

## NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG MẠNG NƠON THÍCH NGHI SUY LUẬN MỜ TRONG ĐIỀU KHIỂN ỔN ĐỊNH CÔNG SUẤT HỆ THỐNG ĐIỆN

Phan Xuân Lễ, Trần Quang Huy, Hoàng Trọng Trần Huy

*Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Tp. Hồ Chí Minh*

Ngày gửi bài: 23/3/2016

Ngày chấp nhận đăng: 14/6/2016

### TÓM TẮT

Ổn định hệ thống điện là nhiệm vụ quan trọng trong thiết kế và vận hành hệ thống điện. Trong đó, việc giảm dao động của hệ thống điện nhằm làm tăng tính ổn định cho hệ thống điện. Hiện nay, trên thế giới có nhiều phương pháp khác nhau, nhưng hầu hết vẫn sử dụng bộ ổn định hệ thống điện (PSS) trong ổn định hệ thống điện. Bài báo này đề xuất thay thế bằng mạng nơon thích nghi suy luận mờ (ANFIS) để gia tăng tính ổn định hệ thống điện. Chúng tôi sử dụng ANFIS điều khiển hệ thống kích từ để làm ổn định tín hiệu nhỏ khi máy phát kết nối vào hệ thống điện, hoặc kết nối vào phụ tải trong hệ thống điện. Cuối cùng, việc sử dụng thuật toán ANFIS để điều khiển hệ thống kích từ làm cho nguồn điện ổn định trong quá trình vận hành hệ thống điện.

### A STUDY ON THE USE OF ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM ANFIS IN STABLE CONTROL FOR ELECTRIC POWER

#### ABSTRACT

Power system stability is a mission critical in the design and operation of the power system. In there, damp the electromechanical oscillations of the power systems to increase stable power for power system. Currently, the world has many different method, the most popular are still using the PSS in power system stability. This paper proposes an alternative Adaptive neuro Fuzzy Inference System to increase power system stability. We use ANFIS to control for excitation system generator to make the small signal stability when the generator is connected into the power system or connected a load power into the power system. Finally, the using ANFIS algorithm to control the excitation system generator, the power be stabilized in the process of operating the power system.

## 1. GIỚI THIỆU

Hiện nay việc vận hành đóng – ngắt phụ tải trên hệ thống điện hoặc việc đóng – ngắt nguồn cung cấp lên lưới điện sẽ tạo ra các nhiễu loạn nhỏ gây ra các dao động trong hệ thống điện, công suất trên hệ thống lúc này sẽ không ổn định, làm chất lượng điện trong hệ thống giảm xuống hoặc tình trạng nặng có thể dẫn đến khả năng rã lưới. Tuy nhiên, các nhà máy điện đa số sử dụng bộ tự động điều chỉnh điện áp kích từ máy phát AVR, nhưng nhược điểm khi dùng AVR vẫn còn các dao động lớn khi chúng ta thao tác đóng – ngắt phụ tải trên hệ thống hoặc đóng – ngắt nguồn cấp vào lưới điện, trong khi đó trên thế giới đã xuất hiện bộ ổn định hệ thống điện PSS, một số nhà máy điện đã sử dụng PSS để ổn định hệ thống điện, nó mở ra một phương pháp mới trong điều khiển vận hành hệ thống điện [7, 8, 9]. Tuy nhiên, trên thực tế với sự can thiệp của các hệ điều khiển lai, tạo ra các thuật toán ứng dụng đột phá trong nhiều lĩnh vực khác nhau, đặc biệt trong lĩnh vực nghiên cứu phát triển năng lượng. Bài báo này với nội dung nghiên cứu sử dụng thuật toán dùng mạng nơon thích nghi suy luận mờ (ANFIS) cho điều chỉnh kích từ máy phát trong hệ thống điện, góp phần tối ưu hóa tính ổn định công suất trong hệ thống điện. [4, 6].

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Tổng hợp các phương trình cơ bản mô hình hệ thống

Việc nghiên cứu dựa trên mô hình hệ thống phát điện làm cơ sở nghiên cứu, tổng hợp mô hình hệ thống máy phát điện đồng bộ 3 pha kết nối với lưới điện được rút ra từ nhiễu loạn

của hệ thống [9]. Từ đó rút ra dạng các phương trình hệ thống tuyến tính mô tả như (1) và (2):

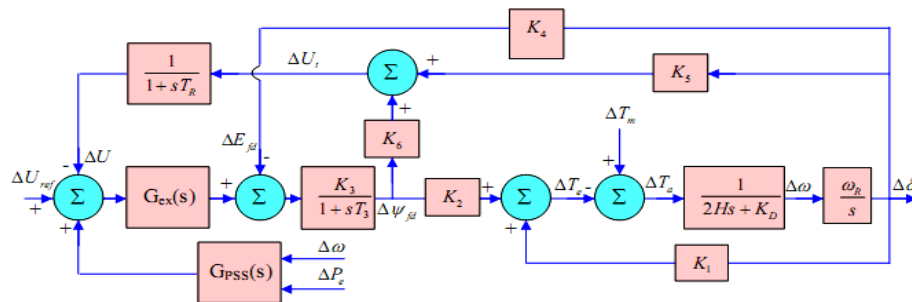
$$\begin{cases} \Delta T_e = K_1 \Delta \delta + K_2 \Delta \psi_{fd} \\ \Delta \psi_{fd} = \frac{K_3}{1 + pT_3} [\Delta E_{fd} - K_4 \Delta \delta] \\ \Delta E_t = K_5 \Delta \delta + K_6 \Delta \psi_{fd} \\ p \Delta \omega_r = \frac{1}{2H} (\Delta T_m - K_5 \Delta \delta - K_D \Delta \omega_r) \\ p \Delta \delta = \omega_0 \Delta \omega_r \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó các hệ số từ K1÷K6 phụ thuộc vào các thông số lưới và điện áp hệ thống [5, 7, 9]. Hệ thống kích từ sử dụng loại ST1A được tổng hợp dưới dạng nhiều loạn nhỏ như sau [10]:

$$\Delta E_{fd} = \frac{K_A}{1 + sT_A} (-\Delta U_1) \quad (2)$$

## 2.2. Bộ ổn định hệ thống điện PSS

Trong lý thuyết ổn định hệ thống điện, ổn định tín hiệu nhỏ rất quan trọng, nó dùng nhận dạng và phân tích các dao động trong hệ thống điện [9]. Tuy nhiên, để triệt tiêu các dao động đó thì cần phải thông qua hệ thống kích từ máy phát điện với mạch AVR, với AVR vẫn chưa giải quyết tốt vấn đề đặt ra đó.



**Hình 1. Mô hình tổng hợp tuyến tính rút ra từ nhiều loạn của hệ thống khi sử dụng PSS2A**

Hiện nay, vấn đề này được giải quyết tốt hơn bởi bộ ổn định hệ thống điện PSS, bộ ổn định này sẽ góp phần giải quyết bài toán ổn định tín hiệu nhỏ tốt hơn. [5, 6, 8]. Tuy nhiên, để phục vụ cho nghiên cứu, việc tổng hợp mô hình tuyến tính được rút ra từ nhiều loạn của hệ thống khi sử dụng PSS2A được mô tả dưới đây (Hình 1).

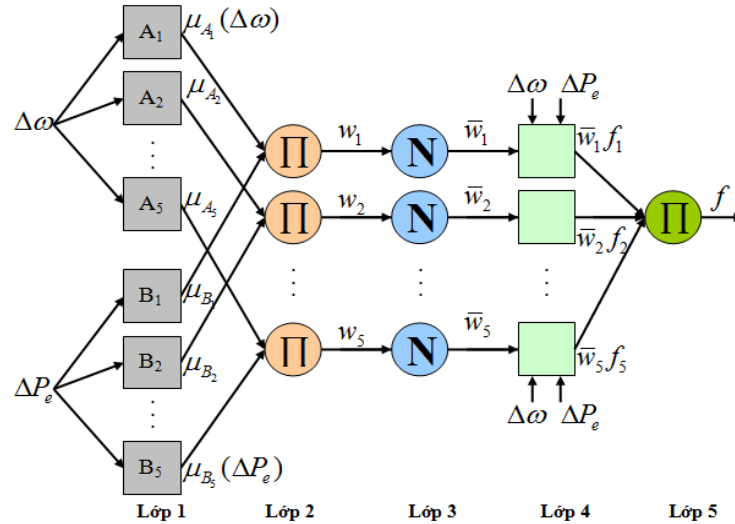
Trong nghiên cứu ổn định công suất hệ thống điện, khi phát sinh nhiễu loạn gây dao động làm mất ổn định hệ thống điện, việc lấy kết quả mô phỏng từ PSS2A để góp phần khẳng định tốt hơn nữa cho thuật toán ANFIS.

## 2.3. Mạng ANFIS trong ổn định công suất hệ thống điện với dao động nhỏ

Gần đây, trên thế giới đã nghiên cứu cho ra nhiều bộ điều khiển với các thuật toán điều khiển phong phú, đa dạng, mở ra nhiều hướng đi mới trong kỹ thuật điều khiển hệ thống điện.

Bài báo này tác giả nghiên cứu ứng dụng ANFIS [3, 4] vào ổn định công suất hệ thống điện khi bị nhiễu nhỏ tác động, góp phần ổn định công suất tốt hơn cho hệ thống điện.

Với cấu trúc mạng ANFIS đó, nhóm tác giả nghiên cứu ứng dụng cấu trúc bộ điều khiển ANFIS cụ thể trong điều khiển ổn định công suất hệ thống điện như sau (Hình 2).



Hình 2. Cấu trúc bộ điều khiển sử dụng mạng ANFIS

- Lớp 1: Mỗi nút trong lớp này là một hàm nút có dạng:

$$O_i^j = \mu_{A_j}(x) \tag{3}$$

Trong đó:  $i=1 \div 2$ ,  $j=1 \div 5$ ,  $x$  là nút đầu vào và  $A_i$  là nhãn ngôn ngữ (nhỏ, lớn, trung bình...) kết hợp với nút chức năng này. Trong nghiên cứu này, chúng tôi chọn hàm liên thuộc hình chuông với giá trị lớn nhất bằng 1 và nhỏ nhất bằng 0, lúc này hàm được viết cụ thể ở (4) và (5).

$$\mu_{A_i}(x) = \mu_{A_i}(\Delta\omega) = \frac{1}{1 + \left| \frac{\Delta\omega - c_{ij}}{a_{ij}} \right|^{2b_{ij}}} \tag{4}$$

$$\mu_{B_i}(y) = \mu_{B_i}(\Delta Pe) = \frac{1}{1 + \left| \frac{\Delta Pe - c_{ij}}{a_{ij}} \right|^{2b_{ij}}} \tag{5}$$

Trong đó  $\{a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}\}$  là các tham số đặt, các tham số này gọi là các tham số tiền đề.

- Lớp 2: Mỗi nút trong lớp này là một nút tròn có nhãn II làm tăng tín hiệu đầu vào, ngõ ra (6).

$$w_j = \mu_{A_j}(x) \cdot \mu_{B_j}(y) = \mu_{A_j}(\Delta\omega) \cdot \mu_{B_j}(\Delta Pe) \tag{6}$$

- Lớp 3: Mỗi nút trong lớp này là một nút tròn có nhãn N, có ngõ ra  $\bar{w}_j$  (7):

$$\bar{w}_j = \frac{w_j}{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5} \tag{7}$$

- Lớp 4: Mỗi nút  $i$  trong lớp này là một hình vuông với hàm nút (8), có tham số đặt là  $\{p_j, q_j, r_j\}$ :

$$O_j^4 = \bar{w}_j f_j = \bar{w}_j (p_j x + q_j y + r_j) = \bar{w}_j (p_j \Delta\omega + q_j \Delta P_e + r_j) \quad (8)$$

- Lớp 5: Nó là nút tròn, có nhân tổng, là tổng kết quả các tín hiệu đầu vào theo (9):

$$O_1^5 = f = U_{ANFIS} = \sum_{j=1}^5 \bar{w}_j f_j \quad (9)$$

Tín hiệu ngõ ra trong lớp 5 này là  $f = U_{ANFIS}$ , nó được biểu diễn như hình 2

Trong đó, ngõ vào là  $x = \Delta\omega$  and  $y = \Delta P_e$ ; Ngõ ra là  $f = U_{ANFIS}$ .

Chúng tôi sử dụng hàm liên thuộc dạng chuông ở lớp 2 với 5 tập mờ. Việc điều chỉnh các tham số của ở lớp 2 và bộ tham số  $\{p_j, q_j, r_j\}$  ở lớp 5 sao cho tín hiệu công suất giảm thiểu các dao động trong khoảng thời gian ngắn nhất, đảm bảo được sai lệch so với tín hiệu đặt là nhỏ nhất.

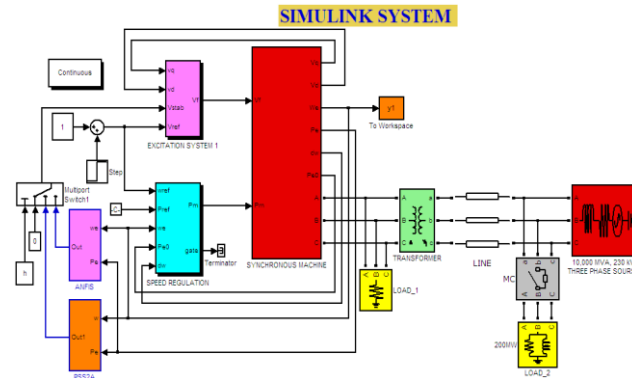
#### 2.4. Mô phỏng trên phần mềm Matlab - Simulink

Bài báo này cho ra kết quả nghiên cứu từ việc ứng dụng mạng ANFIS, kết quả nghiên cứu này được so sánh với kết quả sử dụng bộ ổn định hệ thống điện PSS2A. Để có được kết quả nghiên cứu cụ thể và thực tế hơn, tác giả đã thu thập số liệu từ nhà máy thủy điện Krong-H'Năng [12] để phục vụ cho việc nghiên cứu. Bảng số liệu được viết trong *hệ đơn vị tương đối* (bảng 1).

**Bảng 1. Bảng số liệu máy phát nhà máy thủy điện Krong-H'Năng – Đắk Lắk**

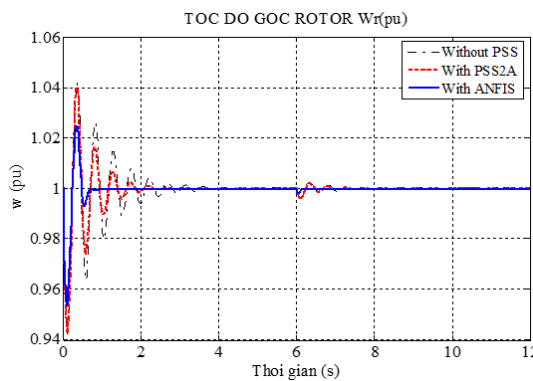
Thông số	Giá trị	Đơn vị	Thông số	Giá trị	Đơn vị
Điện trở mạch stato: $R_a$	0,167	pu	Hệ số công suất: $\cos\phi$	0,85	pu
Điện kháng dọc trục mạch stato: $x_d$	1,0494	pu	Hằng số thời gian hồ mạch: $T'_{do}$	6,88	pu
Điện kháng ngang trục mạch stato: $x_d$	0,648	pu	Hằng số quán tính: $H$	1,5	pu
Điện kháng dọc trục quá độ: $x'_d$	0,2887	pu	Công suất tác dụng định mức: $P$	0,85	pu
Điện kháng dọc trục siêu quá độ: $x''_d$	0,191	pu	Công suất phản kháng định mức: $Q$	0,5268	pu
Điện kháng rò: $x_l$	0,1244	pu	Điện áp định mức: $U_t$	1,0	pu
Điện trở mạch rotor: $R_{fd}$	0,0005	pu	Dòng điện định mức: $I_t$	1,0	pu
Điện kháng mạch rotor: $x_{fd}$	0,1998	pu	Tốc độ góc định mức: $\omega$	1,0	pu

Mô phỏng kết quả nghiên cứu thực hiện trên phần mềm Matlab- Simulink [1, 2] (Hình 3)

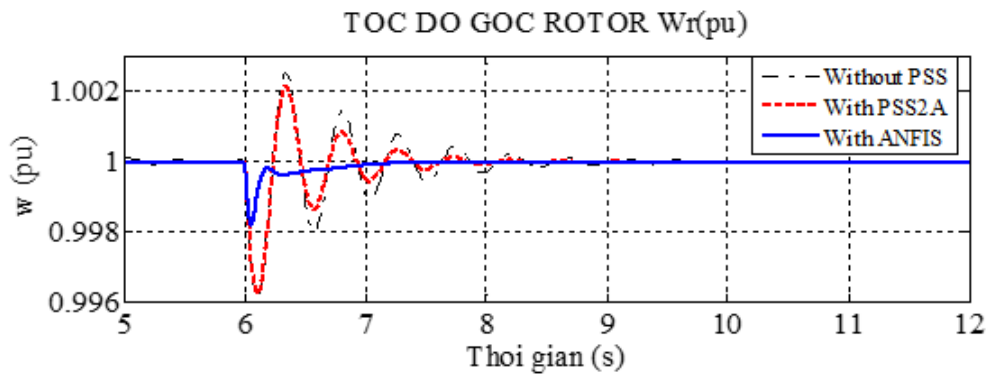


Hình 3. Mô phỏng hệ thống trên Matlab – Simulink

Kết quả mô phỏng:



Hình 4. Đặc tính tốc độ góc của rotor khi khởi động và tại thời điểm sau 6 giây khi mang tải

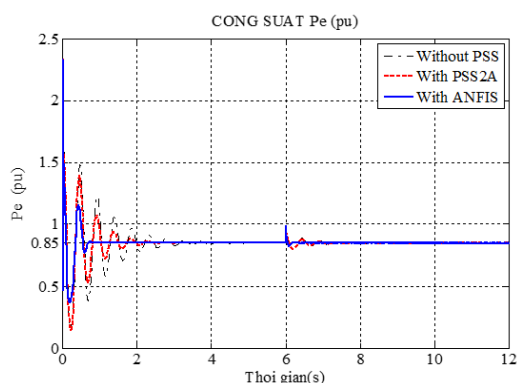


Hình 5. Đặc tính tốc độ góc của rotor tại thời điểm sau 6 giây khi mang tải (phóng lớn)

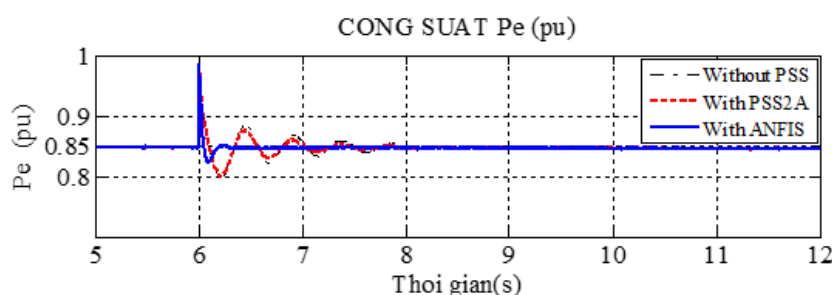
Đề rõ ràng với kết quả nghiên cứu trên, nhóm tác giả đã thực hiện mô phỏng trên phần mềm Matlab – Simulink (Hình 3), thời gian mô phỏng 12s, kết quả mô phỏng là đáp ứng tốc độ góc rotor và đáp ứng công suất điện  $P_e$  của máy phát điện đồng bộ 3 pha (được tính trong hệ đơn vị tương đối). Việc thực hiện mô phỏng cho 2 thời điểm, khi khởi động máy phát điện tại điểm  $t=0s$  và thử nghiệm cho hệ thống mang tải 200MW tại thời điểm  $t=6s$ .

Cụ thể, tại thời điểm ban đầu  $t=0s$  khởi động hệ thống (Hình 4), với thuật toán ANFIS thì tốc độ rotor tiến đến xác lập 1pu chỉ sau 1.4s, với PSS2A là 2.8s và với AVR (without PSS) là 4.4s.

Sau 6s, tức là tại thời điểm  $t=6s$ , cho hệ thống điện mang tải có công suất 200MW, lúc này đáp ứng tốc độ góc rotor của máy phát điện đồng bộ 3 pha như hình vẽ (Hình 5). Kết quả mô phỏng với thuật toán ANFIS có đáp ứng tốc độ góc xác lập sau 1.3s (6s - 7.3s), với PSS2A là 2.4s (6s - 8.4s) và với AVR (without PSS) là 3.8s (6s - 9.8s).



**Hình 6. Đặc tính công suất khi khởi động và tại thời điểm sau 6 giây khi mang tải**



**Hình 7. Đặc tính công suất tại thời điểm sau 6 giây khi mang tải (phóng lớn)**

Tương tự như trên, tại thời điểm ban đầu khi khởi động hệ thống (Hình 6), với thuật toán ANFIS thì đáp ứng công suất điện ngõ ra của máy phát điện  $P_e$  tiến đến xác lập chỉ sau 0.8s, với PSS2A là 2.5s và với AVR (without PSS) là 4.3s.

Sau 6s, tức là tại thời điểm  $t=6s$ , cho hệ thống điện mang tải có công suất 200MW, lúc này đáp ứng công suất điện ngõ ra của máy phát điện  $P_e$  như hình vẽ (Hình 7). Kết quả mô phỏng với thuật toán ANFIS có đáp ứng tốc độ góc xác lập sau 0.4s (6s - 6.4s), với PSS2A là 2.2s (6s - 8.2s) và với AVR (without PSS) là 3.4s (6s - 9.4s).

### 3. KẾT LUẬN

Với kết quả mô phỏng ở trên cho thấy, khi nghiên cứu bộ điều khiển dùng mạng nơron thích nghi suy luận mờ (ANFIS) thì khả năng tác động với kết quả đặc tính công suất điện và đặc tính tốc độ góc của máy phát điện ổn định nhanh hơn so với khi sử dụng bộ ổn định hệ thống điện PSS2A hoặc khi không có PSS. Như vậy, kết quả tính toán sử dụng bộ điều khiển với thuật toán ANFIS trong nghiên cứu này cho phép khuyến cáo sử dụng bộ điều khiển với thuật toán ANFIS nhằm ổn định tín hiệu dao động nhỏ trong hệ thống điện, tăng cường khả năng giảm xóc của hệ thống kích từ máy phát điện đối nhiễu nhỏ trong hệ thống điện. Nó giải quyết bài toán khi bị nhiễu nhỏ tác động trong lúc vận hành thao tác đóng – ngắt tải đối với hệ thống điện hoặc đóng – ngắt nguồn cấp từ các nhà máy điện vào lưới điện, đồng thời qua đó nó cũng thể hiện được tính chất ưu việt của hệ thống kích từ tĩnh dành cho máy phát điện đồng bộ trong hệ thống điện.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Nguyễn Phùng Quang, Matlab & Simulink Dành Cho Kỹ Sư Điều Khiển Tự Động, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội (2008).
- [2]. Nguyễn Đức Thành, Matlab và ứng dụng trong điều khiển, NXB ĐHQG TPHCM (2004).
- [3]. R. Sivakumar, C. Sahana, P. A. Savitha, Design of ANFIS based Estimation and Control for MIMO Systems, ISSN: 2248-9622, Vol. 2, Issue 3, May-Jun (2012) 2803–2809
- [4]. Jyh-Shing Roger Jang, ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System, IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, vol. 23, no. 3, may/june (1993) 665–685.
- [5]. 刘取, 电力系统稳定性及发电机励磁控制, 中国电力出版社 (2007).
- [6]. E.V. Larsen and D.A. Swann, Applying Power System Stabilizers, Parts I, II, and III, IEEE Trans., Vol. PAS-100, June (1981) 3017-3046
- [7]. Chee Mun Ong, Dynamic Simulation of Electric Machinery, Prentice Hall PTR (1998).
- [8]. Anders Hammer, Analysis of IEEE Power System Stabilizer Models, Master of Science in Electric Power Engineering, Norwegian University of Science and Technology (2011).
- [9]. Kundur P, Power System Stability and Control, McGraw–Hill Book (1994).
- [10]. IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies, IEEE Standard 421.5 (2005).
- [11]. Sauer Peter W. and Pai M. A, Power System Dynamics and Stability, Prentice Hall (1998).
- [12]. Sichuan Dongfeng Electric Machinery Works Co., Ltd, Hydrogenerator Product Instructions, Product type: SF32.3-16/4500, August (2008).