêm 10%, phụ tải KV2 giảm bớt 5%.	7.3s	7.3	100%	88%	100%	100%	100%	100%

## VI. KẾT LUẬN

Những đóng góp quan trọng của công tác nghiên cứu được trình bày trong bài báo này như sau:

- Đề xuất bộ FTDNN-PSS hai ngõ vào (dw & dPa) bằng mạng nơron truyền thẳng có delay ngõ vào thay thế bộ PSS Kundur một ngõ vào (dw) điều chỉnh

tín hiệu điện áp kích từ ổn định cho một hệ thống nhiều máy phát.

- Bộ FTDNN-PSS có khả năng thích nghi phi tuyến sẽ có đáp ứng tốt hơn và tắt dần nhanh hơn đối với các nhiễu loạn lớn và nhỏ thậm chí các thay đổi trong các điều kiện vận hành hệ thống.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Kundur -Two Area System”. Written by Jonas Persson, STRI AB, July, 1996 and revised September, 2004.
- [2] Jan Machowski, Janusz W. Bialek and James R. Bumby “POWER SYSTEM DYNAMICS Stability and Control” John Wiley & Sons, Ltd.
- [3] H. Demuth, Mark Beale, Martin Hagan, “Neural network Toolbox 5 User’s Guide”, Mathworks Inc.
- [4] Industrial Automation–Artificial Neural networks; Written by: Shady Gadoue; EEE 8005– Student Directed Learning (SDL).
- [5] Ravi Segala; A. Sharma, M.L. Kothari, “A self-tuning power system stabilizer based on artificial neural network” R. Segal et al. /Electrical Power and Energy Systems 26, pp. 423-430, 2004.
- [6] Lennart Ljung, System Identification Toolbox™ 7 User’s Guide, The MathWorks, 2011.