

## NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CHO HỆ THỐNG ĐIỀU CHỈNH MỨC NƯỚC BAO HƠI

Trần Huy Điệp - Nguyễn Như Hiên (*Trường ĐH Kỹ thuật công nghiệp - ĐH Thái Nguyên*)

### 1. Đặt vấn đề

Lò hơi đầu tiên được biết đến là một thiết bị sinh hơi được phát minh vào thế kỷ đầu tiên sau Công nguyên bởi Alexandria, nhưng thiết bị sinh hơi đó không được đưa vào sử dụng trong sản xuất. Đến năm 1698 một người Anh là Thomas Savery đã được cấp bằng sáng chế về bơm nước vận hành bằng hơi từ một lò hơi.

Trong thực tế, có hai loại lò hơi là lò hơi ống nước và lò hơi ống lửa. Trong lò hơi ống nước, nước chảy trong các ống mà chúng được đặt trên ngọn lửa trong buồng đốt. Nhiệt từ ngọn lửa được hấp thụ bởi các ống này và làm cho nước trong chúng được nóng lên tới sôi. Hơi sinh ra được thu lại từ các ống trong lò hơi. Trong lò hơi ống lửa, các ống không chứa nước mà chúng chỉ cho khói nóng đi bên trong từ buồng đốt để ra ống khói. Khi khói nóng đi trong các ống lửa mà các ống này được đặt chìm trong nước thì nước ở xung quanh các ống này nhận được nhiệt và nóng lên tới sôi và sinh hơi.

Ngày nay, hầu hết các nhà máy nhiệt điện lớn, các trung tâm nhiệt điện và các tàu thủy lớn đều sử dụng các lò hơi loại ống nước. Chúng có hiệu suất cao và có thể chế tạo được với các áp suất lớn.

### 2. Cấu tạo và đặc tính kỹ thuật lò bkz-220-100-10c

#### 2.1. Cấu tạo

Lò hơi loại BKZ-220-100-10C do Liên Xô chế tạo, đây là loại lò hơi có một Balông, ống nước đứng, tuần hoàn tự nhiên, đây là loại lò si khô. Lò có cấu tạo hình chữ  $\Pi$  buồng đốt chính là nhánh của đường khói đi lên đầu tiên, trong đường khói nằm ngang có đặt các bộ quá nhiệt (bộ sấy hơi). Trong đường khói đi xuống có đặt xen kẽ bộ hâm nước và bộ sấy không khí.

Buồng đốt của lò kiểu hở, cấu tạo bởi các giàn ống sinh hơi hàn sẵn. Các giàn ống sinh hơi vách trước và vách sau ở phía dưới tạo thành các mặt phẳng nghiêng với góc nghiêng  $50^{\circ}$ . Buồng đốt được trang bị 4 vòi đốt than kiểu xoay lắp đặt tại các vách bên ở các độ cao khác nhau ( $\nabla 9850$  và  $\nabla 12700$  mm). Các vòi đốt gió cấp 3 (gió sau phân ly than mịn) được lắp tại 4 góc lò.

Để tạo thuận lợi cho quá trình cháy, các ống sinh hơi của vùng đặt vòi đốt chính được đặt một vòi phun dầu đốt theo kiểu cơ khí có năng suất 2000 kg/h. Để thu được hơi có chất lượng cao lò sử dụng sơ đồ bốc hơi 2 cấp. Balông của lò hình trụ có đường kính trong là 1.600mm, chiều dài là 12.700mm và bề dày 88mm.

Sơ đồ tuần hoàn của lò phân chia theo các giàn ống thành 14 vòng tuần hoàn nhỏ độc lập nhằm tăng độ tin cậy của quá trình tuần hoàn. Bộ quá nhiệt của lò là bộ quá nhiệt hỗn hợp nửa bức xạ nửa đối lưu. Việc điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt được thực hiện nhờ các bộ giảm ôn phun cấp 1 và cấp 2. Để kiểm tra chất lượng nước cấp, hơi, nước ngưng giảm ôn, trên lò có đặt hệ thống thiết bị lấy mẫu. Việc làm sạch khói trước khi thải ra ngoài trời người ta lắp đặt bộ lọc bụi tĩnh điện. Ngoài ra lò còn được lắp đặt các thiết bị thải xỉ liên tục đã được cơ giới hoá.

Cấu tạo lò hơi BKZ-220-100-10C được mô tả trên hình 1.

### 2.2. Các thông số kỹ thuật của lò BKZ-220-100-10C

Năng suất lò:  $D = 220$  T/h; Nhiệt độ hơi quá nhiệt:  $t_{qnh} = 540^{\circ}\text{C}$ ;

áp suất hơi quá nhiệt:  $P_{qnh} = 100$  KG/cm<sup>2</sup>; Nhiệt độ nước cấp:  $t_{nc} = 230^{\circ}\text{C}$ ;

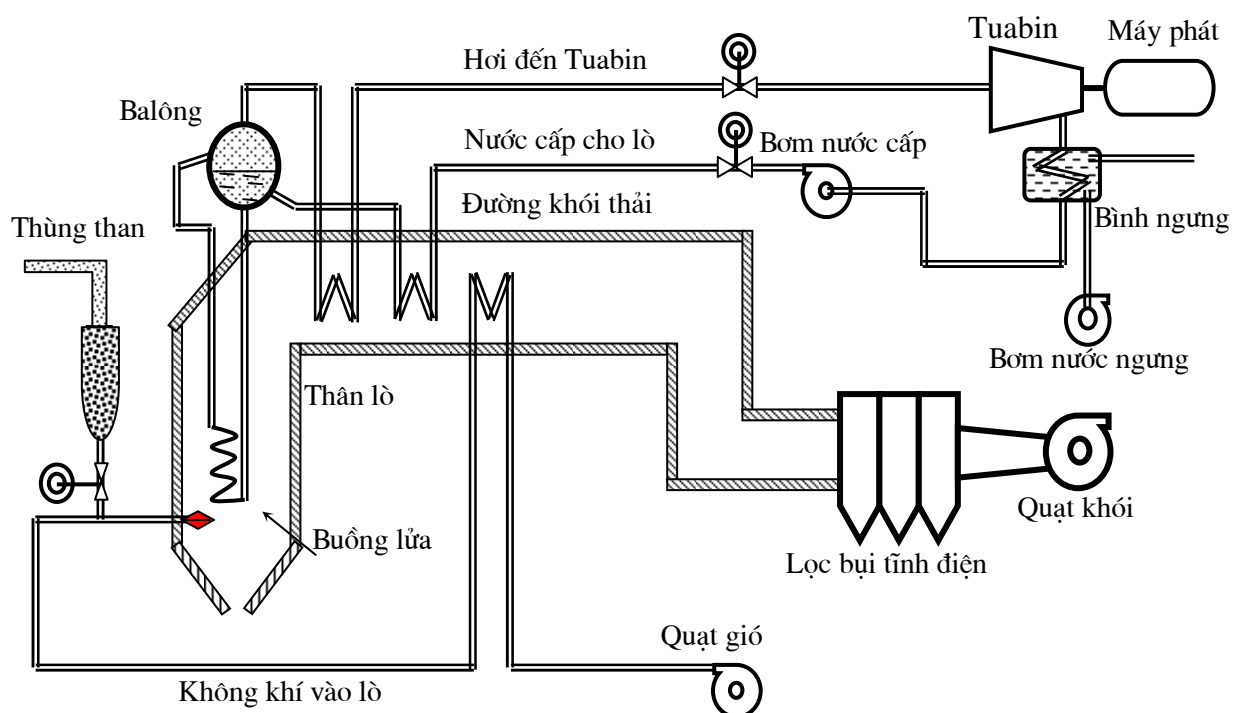
áp suất trong Balông:  $P_h = 112,6$  KG/cm<sup>2</sup>; Nhiệt độ khói thoát:  $t_{kt} = 133^{\circ}\text{C}$ ;

Hiệu suất thô của lò:  $\eta = 86,05\%$ ; Tổn thất do khói thoát:  $q_2 = 5,4\%$ ;

Tổn thất do cháy không hoàn toàn về hoá học:  $q_3 = 0$ ;

Tổn thất do toả ra môi trường ngoài:  $q_5 = 0,54\%$ ;

Tổn thất do cơ giới:  $q_4 = 8\%$ ; Tổn thất do xỉ mang ra ngoài:  $q_6 = 0,06\%$ .



Hình 1: Cấu tạo lò hơi BKZ-220-100-10C

### 2.3. Bộ điều chỉnh cấp nước cho Balong

Mức nước Balong là một trong những thông số quan trọng của lò hơi, nó phản ánh sự cân bằng vòng tuần hoàn tự nhiên của lò hơi. Nếu mức nước trong Balong tăng làm cho thể tích chứa hơi trong Balong giảm, làm giảm năng suất bốc hơi của lò và làm giảm nhiệt độ hơi quá nhiệt. Nếu mức nước trong Balong giảm thấp có thể làm phá vỡ vòng tuần hoàn tự nhiên của lò hơi, dẫn đến làm hư hỏng các đường ống sinh hơi. Chính vì lý do trên mà người ta cần thiết kế bộ tự động điều chỉnh nước cấp cho Balong. Các yếu tố ảnh hưởng đến mức nước Balong: Lưu lượng nước cấp, lưu lượng hơi; Phụ tải nhiệt của lò.

Khi phụ tải nhiệt giảm làm giảm lượng hơi trong nước trong Balong, dẫn đến làm giảm mức nước trong Balong.

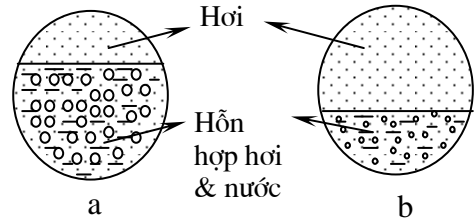
Khi phụ tải nhiệt tăng làm tăng lượng hơi trong nước của Balong, dẫn đến làm tăng mức nước trong Balong.

Sự phụ thuộc của mức nước Balong vào phụ tải nhiệt được minh họa bằng hình 2

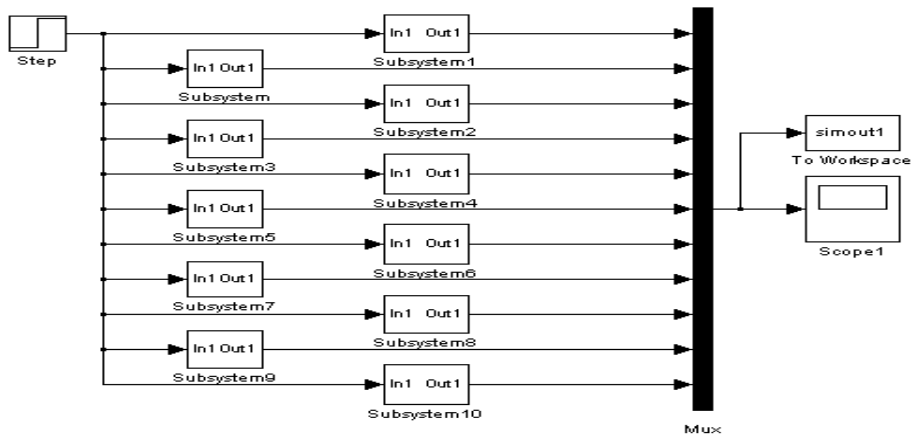
2.4. Mô phỏng hệ thống điều chỉnh mức nước bao hơi.

Từ cấu trúc điều khiển quá trình đang sử dụng của lò hơi với bộ điều chỉnh mức nước bao hơi dùng luật PID với hàm truyền (Hình 3):

$$W_{PID}(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$$

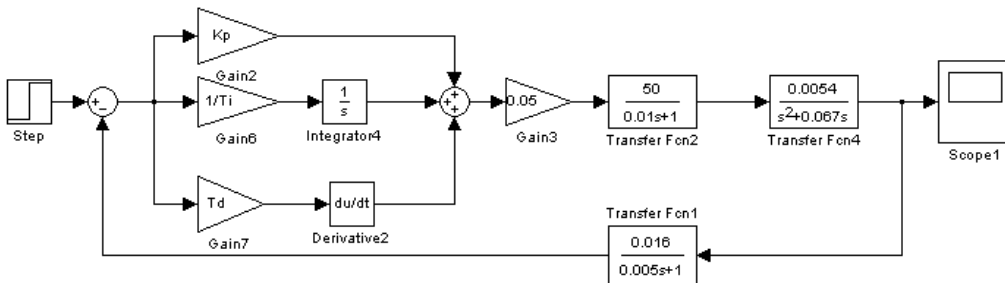


Hình 2. Hồn hợp hơi và nước trong Balong  
a./ Khi phụ tải nhiệt tăng.  
b./ Khi phụ tải nhiệt giảm.



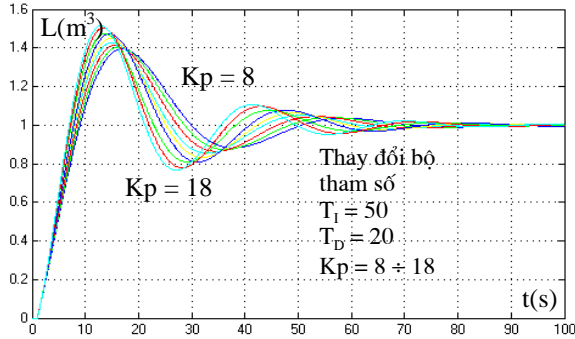
Hình 3: Các sơ đồ Subsystem cho mạch vòng mức nước bao hơi trong MatlaBSimunink.

Một Subsystem được xây dựng dựa theo các hàm truyền đạt của các khâu trong hệ điều chỉnh mức nước bao hơi của lò hơi với bộ số  $K_p$ ,  $T_I$ ,  $T_D$  thay đổi như sau (Hình 4):

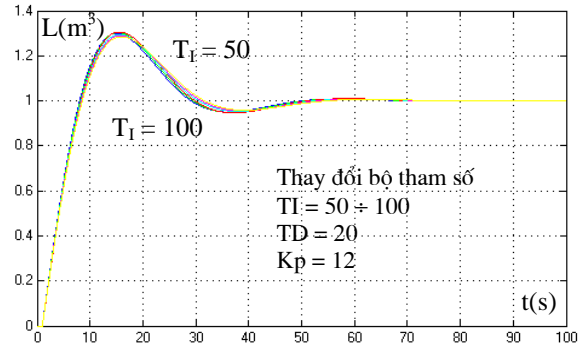


Hình 4: Một sơ đồ Subsystem cho mạch vòng mức nước bao hơi trong MatlaBSimunink.

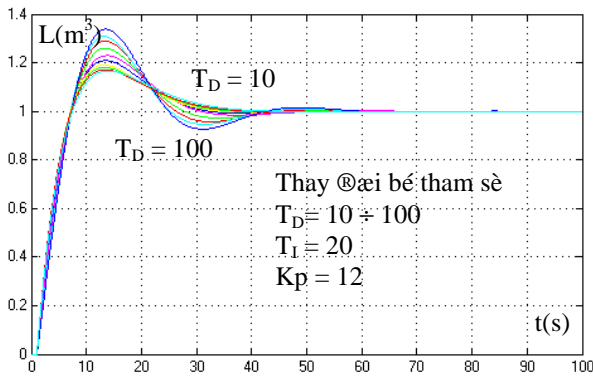
Dựa vào bộ tham số xác định theo tính toán lý thuyết, cho chạy chương trình khi thay đổi  $K_p$ ,  $T_I$  và  $T_D$  như sau (các hình 5, 6, 7 và 8):



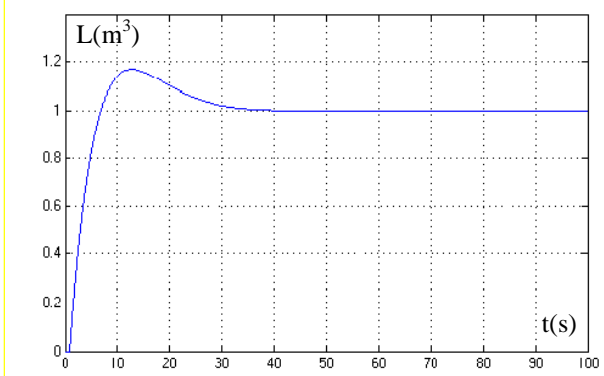
Hình 5: Đặc tính quá độ của mức nước bao hơi khi thay đổi tham số khuếch đại của bộ điều chỉnh.



Hình 6: Đặc tính quá độ của mức nước bao hơi khi thay đổi tham số thời gian tích phân của bộ điều chỉnh.



Hình 7: Đặc tính quá độ của mức nước bao hơi khi thay đổi tham số thời gian vi phân của bộ điều chỉnh.

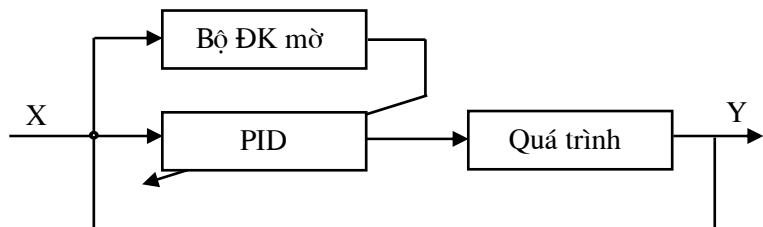


Hình 8: Đặc tính quá độ của mức nước bao hơi với tham số bộ điều chỉnh PID tối ưu.

Nhận xét: Theo kết quả mô phỏng thử đối tượng bao hơi xét theo quan điểm điều chỉnh mức nước có quá trình quá độ ổn định với chất lượng điều chỉnh như sau:

Độ quá điều chỉnh  $\delta = 10\%$ , thời gian quá độ  $t_{qd} = 40s$  ứng với biên giới ổn định  $\Delta = \pm 5\%$ ; thời gian đáp ứng  $t_m = 7s$ ; thời gian có quá điều chỉnh  $\delta = 33s$ .

Với bộ tham số trên cho thấy tính chất suy giảm của quá trình quá độ và tính tác động nhanh của hệ thống chỉ phù hợp với điều chỉnh mức của các lò hơi công suất trung bình và nhỏ.



Hình 9. Bộ điều khiển mờ lai

### 2.5. Ứng dụng bộ điều khiển mờ cho hệ thống điều chỉnh mức nước bao hơi.

Vì các hệ số của bộ điều khiển PID chỉ được tính toán cho một chế độ làm việc cụ thể của hệ thống, do vậy trong quá trình vận hành luôn phải chỉnh định các hệ số này cho phù hợp

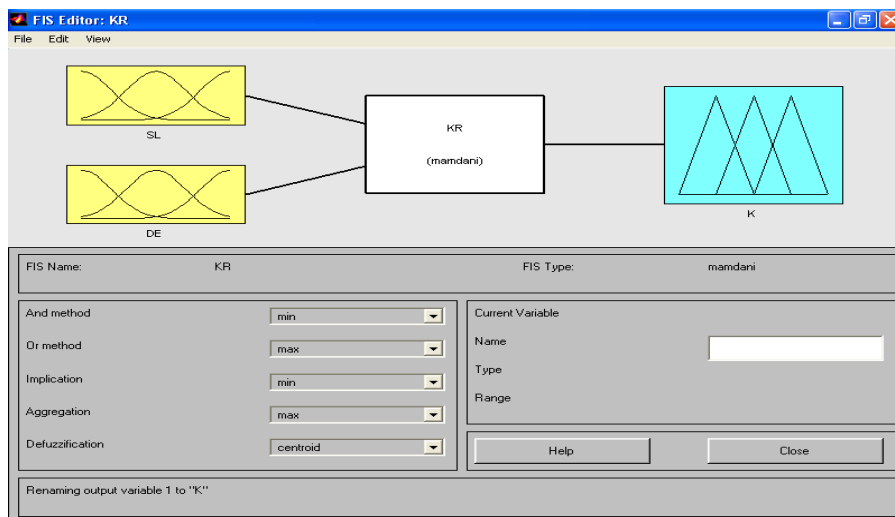
với thực tế để phát huy tốt hiệu quả của bộ điều chỉnh và công việc này thường được các nhân viên vận hành tiến hành theo kiểu “thăm dò”. Dựa theo nguyên lý chỉnh định đó, có thể thiết kế bộ điều chỉnh mờ ở vòng ngoài để chỉnh định tham số bộ PID ở vòng trong.

2.5.1. Thiết kế bộ điều khiển mờ để chỉnh định tham số bộ điều khiển PID

Xét hệ điều khiển có cấu trúc như hình 9 với bộ điều khiển bên trong dùng PID truyền thống, còn bên ngoài dùng bộ điều khiển mờ để tự động chỉnh định tham số của bộ PID.

Ưu điểm chính của hệ điều khiển nối nhiều vòng là có thể thiết kế bộ điều khiển cho mỗi vòng theo yêu cầu chất lượng riêng của vòng đó, vì vậy bộ điều khiển sẽ đơn giản hơn và chất lượng cao hơn.

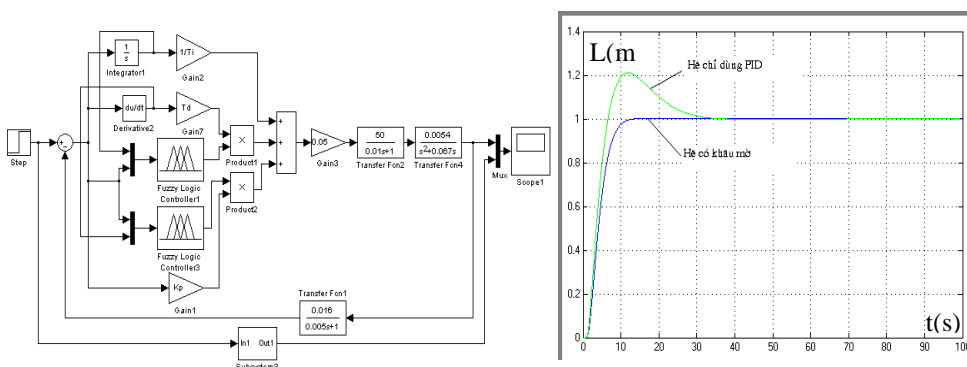
Bộ điều khiển mờ được thiết kế trong MatLaB – Simulink, có hai đầu vào và một đầu ra, giải mờ theo điểm trọng tâm (hình 10).



Hình 10. Bộ điều khiển mờ có hai đầu vào và một đầu ra

2.5.2. Kết quả mô phỏng

Cấu trúc mô phỏng hệ thống và kết quả điều khiển mức nước bao hơi trong lò hơi của bộ điều khiển mờ lai thực hiện trong phần mềm Matlab như hình 11.



Hình 11: Sơ đồ mô phỏng và kết quả mô phỏng

### 3. Kết luận


Căn cứ vào kết quả mô phỏng đối tượng bao hơi xét theo quan điểm điều chỉnh mức nước, có thể thấy quá trình quá độ ổn định với chất lượng điều chỉnh như sau:

Độ quá điều chỉnh  $\delta = 0\%$

Thời gian quá độ  $t_{qd} = 15s$  ứng với biên giới ổn định  $\Delta = \pm 5\%$

Thời gian đáp ứng  $t_m = 12s$ .

Thời gian có quá điều chỉnh  $t_\delta = 0$

Như vậy với hệ điều khiển có cấu trúc như hình 6 với bộ điều khiển bên trong dùng PID truyền thống, còn bên ngoài dùng bộ điều khiển mờ để tự động chỉnh định tham số của bộ PID cho kết quả điều chỉnh của bộ điều khiển mờ lai tốt hơn so với hệ dùng PID 

### Tóm tắt

Lò hơi là thiết bị quan trọng nhất của các quá trình sản xuất trong công nghiệp như quá trình sản xuất điện, sản xuất giấy,... Điều khiển hoạt động của lò hơi cũng là dạng điều khiển quá trình. Qua từng thời kỳ khác nhau, đã có những thuật điều khiển tương ứng, hiện tại thường được sử dụng bộ điều khiển theo luật PID. Bài báo đề cập nghiên cứu ứng dụng phương pháp điều khiển mờ, từ đó thiết kế bộ điều khiển mờ nhằm nâng cao chất lượng điều khiển cho lò hơi của nhà máy nhiệt điện Uông Bí.

### Summary

Boiler is the most important device in production processes in industry such as power production process, paper production process... Controlling the operation of the steam furnace is also process control. Over different periods, there are a lot of control methods relatively; currently, the controller with PID rule is usually applied. This paper introduces researches of applying fuzzy control, from that point, fuzzy controller is designed in order to improve control quality of the boiler of Uong Bi thermal power plant.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Trọng Thuân: *Điều khiển logic và ứng dụng*
- [2] Nguyễn Doãn Phước - Phan Xuân Minh: *Lý thuyết điều khiển mờ*
- [3] Võ Quang Lạp - Trần Thọ: *Cơ sở điều khiển tự động truyền động điện*
- [4] Nguyễn Phùng Quang: *Matlab & Simulink*
- [5] Hoàng Minh Sơn: *Mạng truyền thông công nghiệp*
- [6] Trương Duy Nghĩa, Nguyễn Sĩ Mão: *Thiết bị lò hơi*
- [7] Randy Chow - Theodore Johnson: *Distributed Operating System & Algorithms*
- [8] A.G.Butkovskid: *Distributed Control System*
- [9] Lampson B.W - Paul M. and Siegert H.J.: *Distributed System Architecture and Impementation*
- [10] Bùi Quốc Khánh: *Hệ điều khiển DCS cho nhà máy sản xuất điện năng.*