

# VỀ MỘT PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG CẤU TRÚC HỆ THỐNG ĐỘNG SỬ DỤNG MÔ HÌNH NHẠY CẢM

Nguyễn Bê

Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng.

Trần Như Hồng – Nguyễn Văn Mai

Trường Đại học Kỹ thuật

Nguyễn Vỹ

Liên doanh Dầu khí Việt Sô.

(Bài nhận ngày 22/11/1999)

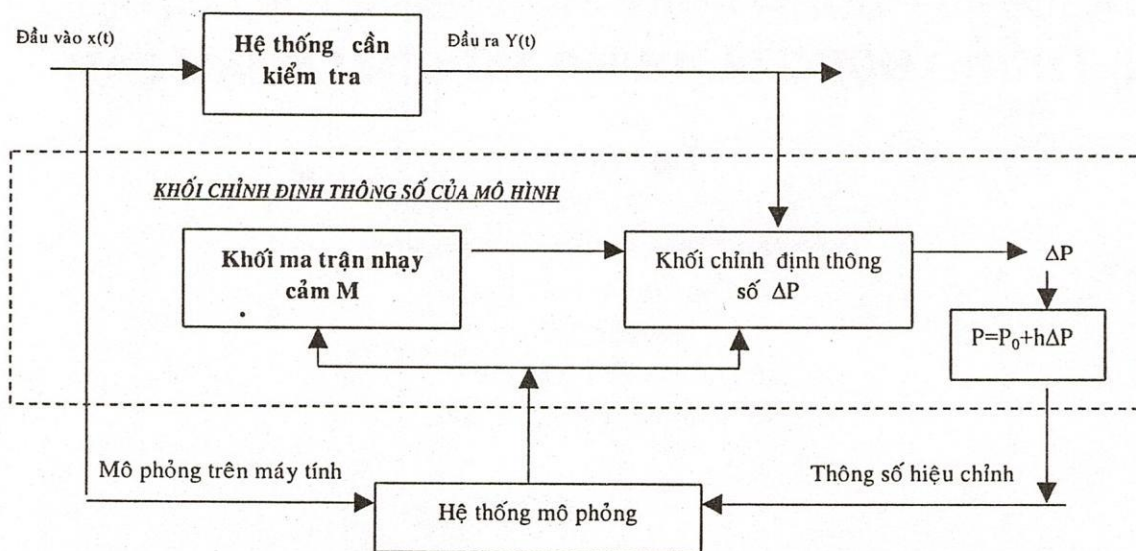
**TÓM TẮT:** Việc kiểm tra và đánh giá chất lượng các hệ thống động là công việc rất quan trọng. Thường đối với một hệ thống phức tạp chúng ta chỉ đo lường được tín hiệu vào – ra; các thông số của hệ thống có mối liên hệ chặt chẽ với nhau và ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng của hệ.

Việc kiểm tra đánh giá chất lượng hệ thống thông qua việc mô phỏng cấu trúc của chúng và chỉnh định các thông số cấu trúc hệ thống động được các nhà khoa học lớn trên thế giới trong các lĩnh vực đo lường, điện điện tử, cơ khí, xây dựng, hóa dầu... quan tâm [1÷5]. Trong phạm vi bài viết này chúng ta đề xuất một phương pháp phát triển tiếp các phương pháp đã có [1÷5] nhằm mô phỏng cấu trúc của hệ thống trong điều kiện có nhiễu tác động và thời gian trễ.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, máy tính đã trợ giúp đắc lực cho con người trong việc kiểm tra đánh giá các hệ thống phức tạp qua việc mô phỏng cấu trúc của hệ thống [1÷5].

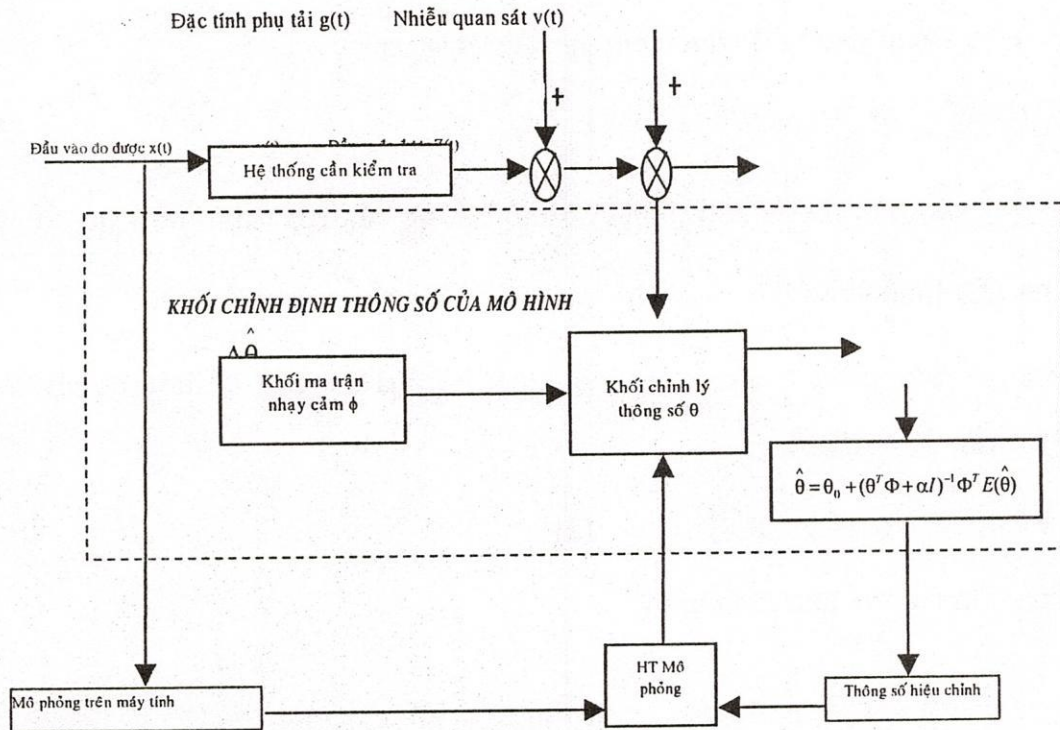
Sơ đồ khối chức năng của một hệ thống cần kiểm tra [2] bằng phương trình trạng thái được mô tả ở hình 1.



*Hình 1 : Sơ đồ khối chức năng để mô phỏng hệ thống bằng phương pháp ma trận nhạy cảm m dùng phương trình trạng thái.*

Dựa vào phương pháp này, chúng ta xét việc kiểm tra và đánh giá chất lượng hệ thống thông qua việc mô phỏng cấu trúc của chúng trong điều kiện có nhiễu và thời gian trễ. Sơ đồ khối chức năng việc mô phỏng cấu trúc hệ thống bằng phương pháp ma trận nhạy cảm có xét đến thời gian trễ và nhiễu được mô tả ở hình 2





Hình 2 : Sơ đồ khối chức năng để mô phỏng hệ thống bằng phương pháp ma trận nhảy cảm

Các tín hiệu:

$x(t)$  : Tín hiệu đầu vào hệ thống cần kiểm tra.

$y(t)$  : Tín hiệu đầu ra.

$Z(t)$  : Tín hiệu đầu ra đo được.

$g(t)$  : Đặc tính tải phụ tải.

$V(t)$  : Nhiễu quan sát có dạng phân bố Gausse.

$\hat{y}(t)$  :  $y(t, \theta)$  tín hiệu ra đã được mô phỏng.

$\theta$  : Vectơ thông số của mô hình (mô phỏng).

Việc chỉnh định các thông số của ma trận  $\theta$  dựa vào phương pháp sai số bình phương tối thiểu [1]:

$$\min_{\hat{\theta}} J(\hat{\theta}) = \frac{1}{2} \left[ E(\hat{\theta}^T) \cdot E(\hat{\theta}) \right] + \alpha \left\| \hat{\theta} \right\|^2 \quad (1)$$

Trong đó:

$0 \ll \alpha < 1$  : thông số bé Tikhonov.

$E(\theta)$  : vectơ sai số được xác định bởi  $E(\hat{\theta}) = Z(t) - y(t, \hat{\theta})$

$Z(t)$  : vectơ đầu ra đo được của hệ Test system.

$\hat{y}(t, \hat{\theta})$  : Vectơ đầu ra mô phỏng.

Vì  $\hat{y}(t, \hat{\theta})$  phụ thuộc vào thông số mô phỏng của máy tính nên sai số của  $E(\theta)$  cũng phụ thuộc vào  $\hat{\theta}$ .

Theo phương pháp trong số bình phương bé nhất,  $\hat{\theta}$  có thể hiệu chỉnh theo cách cân bằng để có  $J_{\min}$  :

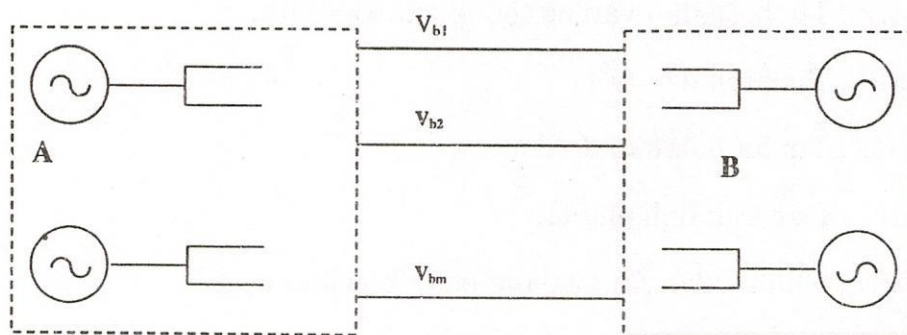
$$\Delta \hat{\theta} = (\Phi^T \cdot \Phi + \alpha I)^{-1} \cdot \Phi^T \cdot E(\hat{\theta}) \quad (2)$$

Trong đó  $\phi$  được xác định bằng:

$$\phi = \frac{dy}{d\theta}$$

Và  $I$  là ma trận đơn vị.

Cụ thể, ta xét một hệ thống năng lượng khu vực nối với hệ thống năng lượng khu vực khác ở hình 3:



Hình 3 : Mẫu nhập xuất của 2 vùng a và b

Giả sử có một nhóm máy phát ở khu vực (A) nối với hệ thống (B) trong đó các nhóm A, B có thể vận hành độc lập nhau; cũng có thể hiểu B là hệ thống lớn, trong đó cũng có một nhóm máy phát vận hành độc lập như nhóm A [2].

Các thông số đầu vào – ra của nhóm A là hệ phi tuyến đặc trưng bởi:

$$\dot{x} = f_A(x_A, V_A, I_A)$$

$$y = g_A(x_A, V_A, I_A)$$

$$z = y + v$$

Nếu có nhiều nhóm như nhóm A, ta có:

$$\dot{x}_i = f_i(x_i, V_i, I_i) \quad (3)$$

$$0 = g_i(x_i, V_i, I_i) \quad (4)$$

Với:

$\dot{x}_i$ : Vectơ trạng thái bao gồm tất cả các máy phát và biến số trạng thái kích thích trong vùng.

$I_i$ : Vectơ dòng tác động, là tín hiệu vào:

$$I_i = \{I_{i1}, I_{i2}, \dots, I_{im}\}^T \quad (5)$$

$V_i$ : Vectơ tạo điện áp bus ranh giới:

$$V_{bi} = \{V_{bi1}, V_{bi2}, \dots, V_{bim}\}^T \quad (6)$$

Mà vectơ con của vectơ điện áp bus là tín hiệu ra.

-Hàm vectơ phi tuyến  $f_i$  dành cho phần động lực của máy phát và kích thích cho vùng  $i$ .

-Hàm vectơ phi tuyến  $g_i$  dùng cho cân bằng mạng.

Nhiều tác động vào vùng sẽ làm ảnh hưởng đến điều kiện cân bằng của hệ và kết quả sẽ làm cho  $I_i, V_i$  thay đổi.

Toàn bộ vấn đề kích thích để hệ cân bằng được tính toán như sau:

Đầu tiên toàn bộ máy phát của vùng  $i$  xem như là một máy đơn, do đó ta sử dụng thuật toán trung bình như trong DYNRED. Sau đó thêm vào toàn bộ hệ thống kích thích đến tất cả các máy phát, vì vậy hệ phi tuyến được tạo ra trong vùng là:

$$x_{ri} = f_{ri}(x_{ri}, V_{ri}, I_i, x_i) \quad (7)$$

$$y = g_{ri}(x_{ri}, V_{ri}, I_i) \quad (8)$$

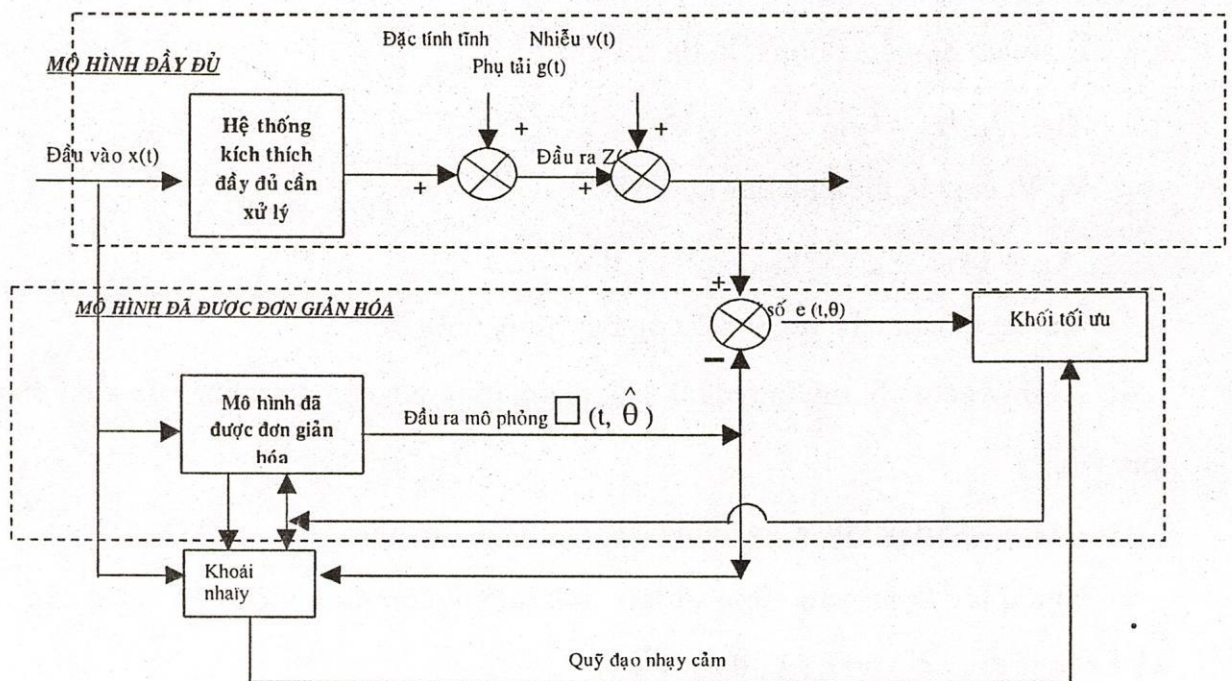
$$Z = y + v$$



Vectơ trạng thái  $x_{ri}$  có kích thước bé hơn  $x_i$ , vectơ điện áp bus  $V_{ri}$  có kích thước khác  $V_i$ , tuy nhiên kích thước vectơ dòng và vectơ điện áp bus còn lại không thay đổi.

Mô hình kích thích được chứa trong vectơ  $\alpha_i$ . Vấn đề của kích thích là điều chỉnh  $\alpha_i$ , vì vậy điện áp bus ranh giới  $V_{ri}$  của (7), (8) là toàn bộ kiểu (3), (4) cho việc thiết lập nhiễu trong vùng.

Mô hình điều chỉnh kích thích là mô hình phi tuyến được mô tả ở hình 4 (hình vẽ 4)



Hình 4 : Sơ đồ cấu trúc sử dụng mô hình nhảy cảm để nhận dạng các thông số của mô hình đơn giản hóa.

Các tín hiệu:

$x(t)$  : Tín hiệu vào khối kích thích.

$z(t)$  : Tín hiệu đầu ra khối kích thích.

$(t, \hat{\theta})$  : Tín hiệu đầu ra đã mô phỏng.

$v(t)$  : Nhiễu quan sát của hệ thống.

$g(t)$  : Đặc tính tĩnh phụ tải.

Thủ tục điều chỉnh mô hình yêu cầu các bước sau:

1. Mô phỏng thời gian phản hồi của toàn bộ phần tử trong nhiều vùng.
2. Lưu trữ dòng  $I_i$  và điện áp bus ranh giới  $V_{bi}$ .
3. Toàn bộ máy phát tập hợp thành máy phát tương đương [6], thu được mô hình máy phát.
4. Thêm vào máy phát tương đương kiểu chung đến kích thích trong vùng tập hợp. Thiết lập tên của kiểu dữ liệu kích thích giống như khối trội nhất trong vùng. Kiểu này là khối lớn nhất hoặc là phức tạp kích thích bé.
5. Mô phỏng  $I_i$  như tín hiệu vào đến tín hiệu thu được  $V_{ri}$ .
6. Chọn mô hình kích thích  $\alpha_i$  và sử dụng phương pháp xác định quỹ đạo để điều khiển chúng từ  $V_{ri}$  đến  $V_{bi}$ .

Thuật toán thực hiện thủ tục này được mã hóa trong MATLAB. Để sử dụng chương trình ta phải cung cấp toàn bộ model, nhiễu và vùng tập hợp.

## **II. THUẬT TOÁN NHẬN DẠNG VÀ ĐÁNH GIÁ CÁC THÔNG SỐ CỦA HỆ THỐNG KIỂM TRA (TEST SYSTEM)**

Hệ thống động chịu tác động của nhiễu và thời gian trễ có thể xảy ra trong các lãnh vực đo lường điện, cơ khí, xây dựng... Tuy nhiên trong các tài liệu [1÷5] các yếu tố này chỉ được nhắc đến và chúng được mô tả dưới dạng phương trình trạng thái của hệ thống động. Nên việc đo lường kiểm tra được các biến chậm theo thời gian này trong các tài liệu trên được xem như trường hợp lý tưởng không xét đến [1÷8].

Từ các tài liệu trên [1÷8] ta giải bài toán nhận dạng này bằng phương pháp mô phỏng cấu trúc của hệ thống trong điều kiện có nhiễu và thời gian trễ.

Các sơ đồ hình 2 và hình 4 có thể được mô tả tổng quát hơn bằng sơ đồ khối kèm theo các thông số như hình 5 (xem hình vẽ 5).

Ta xét hệ thống kích thích cần điều chỉnh hoặc cần thử nghiệm (test system) có đầu vào của mô hình  $x(t)$  đầu ra của mô hình là  $y(t)$

Theo [3] ta có:  $y(t) = G(q^{-1}) x(t) + v(t)$



Với

$$G(q^{-1}) = \frac{B(q^{-1})}{A(q^{-1})} q^{-d} = \frac{b_1 q_1 + \dots + b_m q^{-m}}{1 + a_1 q^{-1} + \dots + a_n q^{-n}} q^{-d} \quad (9)$$

Ở đây:

$q^{-1}$  : là toán tử.

$G(q^{-1})$  : là hàm truyền.

$q^{-1}x(t) = x(t-1)$ .

$q^{-d}x(t) = x(t-d)$ .

$d$  : chậm trễ của hệ thống theo thời gian.

Đầu ra của hệ thống Test system có thể đưa về dạng phương trình hồi quy tuyến tính như sau:

$$z(t) = \theta^T \phi(t-d) + v(t) = \theta^T \phi(t-d) + v(t) \quad (10)$$

Ở đây:

$$\theta^T = [a^T : b^T, g] = [a_1 \dots a_n : b_1 \dots b_n, g]$$

Là vectơ thông số chưa biết cần được xác định

$$\text{Và } \phi^T(t-d) = [x_t^T : y_t^T, 1]$$

$$\phi^T(t-d) = [y(t-1) \dots y(t-n) : x(t-d-1) \dots x(t-d-m), 1]$$

Là vectơ quan sát (hồi qui) được xác định bởi các tín hiệu của đầu vào và đầu ra lui về quá khứ.

Ta viết đầu ra của mô hình  $\hat{y}(t, \hat{\theta})$  ở dạng phương trình hồi qui như sau:

$$\hat{y}(t, \hat{\theta}) = \hat{\phi}^T(t-d) \hat{\theta}$$

$$\hat{\theta}^T = \left[ \hat{a}^T : \hat{b}^T, \hat{g} \right] = \left[ \hat{a}_1 \dots \hat{a}_n : \hat{b}_1 \dots \hat{b}_n, \hat{g} \right] \quad (11)$$

Là vectơ đánh giá các thông số của mô hình

Sai số  $e(t)$  đánh giá dự báo được xác định như sau:

$$e(t, \hat{\theta}) = z(t) - \hat{y}(t, \hat{\theta}) \quad (12)$$

Để xác định vectơ thông số. Ta cần xác định được tiêu chuẩn tối ưu:



$$V(\hat{\theta}) = E \left[ e(t, \hat{\theta})^2 \right] + \alpha \|\hat{\theta}\|^2 \rightarrow \min_{\hat{\theta}} \quad (13)$$

Ở đây:  $0 \ll \alpha < 1$  là thông số bé Tikhonov.

$E \{\bullet\}$  là kỳ vọng toán học.

Từ điều kiện cần để tối thiểu hóa phiếm hàm Tikhonov (12) ta thu được ước lượng tối ưu:

$$\hat{\theta} = (R_{\phi\phi} + \alpha I)^{-1} \gamma_{\phi y} \quad (14)$$

$$\text{Với } R_{\phi\phi} = E\{\phi(t-d)\phi^T(t-d)\} \quad (15)$$

$$\gamma_{\phi y} = E\{\phi(t-d)y(t)\} \quad (16)$$

$I$  là ma trận đơn vị

Nên

$$\alpha I = \begin{bmatrix} \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \bullet & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \bullet & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha \end{bmatrix}$$

Thay vào (13) ta xét tiêu chuẩn đánh giá tối ưu:

$$V(\hat{\theta}) = \sum_{t=1}^k \lambda^{k-t} \left[ y(t) - \hat{\theta}^T \phi(t-d) \right]^2 \rightarrow \min_{\hat{\theta}} \quad (17)$$

Ở đây:  $\lambda^{k-t}$  là trọng số và  $0 \ll \lambda^{k-t} < 1$ .

Thuật toán bình phương tối thiểu để tìm ước lượng vectơ thông số cần chỉnh định sẽ có dạng:

$$\hat{\theta}(k) = \hat{\theta}(k-1) + (R(k) + \alpha I)^{-1} \phi(k-d) \left[ y(k) - \hat{\theta}^T(k-1) \phi(k-d) \right] + \beta \left[ \hat{\theta}(k-1) - \hat{\theta}(k-2) \right] \quad (18)$$

$$0 \ll \alpha < 1; 0 < \beta < 1$$

$$R(k) = \lambda R(k-1) + \phi(k-d)\phi^T(k-d) \quad (19)$$

$$0 \ll \lambda < 1$$

Từ (18) và (19) ta có thể thu được các kết quả đã có ở [3] như là trường hợp riêng cho việc mô phỏng hệ thống khi không tính đến hệ số trễ (chậm) của hệ.

Khác với các kết quả đã có trong tài liệu [1÷3] việc sử dụng phương pháp chỉnh quy hóa Tikhonov để trắc nghiệm hệ thống [1], [2] cho phép tránh được suy biến trong các thuật toán (2), (14) để chỉnh định các thông số của hệ thống cần được mô phỏng hay của mô hình cần được rút gọn đơn giản hóa.

Phương pháp chỉnh định các thông số của mô hình nhạy cảm dựa theo nguyên lý chỉnh qui Tikhonov trong bài này cho phép áp dụng rộng rãi các phương pháp mô phỏng cấu trúc đã được đề xuất trong tài liệu [1÷3] để thử nghiệm hệ thống động có nhiều đo lường và có chậm (test system) rất phổ biến trong các hệ thống đo lường, điện tử, cơ khí, xây dựng, hóa dầu [4, 5] ... Đó là những hệ thống động có nhiều trong quan sát đo lường và có chậm trễ phổ biến thường gặp gần với thực tế hơn trong các lãnh vực đo lường và (test system) trắc nghiệm hệ thống [1÷9].

#### **THE CONSTRUCTION SIMULATION METHOD OF DYNAMIC SYSTEMS WITH SIMULATION SENSITIVITY MATRIX.**

**Nguyen Be - Tran Nhu Hong - Nguyen Van Mai - Nguyen Vy**

*ABSTRACT: It is crucial to and to appraise a dynamic power system. We can normally measure only values of input and output signals for a complicated system. All the system parameters are related each other and they affect directly to the system quality.*

*The system inspecting and appraising via its structure simulation and the assigning for the parameters of a dynamic system structure are concerned by famous scientists who majored in various areas such as measuring, electricity, electronics, mechanics, petrochemistry, construction, ect [1 ÷ 5].*

*The approach introduced in this paper is developed from the available approaches [1÷5] to simulate system structure with noise delay conditons.*

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Yuan – Yih – Hsu, Chuan – Sheng Liu, Tain – Syh Luor, Chung – Liang Chang, Ah-Shing Liu, Yung Tien Chen and Chiang – Tsung Huang: “*Experience with the Identification and Tuning of Excitation System Parameters at The Second*



*Nuclear Power Plant of Taiwan Power Company*". IEEE Transaction on Power Systems. Vol.11 – No.2 – May 1996.

[2] R.J. Galarza, JH. Chow, WW. Price, A.W.Hargave and Peter M. Hirschitz: "Aggregation of Exciter Models for Constructing Power System Dynamic Equivalens". IEEE Transaction on Power Systems. Vol.11 – No.3 – August 1998.

[3] Wei Xing Zheng: "On a Least – Squares – Based Algorithm for Identification of Stochastic Linear Systems". IEEE Transaction on Signal Processing. Vol.46 – No.6 – June 1998.

[4] Ikutaro' Kumazaki, Eii Chi Watanabe and Hitishi Furuta: "Elasto – Plastic Analysis With Constitutive Relation Based on Fuzzy Reasoning". Structural Eng./ Earthquake Eng. Vol.12 – No.2 – 37s – 52 s July 1993.

[5] Magdis Mahmoud, Mohamad. J. Terro and Mohamed Abdel Rohman: "Anlmi Approach to Hx – Control of Time – Delay Systems for The Benchmark Problem". Earthquake Engineering and Structural Dynamics Dyn 27.957 - 976 (1998).

[6] Mark J. Laufenberg and M.A. Pai: "A new Approach to Dynamic Security Assessment Using Trajectory Sensitivities". IEEE Transaction on Power Systems. Vol.13 – No.3 – August 1998.

[7] Tor. A. Johansen,...: "On Tikhonov Regularization, Bias and Variance Nonlinear System Identification". Pergamon PH S005–1098(96) 00168-9 Automatica...

[8] Chun Tung Chou, Michel Verhaegen, and Rolf Johansson: " continuous – Time Identification of Siso System Using Laguerre Fuctions". IEEE Transactions on Signal Processing. Vol.47 – No.2 – February 1999.

[9] Liuping Wang and William R. Cluett: "*Use of PRESS Residuals in Dynamic System Identification*". Pergamon PH S005-1098(96) 00 003-9 Automatica Vol.32. No.5 pp781-784, 1996.