

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

**BÙI VĂN TÂN**

**THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI ĐỂ ỔN ĐỊNH  
ÁP SUẤT TRONG HỆ THỐNG MỨC NƯỚC BAO HƠI  
CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**  
**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
LỜI NÓI ĐẦU	6
CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ LÒ HƠI VÀ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI ĐỂ ỔN ĐỊNH ÁP SUẤT CỦA HỆ THỐNG BÌNH BAO HƠI TRONG NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN NÓI CHUNG	9
1.1. Tổng quan về nhà máy nhiệt điện	9
1.1.1. Nguyên lý hoạt động của nhà máy nhiệt điện	9
1.1.2. Chu trình nhiệt trong nhà máy nhiệt điện	10
1.2. Lò hơi nhà máy nhiệt điện	11
1.2.1. Nhiệm vụ của lò hơi	11
1.2.2 Cấu tạo của lò hơi	11
1.2.3 Hệ thống điều khiển lò hơi	13
1.2.3.1 Lò hơi là một đối tượng điều khiển	13
1.2.3.2 Giới thiệu chung hệ thống điều khiển lò hơi	14
1.3. Nghiên cứu về hệ thống điều chỉnh áp suất bao hơi trong nhà máy nhiệt điện	15
1.3.1. Đặt vấn đề	15
1.3.2 Hệ điều khiển bao hơi	17
1.3.3. Mục tiêu của nghiên cứu	18
1.3.4. Dự kiến các kết quả đạt được	19
1.4. Kết luận chương 1	19
CHƯƠNG 2: MÔ TẢ TOÁN HỌC CHO ĐỐI TƯỢNG ĐIỀU KHIỂN ỔN ĐỊNH ÁP SUẤT TRONG HỆ THỐNG BÌNH BAO HƠI NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN	20
2.1. Đặt vấn đề	20
2.2. Mô tả toán học cho các thành phần trong hệ thống điều khiển ổn định áp suất trong hệ thống mức nước bao hơi nhà máy nhiệt điện	22
2.2.1. Cấu trúc điều khiển hệ thống áp suất bình bao hơi	22
2.2.2. Xây dựng hàm truyền các thành phần của hệ thống	22
2.2.2.1. Thiết bị đo	22
2.2.2.2. Thiết bị chấp hành	25

2.2.2.3. Bình bao hơi	29
2.3. Hàm truyền của hệ thống	31
2.4. Kết luận:	32
<b>CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID ĐỂ ĐIỀU KHIỂN ỔN ĐỊNH ÁP SUẤT TRONG HỆ THỐNG BÌNH BAO HƠI BẰNG MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM</b>	<b>33</b>
3.1. Giới thiệu chung	33
3.2. Tổng quan bộ điều khiển PID	33
3.2.1. Thiết kế bộ điều khiển trên cơ sở hàm quá độ $h(t)$	34
3.2.1.1. Phương pháp Ziegler – Nichols	34
3.2.1.2. Phương pháp Chien – Hrones – Reswick	35
3.2.1.3. Phương pháp hằng số thời gian tổng của Kuhn	36
3.2.2. Thiết kế điều khiển ở miền tần số	36
3.2.2.1. Nguyên tắc thiết kế	36
3.2.2.2. Phương pháp tối ưu modul	37
3.2.2.3. Phương pháp tối ưu đối xứng	38
3.3. Thiết kế điều khiển áp suất bao hơi	39
3.4. Đánh giá chất lượng hệ thống bằng mô phỏng trên Matlab – Simulink	40
3.4.1. Sơ đồ mô phỏng bằng matlab – Simulink	40
3.4.2. Các kết quả mô phỏng	41
3.5. Đánh giá chất lượng hệ thống bằng thực nghiệm	42
3.5.1. Cấu hình thực nghiệm về điều khiển mức tại trung tâm thí nghiệm	42
3.5.2. Giới thiệu về mô hình thực nghiệm	44
3.5.3. Các kết quả thực nghiệm	47
3.5.4. So sánh với kết quả mô phỏng	48
3.6. Kết luận chương 3	48
<b>CHƯƠNG 4: THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI ĐỂ ỔN ĐỊNH ÁP SUẤT TRONG HỆ THỐNG BÌNH BAO HƠI</b>	<b>49</b>
<b>4.1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN</b>	<b>49</b>
4.1.1. Tổng quan về điều khiển thích nghi	49
4.1.2. Tổng hợp hệ điều khiển thích nghi trên cơ sở lý thuyết tối ưu cục bộ (phương pháp Gradient)	51
4.1.3. Tổng hợp hệ thống điều khiển thích nghi dùng lý thuyết	56

<b>Lyapunov</b>	
<b>4.2. Sơ đồ và kết quả mô phỏng với phương pháp điều khiển thích nghi</b>	<b>59</b>
<b>4.2.1. Sơ đồ mô phỏng</b>	<b>59</b>
<b>4.2.2. Kết quả mô phỏng</b>	<b>60</b>
<b>4.3. Kết luận</b>	<b>61</b>
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ</b>	<b>62</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>	<b>63</b>

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

<i>Hình 1.1. Quá trình chuyển hóa năng lượng</i>	10
<i>Hình1.2: Sơ đồ chu trình nhiệt của một tổ máy</i>	11
<i>Hình 1.3: Nguyên lí cấu tạo của lò hơi</i>	12
<i>Hình1.4: Một số bộ phận chính của lò hơi đốt than phun</i>	13
<i>Hình 1.5: Cấu trúc chung của hệ thống điều khiển lò hơi</i>	15
<i>Hình 2.1: Sơ đồ khối một vòng của hệ thống điều khiển quá trình</i>	22
<i>Hình 2.2: Cấu trúc cơ bản của một thiết bị đo quá trình</i>	23
<i>Hình 2.3: Một số hình ảnh thiết bị đo công nghiệp</i>	24
<i>Hình 2.4: Cấu trúc cơ bản của thiết bị chấp hành</i>	26
<i>Hình 2.5: Cấu trúc tiêu biểu của một van cầu khí nén</i>	26
<i>Hình 2.6: Biểu tượng và ký hiệu cho kiểu tác động của van điều khiển</i>	28
<i>Hình 2.7: Bao hơi nhà máy nhiệt điện</i>	30
<i>Hình 2.8:Cấu trúc mô tả toán học của toàn hệ thống</i>	32
<i>Hình 3.1: Sơ đồ khối bộ điều khiển tuyến tính (PID)</i>	33
<i>Hình 3.2: Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển PID</i>	34
<i>Hình 3.3: Đồ thị quá độ</i>	35
<i>Hình 3.4: Sơ đồ hệ thống điều khiển</i>	36
<i>Hình 3.5: Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển áp suất bao hơi nhà máy nhiệt điện</i>	39
<i>Hình 3.6: Cấu trúc mô phỏng điều khiển mức nước cấp bao hơi</i>	40
<i>Hình 3.7: Đáp ứng của hệ thống áp suất với lượng đặt <math>P_{dat} = 1,5at</math></i>	41
<i>Hình 3.8: Đáp ứng của hệ thống áp suất với lượng đặt nhảy bậc từ <math>P_{dat} = 1,5at</math> lên <math>2at</math></i>	41
<i>Hình 3.9: Cấu trúc thí nghiệm điều khiển mức nước cấp bình bao hơi</i>	42
<i>Hình 3.10: Bao hơi</i>	42
<i>Hình 3.11: Giao diện trong thí nghiệm điều khiển áp suất bình bao hơi</i>	43
<i>Hình 3.12: Giao diện kết quả thí nghiệm điều khiển áp suất bình bao hơi</i>	43
<i>Hình 3.13: Kết quả thí nghiệm điều khiển áp suất với <math>K_P = 100; K_I = 20; K_D = 0,5</math></i>	47
<i>Hình 3.14: Kết quả thí nghiệm điều khiển áp suất với <math>K_P = 10; K_I = 20; K_D = 0,5</math></i>	48
<i>Hình 4.1: Cấu trúc cơ bản của hệ thống thích nghi</i>	49

<i>Hình 4.2: Điều chỉnh hệ số khuếch đại</i>	<b>50</b>
<i>Hình 4.3: Điều khiển theo mô hình mẫu</i>	<b>51</b>
<i>Hình 4.4: Điều khiển tự chỉnh</i>	<b>51</b>
<i>Hình 4.5: Cấu trúc mô hình mẫu song song</i>	<b>51</b>
<i>Hình 4.6: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu bậc nhất</i>	<b>56</b>
<i>Hình 4.7: Kết quả mô phỏng thích nghi kinh điển pp Gradient: hình a, với <math>K=5, T=0.5s</math>; hình b, với <math>K=7, T=0.8s</math></i>	<b>56</b>
<i>Hình 4.8: Minh họa phương pháp Lyapunov với việc khảo sát tính ổn định</i>	<b>57</b>
<i>Hình 4.9: Sơ đồ khối hệ MRAS dựa trên lý thuyết Liapunov</i>	<b>58</b>
<i>Hình 4.10: Đáp ứng hệ thống thích nghi kinh điển kiểu Liapunov: hình a, với <math>K=5, T=0.5s</math>; hình b, với <math>K=7, T=0.8s</math></i>	<b>59</b>
<i>Hình 4.11: Sơ đồ mô phỏng theo phương pháp thích nghi Gradient</i>	<b>59</b>
<i>Hình 4.12: Sơ đồ mô phỏng so sánh phương pháp thích nghi và PID</i>	<b>60</b>
<i>Hình 4.13: Đáp ứng áp suất bình bao hơi theo phương pháp đk thích nghi</i>	<b>60</b>
<i>Hình 4.14: Đáp ứng áp suất bình bao hơi theo phương pháp đk thích nghi và PID</i>	<b>61</b>

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Công nghiệp năng lượng có vai trò hết sức quan trọng trong công cuộc xây dựng phát triển nền kinh tế quốc dân, góp phần rất lớn vào việc ổn định phát triển của xã hội, an ninh, quốc phòng... Cùng với sự phát triển kinh tế của đất nước, hiện nay nước ta đã và đang xây dựng nhiều nhà máy nhiệt điện công nghệ hiện đại để phục vụ cho nhu cầu xây dựng, phát triển của xã hội và quá trình công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước. Có rất nhiều nhà máy nhiệt điện đã và đang được xây dựng, cũng như các nhà máy đang được khai thác như nhà máy nhiệt điện Phả Lại... Cũng như một số các lò hơi công nghiệp khác đang rất cần có sự thay đổi bộ điều khiển PD cũ (do Liên Xô cũ sản xuất) bằng các bộ điều khiển mới hiện đại hơn.

Trong các nhà máy nhiệt điện, lò hơi sản xuất ra hơi để làm quay tuốc- bin, phục vụ cho việc sản xuất điện năng và cũng là thiết bị lớn nhất và vận hành phức tạp nhất, là một hệ thống có nhiều đầu vào và nhiều đầu ra. Hệ thống điều khiển lò hơi là một hệ thống điều khiển phức tạp, giám sát và điều khiển hàng trăm tham số. Hệ thống có cấu trúc phức tạp với hàng trăm mạch vòng điều khiển khác nhau.

Nhiệm vụ của công tác vận hành lò hơi là đảm bảo sao cho lò hơi làm việc ở trạng thái kinh tế nhất, an toàn nhất trong một thời gian lâu dài.

Việc tự động hóa lò hơi chủ yếu tập trung vào vấn đề điều khiển tự động các quá trình trong lò để đảm bảo cho lò làm việc ổn định và kinh tế nhất bằng cách điều chỉnh năm quan hệ: phụ tải – nhiên liệu, phụ tải – không khí, phụ tải – khói thải, phụ tải – mức nước bao hơi và phụ tải – xả liên tục.

Từ những chỉ tiêu đặt ra, hệ thống điều khiển lò hơi phải được cấu thành từ một số bộ điều chỉnh tương đối độc lập với nhau gồm:

- Hệ thống điều chỉnh mức nước bao hơi.
- Hệ thống điều chỉnh nhiệt độ hơi quá nhiệt.
- Hệ thống điều chỉnh quá trình cháy.
- Hệ thống điều chỉnh sản lượng hơi.
- Hệ thống điều chỉnh áp suất hơi

Trong đó hệ thống điều chỉnh áp suất bao hơi là một trong những khâu trọng yếu của hệ điều khiển lò hơi, đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao chất lượng hệ thống điều khiển lò hơi.

Việc đưa ra phương pháp điều khiển hiện đại áp dụng cho một hệ thống điều khiển quá trình, cụ thể là điều khiển áp suất bao hơi của nhà máy nhiệt điện, đảm bảo khả năng hoạt động tốt trong mọi chế độ làm việc đòi hỏi các nhà khoa học không ngừng phát triển nghiên cứu. Vì vậy nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển thích nghi nhằm nâng cao chất lượng cho hệ thống ổn định áp suất bao hơi là cấp thiết. Xuất phát từ thực tiễn đó, việc “**Thiết kế bộ điều khiển thích nghi để ổn định áp suất trong hệ thống mức nước bao hơi của nhà máy nhiệt điện**” sẽ tiết kiệm được nhiên liệu, nâng cao chất lượng điều khiển, từ đó góp phần nâng cao hiệu suất sản xuất và năng suất thúc đẩy phát triển kinh tế.

## **2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài**

### **2.1. Ý nghĩa khoa học**

Kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ góp phần củng cố bổ sung cho cơ sở lý thuyết về điều khiển thích nghi để ổn định áp suất trong hệ thống mức nước bao hơi của nhà máy Nhiệt điện.

### **2.2. Ý nghĩa thực tiễn**

Kết quả nghiên cứu của đề tài có thể ứng dụng vào điều khiển và ổn định áp suất mức nước trong hệ thống mức nước bao hơi của nhà máy Nhiệt điện.

## **3. Nội dung nghiên cứu**

- Tổng quan về lò hơi và điều khiển thích nghi để ổn định áp suất trong hệ thống mức nước bao hơi nói chung.
- Giới thiệu, phân tích công nghệ điều khiển thích nghi để ổn định áp suất, hệ thống mức nước bao hơi của nhà máy Nhiệt điện.
- Nhận dạng đối tượng điều khiển, phần điều khiển và ổn định áp suất từ mô hình lò hơi của nhà máy nhiệt điện tại Trung tâm Thí nghiệm Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp.
- Thiết kế bộ điều khiển PID cho hệ điều khiển thích nghi để ổn định áp suất trong hệ thống mức nước bao hơi của nhà máy Nhiệt điện.
- Thiết kế bộ điều khiển thích nghi để ổn định áp suất trong hệ thống mức nước bao hơi của nhà máy Nhiệt điện
- So sánh kết quả thu được với các phương pháp đang được ứng dụng để rút ra kết luận và ý kiến đề xuất.
- Nghiên cứu điều khiển hệ thống bằng mô phỏng.
- Nghiên cứu bằng thực nghiệm



#### **4. nội dung của luận văn**

Với mục tiêu đặt ra, nội dung luận văn bao gồm các chương sau:

Chương 1: Giới thiệu tổng quan về lò hơi và điều khiển thích nghi để ổn định áp suất của hệ thống bình bao hơi trong nhà máy nhiệt điện nói chung.

Chương 2: Mô tả toán học cho đối tượng điều khiển ổn định áp suất trong hệ thống bình bao hơi nhà máy nhiệt điện.

Chương 3: Thiết kế bộ điều khiển PID để điều khiển ổn định áp suất trong hệ thống bình bao hơi bằng mô phỏng và thực nghiệm.

Chương 4: Thiết kế bộ điều khiển thích nghi để ổn định áp suất trong hệ thống bình bao hơi.

Kết luận và kiến nghị.

### **Chương 1**

## **GIỚI THIỆU TỔNG QUAN VỀ LÒ HƠI VÀ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI ĐỂ ỔN ĐỊNH ÁP SUẤT CỦA HỆ THỐNG BÌNH BAO HƠI TRONG NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN NÓI CHUNG**

## **1.1. Tổng quan về nhà máy nhiệt điện**

Nhà máy nhiệt điện chiếm một thị phần quan trọng trong ngành sản xuất điện năng của đất nước. Nhà máy nhiệt điện hoạt động dựa trên nguyên tắc chuyển hóa nhiệt năng thành cơ năng rồi sau đó thành điện năng.

Ở đây nhiệt năng được tạo thành từ việc đốt cháy các nhiên liệu: than đá, khí thiên nhiên, dầu mỏ... tại buồng đốt làm nước trong lò hơi nóng lên chuyển hóa thành hơi nước. Hơi nước (với các điều kiện về áp suất, nhiệt độ, lưu lượng) được đưa tới tuabin sinh công. Điện năng thu được ở đầu ra của máy phát sẽ được đưa qua hệ thống các trạm biến áp để nâng lên cấp điện áp thích hợp trước khi hòa vào lưới điện quốc gia.

### **1.1.1. Nguyên lý hoạt động của nhà máy nhiệt điện**

Nguyên lý sản xuất điện của nhà máy nhiệt điện là chuyển hoá nhiệt năng từ đốt cháy các loại nhiên liệu trong lò hơi “như than và khí thiên nhiên,...” thành cơ năng làm quay tuabin, rồi chuyển cơ năng của tuabin thành năng lượng điện trong máy phát điện.

Nhiệt năng được dẫn đến tuabin qua môi trường dẫn nhiệt là hơi nước. Hơi nước chỉ là môi trường truyền tải nhiệt năng đi nhưng hơi nước vẫn phải đảm bảo chất lượng ( như phải đủ áp suất, đủ độ khô,...) trước khi đưa vào tuabin để sinh công. Nhiệt năng cung cấp càng nhiều thì năng lượng điện phát ra càng lớn và ngược lại. Điện áp phát ra ở đầu cực máy phát điện sẽ được đưa qua hệ thống trạm biến áp để nâng lên và đạt cấp điện áp phù hợp trước khi hoà vào mạng lưới điện quốc gia.

Quá trình chuyển hoá năng lượng từ năng lượng hoá năng chứa trong nhiên liệu thành nhiệt năng bởi quá trình đốt cháy nhiên liệu. Nhiệt năng của quá trình đốt cháy nhiên liệu được cấp cho quá trình tạo hơi bão hoà mang nhiệt năng. Hơi bão hoà là môi trường truyền nhiệt từ lò đến tuabin. Tại tuabin nhiệt năng biến đổi thành cơ năng, sau đó từ cơ năng chuyển hoá thành điện năng. Quá trình chuyển hoá năng lượng đó có thể được thể hiện qua mô hình sau: