

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

DƯƠNG ĐĂNG PHONG

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI
CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

Thái Nguyên - 2014

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
ĐẶT VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	3
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ.....	7
Giới thiệu	7
1.1. CÁC YÊU CẦU CƠ BẢN CỦA HỆ TRUYỀN ĐỘNG QUA BÁNH RĂNG	7
1.1.1. Truyền động chính xác	8
1.1.2. Truyền động tốc độ cao	8
1.1.3. Truyền động công suất lớn	8
1.1.4. Độ hở mặt bên	8
1.2. NHỮNG ẢNH HƯỞNG TÁC ĐỘNG ĐẾN HỆ TRUYỀN ĐỘNG QUA BÁNH RĂNG..	9
1.2.1. Ảnh hưởng của đàn hồi đến phần cơ của hệ thống truyền động	13
1.2.2. Ảnh hưởng của ma sát trong hệ thống truyền động.....	14
1.2.3. Ảnh hưởng của khe hở trong hệ thống truyền động	15
1.3. NHỮNG ĐẶC TRƯNG ĂN KHỚP CỦA CẶP BÁNH RĂNG	18
1.3.1. Điều kiện ăn khớp đúng	19
1.3.2. Điều kiện ăn khớp trùng	19
1.3.3. Điều kiện ăn khớp khít	20
1.4. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC.....	22
1.4.1. Xây dựng mô hình toán học theo các đặc trưng ăn khớp của cặp bánh răng	22
1.4.2. Xây dựng mô hình toán khi xét tới yếu tố đàn hồi c và momen ma sát M_{ms}	24
Kết luận chương 1.	28
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN	29
2.1. GIỚI THIỆU CHUNG	29
2.1.1. Cấu trúc chung của hệ thống điều khiển	29
2.1.2. Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng hệ điều khiển	30
2.1.3. Các hệ điều khiển kinh điển	32
2.2. ĐIỀU KHIỂN PID TUYẾN TÍNH	35
2.2.1 Bộ điều khiển tỷ lệ, vi phân, tích phân	35
2.2.2. Các bộ điều khiển tỷ lệ tích phân, tỷ lệ vi phân, tỷ lệ vi tích phân.	39
2.2.3. Các bộ điều khiển PID số.....	44
2.3. Điều khiển PID phi tuyến.....	46
2.3.1. Mô tả hệ phi tuyến.....	46
2.3.2. Đặc điểm hệ phi tuyến.....	46
2.3.3. Các khâu phi tuyến điển hình.....	48
2.4. ĐIỀU KHIỂN MỜ KINH ĐIỂN VÀ LOGIC MỜ	57

2.4.1. Khái quát về lý thuyết điều khiển mờ	57
2.4.2. Định nghĩa tập mờ	58
2.4.3. Biến mờ, hàm biến mờ, biến ngôn ngữ	60
2.4.4. Suy luận mờ và luật hợp thành	60
2.4.5. Cấu trúc bộ điều khiển mờ	62
2.4.6. Phân loại điều khiển mờ và các mờ cơ bản	69
2.5. ĐIỀU KHIỂN PID MỜ	70
2.5.1. Hệ điều khiển thích nghi mờ	70
2.5.2. Hệ điều khiển mờ lai	71
2.5.3. Bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số bộ điều khiển PD	73
2.5.4. Bộ điều khiển mờ tự chỉnh cấu trúc	73
CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI MỜ CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ	75
3.1. KHÁI QUÁT	75
3.2. ẢNH HƯỞNG CỦA BÁNH RĂNG ĐẾN CHẤT LƯỢNG HỆ TRUYỀN ĐỘNG	75
3.2.1. Sơ đồ khối của hệ truyền động qua bánh răng	75
3.2.2. Mô phỏng hoạt động của bánh răng	76
3.2.3. Mô phỏng quan hệ giữa các mô men trong hệ bánh răng	78
3.3. THIẾT KẾ PID KINH ĐIỂN CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG QUA BÁNH RĂNG	79
3.3.1. Sơ đồ cấu trúc hệ thống	79
3.3.2. Mô hình toán học động cơ điện một chiều kích từ độc lập	80
3.3.3. Bộ chỉnh lưu	82
3.3.4. Máy phát tốc	83
3.3.5. Biến dòng	83
3.3.6. Thiết kế mạch vòng dòng điện	83
3.3.7. Thiết kế mạch vòng tốc độ	85
3.3.8. Kết quả mô phỏng	86
3.4. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI MỜ CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG QUA BÁNH RĂNG	87
3.4.1. Cấu trúc bộ điều khiển thích nghi mờ	87
3.4.2. Kết quả mô phỏng	88
3.5 Nhận Xét	90
CHƯƠNG 4: TIẾN HÀNH THỰC NGHIỆM	91
4.1 Xây dựng mô hình thực nghiệm:	91
1. Máy tính Pentum IV- phần mềm Matlab 7.04 và phần mềm ControlDesk Verson 5.0.	91
2. Card DSPACE 1104.	92

3. Driver servo motor Midi-Maestro 140x14/28	92
4. Cặp bánh răng tự chế tạo:	93
5. Động cơ điện 1 chiều kích từ độc lập :	93
6. Tải: là động cơ dị bộ 3 pha làm việc ở chế độ hãm	94
7. Hai sensor tốc độ (Encoder): loại 1000 xung/vòng được gắn với trục chủ động và bị động.	94
4.2 Kết quả thực nghiệm như sau:	96
4.2.1 Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển PID	96
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	99
1. Kết luận	99
2. Kiến nghị	99
TÀI LIỆU THAM KHẢO	101

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1: Một số hệ truyền động có khe hở 7

Hình 1.2 Mô hình hai khối lượng có liên hệ đàn hồi 9

Hình 1.3 a,b Sơ đồ cấu trúc hệ thống hai khối lượng có liên hệ đàn hồi 9

Hình 1.4 : Sơ đồ cấu trúc hệ thống truyền động 11

Hình 1.5. Đặc tính logarit của hệ thống 12

Hình 1.6. Mối quan hệ ma sát khô và vận tốc 14

Hình 1.7 Mô hình vật lý khe hở 15

Hình 1.8 Đặc tính Deadzone..... 16

Hình 1.9 Mô hình ăn khớp bánh răng 18

Hình 1.10: Mô hình cặp bánh răng ăn khớp đúng 19

Hình 1.11: Mô hình cặp bánh răng ăn khớp trùng 20

Hình 1.12. Mô hình cặp bánh răng ăn khớp tại tâm ăn khớp P 21

Hình 1.13: Mô hình truyền động bánh răng phẳng 22

Hình 1.14. Sơ đồ truyền động 24

Hình 1.15 Sơ đồ tính toán động lực học 25

Hình 1.16: Sơ đồ động lực học 27

Hình 2.1. Cấu trúc chung của hệ thống điều khiển..... 30

Hình 2.2: Thể hiện đặc tính của sai số xác lập 31

Hình 2.3. Đặc tính của lượng quá điều chỉnh..... 31

Hình 2.4. Thể hiện đặc tính của thời gian quá độ 32

Hình 2.5. Thể hiện đặc tính của số lần dao động 32

Hình 2.6. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển tỷ lệ Kp 36

Hình 2.7. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển tích phân Ki 37

Hình 2.8. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển vi phân Kd 39

Hình 2.9. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển PID 42

Hình 2.10 Khâu có vùng kém nhạy 49

Hình 2.11. Khâu hạn chế (bão hòa) 49

Hình 2.12. Khâu hạn chế có vùng kém nhạy 50

Hình 2.13. Khâu kiểu rơi le hai vị trí..... 50

Hình 2.14. Khâu kiểu rơ le ba vị trí.....	51
Hình 2.15. Khâu biến đổi A-D	51
Hình 2.16. Khâu kiểu rơ le hai vị trí có trễ	51
Hình 2.17. Khâu kiểu rơ le ba vị trí có trễ	52
Hình 2.18a;b Khâu kiểu khe hở.....	53
Hình 2.18c;d Khâu kiểu khe hở.....	54
Hình 2.18e Khâu kiểu khe hở.....	55
Hình 2.19a;b;c Khâu kiểu gói tỳ.....	55
Hình 2.19d;e Khâu kiểu gói tỳ.....	56
Hình 2.20: Khâu kiểu từ trễ	57
Hình 2.21: Một số dạng hàm liên thuộc	58
Hình 2.23. Quan hệ điều khiển giữa Y và X.....	60
Hình 2.24. Hàm của một khoảng giá trị.....	60
Hình 2.25: Sơ đồ khối của bộ điều khiển mờ.....	62
Hình 2.26: Hàm liên thuộc của luật hợp thành	65
Hình 2.27: Giải mờ bằng phương pháp cực đại.....	67
Hình 2.28: Giải mờ theo nguyên tắc trung bình	67
Hình 2.29: Giải mờ theo nguyên tắc cận trái	68
Hình 2.30: Giải mờ theo phương pháp cận phải.....	68
Hình 2.31: Giải mờ theo phương pháp điểm trọng tâm	68
Hình 2.32: Sơ đồ cấu trúc phương pháp điều khiển thích nghi trực tiếp	70
Hình 2.33: Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển thích nghi	71
Hình 2.34: Mô hình bộ điều khiển mờ lai kinh điển	72
Hình 2.35: Cấu trúc hệ mờ lai Cascade	73
Hình 3.1: Sơ đồ khối của hệ truyền động qua bánh răng	76
Hình 3.2 Hệ truyền động qua bánh răng thực tế	76
Hình 3.3: Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động bánh răng	77
Hình 3.4: Đặc tính tốc độ của bánh răng chủ động và bị động	77
Hình 3.5: Sơ đồ mô phỏng quan hệ mô men của cặp bánh răng.....	78
Hình 3.6. Cấu trúc chung của hệ điều chỉnh tốc độ sử dụng hệ chấp hành T-Đ	79
Hình 3.7. Sơ đồ cấu trúc hệ thống truyền động	79

Hình 3.8. Sơ đồ thay thế động cơ điện một chiều kích từ độc lập	81
Hình 3.9. Sơ đồ cấu trúc mạch vòng dòng điện	84
Hình 3.10. Sơ đồ cấu trúc mạch vòng điều chỉnh tốc độ ($E_a = 0$)	85
Hình 3.11: Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động qua bánh răng khi sử dụng PID kinh điển	86
Hình 3.12: Đặc tính quá độ của hệ truyền động bánh răng khi sử dụng PID kinh điển	86
Hình 3.13: a) Cấu trúc hệ thống điều khiển; b) Cấu trúc bộ điều khiển và cơ cấu thích nghi	88
Hình 3.14: Hàm liên thuộc đầu vào và đầu ra của bộ điều khiển mờ	88
Hình 3.15: Quan hệ vào – ra của bộ điều khiển mờ	89
Hình 3.16: Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động bánh răng khi sử dụng điều khiển mờ thích nghi	89
Hình 3.17: Đặc tính quá độ của hệ truyền động bánh răng khi sử dụng điều khiển mờ thích nghi	90
Hình 3.18: Đặc tính tốc độ của hệ truyền động qua bánh răng khi sử dụng PID kinh điển và khi sử dụng điều khiển mờ thích nghi	90
Hình 4.1 Máy tính Pentum IV	91
Hình 4.2: Card DSPACE 1104	92
Hình 4.3: Bộ biến đổi công suất và Driver DC Servo motor	93
Hình 4.4: Cặp bánh răng tự chế tạo.....	93
Hình 4.6: Tải	94
Hình 4.7: Sensor tốc độ	94
Hình 4.8 Bàn thí nghiệm, phân nguồn, kết nối và máy tính điều khiển.....	95
Hình 4.8: Sơ đồ khối hệ thống thực	95
Hình 4.9 Mô hình thực nghiệm khi có bộ điều khiển PID	96
Hình 4.10: Đặc tính tốc độ của trục bị động khi dùng bộ điều khiển PID kinh điển	97
Hình 4.11: Đặc tính tốc độ của trục bị động khi sử dụng bộ điều khiển thích nghi mờ	98

MỞ ĐẦU

Nước ta đang trong thời kỳ đẩy nhanh tốc độ công nghiệp hoá – Hiện đại hoá đất nước, cùng với sự phát triển của các lĩnh vực khoa học kỹ thuật, kinh tế... Trong xã hội, sự phát triển của kỹ thuật điều khiển và tự động hoá ngày càng được nâng cao và hoàn thiện về mọi mặt.

Đối với hệ truyền động có khe hở là một hệ truyền động phi tuyến (như truyền động có bánh răng, truyền động đai...) được sử dụng rất rộng rãi trong thực tế sản xuất bởi vì chúng có những ưu điểm như khả năng truyền lực, hệ số có ích lớn và truyền động êm. Truyền động bánh răng (là một đại diện điển hình cho truyền động có khe hở) là nhưng cơ cấu quan trọng trong máy móc, phạm vi tốc độ và truyền lực của bánh răng rất lớn. Các giảm tốc vòng của bánh răng có khả năng truyền công suất tới hàng chục nghìn KW. Tốc độ cao có thể đạt tới 150m/s. Sử dụng bánh răng có thể truyền được chuyển động quay giữa các trục song song với nhau, chéo nhau hoặc vuông góc với nhau. Tuy nhiên truyền động bánh răng có nhược điểm là luôn chịu các ảnh hưởng: tồn tại khe hở, chịu tác dụng của lực đàn hồi và luôn bị mài mòn do ma sát khô phi tuyến, đã làm xấu đi đặc tính động của hệ thống điều khiển tự động truyền động cơ điện, khi tác động của những ảnh hưởng trên càng lớn, hệ thống càng dao động mạnh gây mất ổn định hệ thống. Chính vì những đặc điểm trên. Qua nghiên cứu cho tôi nhìn cách tổng quan về hệ truyền động có khe hở nói chung hay truyền động có bánh răng thường gặp. Và ở đề tài này tôi sẽ nghiên cứu về truyền động có bánh răng như một truyền động đại diện cho truyền động có khe hở.

Điều khiển quá trình sản xuất đang là mũi nhọn và then chốt để giải quyết vấn đề nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm. Một trong những vấn đề quan trọng trong điều khiển hệ thống là việc tự động điều chỉnh độ ổn định, sai số nhỏ nhất và trong khoảng thời gian nhỏ nhất. Về lĩnh vực điều khiển, có thể nói rằng bộ điều khiển PID được xem như một giải pháp đa năng cho các ứng dụng điều khiển vì nó có các ưu điểm vượt trội so với các phương pháp điều khiển kinh điển khác. Tuy nhiên, bộ điều khiển PID cũng còn những hạn chế của nó như: Chất lượng phụ thuộc nhiều vào các tham số bộ điều khiển (K_p , T_I , T_D) nên có sai số điều khiển, đặc biệt đối với đối tượng điều khiển là hệ truyền động khe hở nói chung và hệ truyền động có bánh răng nói riêng, thuộc hệ thống phi tuyến, có các tham số thay đổi (có những nhược điểm nêu ở trên) thì áp dụng bộ PID có tham số không đổi sẽ cho chất lượng không đảm bảo.

Trong các phương pháp điều khiển hiện đại, logic mờ và điều khiển mờ, đặc biệt là các bộ điều khiển mờ nâng cao đã đem lại cho công nghệ điều khiển truyền thống một cách nhìn mới, nó cho phép điều khiển được khá hiệu quả các đối tượng không rõ ràng, các đối tượng phi tuyến. Điều khiển mờ, mờ lai được sử dụng ngày càng nhiều vì nó có các ưu điểm nổi bật so với hệ thống thường, với khả năng tự chỉnh định lại các thông số của bộ điều chỉnh cho phù hợp với đối tượng chưa biết rõ đã đưa hệ thích nghi, mờ lai trở thành các hệ điều khiển thông minh.

Việc áp dụng bộ điều khiển mờ thích nghi hoặc mờ lai cho hệ sẽ góp phần nâng cao chất lượng hệ thống điều khiển, áp dụng cho điều khiển hệ truyền động có khe hở (đại diện là truyền động có bánh răng) sẽ cho hệ truyền động bánh răng sẽ cho ta chất lượng động của hệ thống tăng lên, hệ thống làm việc ổn định, nâng cao năng suất lao động và chất lượng trong sản xuất.

Xuất phát từ những luận điểm đã nêu trên, ta thấy việc **“NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ”**

Là vấn đề cần thiết, được nhiều nhà khoa học quan tâm

Phần nội dung của luận văn gồm 4 chương:

- CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ

- CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN CÁC BỘ ĐIỀU KHIỂN

- CHƯƠNG 3: THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI MỜ CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ

- CHƯƠNG 4: TIẾN HÀNH THỰC NGHIỆM

Mặc dù bản thân đã có nhiều cố gắng trong quá trình nghiên cứu, với sự hướng dẫn tận tình của thầy giáo: PGS.TS.Lại Khắc Lãi, song do điều kiện và khả năng bản thân tác giả có những hạn chế nhất định nên luận văn chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót. Tác giả mong nhận được sự góp ý, nhận xét để luận văn được hoàn thiện hơn.

Thái Nguyên, ngày 22 tháng 04 năm 2014

Tác giả luận văn

Dương Đăng Phong

ĐẶT VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Ngày nay kỹ thuật điều khiển tốc độ động cơ điện đã đạt được những tiến bộ đáng kể, song vẫn không thể thay thế được cơ cấu bánh răng vì ngoài chức năng điều chỉnh tốc độ cơ cấu bánh răng còn đảm nhận một vài chức năng khác như thay đổi chiều chuyển động quay sang chuyển động tịnh tiến, tăng mô men quay để kéo máy sản xuất...

Hệ truyền động qua bánh răng hiện nay được ứng dụng rộng rãi trong thực tế, chúng là các bộ phận quan trọng thuộc phần cơ của các thiết bị, máy móc, trong các dây truyền sản xuất công nghiệp, các loại máy sản xuất nói chung... có thể nói rằng đây là bộ phận không thể thiếu của đa số các loại máy móc trong dây truyền sản xuất tự động, trong dân dụng và các ngành: Y tế, thí nghiệm, khoa học kỹ thuật, quân sự... chúng có thể đơn giản chỉ là một bộ phận nhỏ nằm trong bộ phận công tác hoặc có thể nằm trong một hệ thống cơ điện phức tạp của các dây truyền tự động lớn hoặc nằm trong cả hệ thống truyền động bao gồm nhiều khối chuyển động có liên quan với nhau như: Động cơ, hộp số, các bộ truyền... Đặc điểm của hệ truyền động có bánh răng là một hệ phi tuyến với các tham số thay đổi và không được biết trước. Các tham số có thể là xác định hoặc bất định và luôn chịu ảnh hưởng của nhiễu tác động.

Trong hệ truyền động bánh răng, sự truyền động được thực hiện nhờ ăn khớp của các bánh răng trên bánh răng hoặc thanh răng. Truyền động bánh răng được sử dụng trong nhiều loại máy và cơ cấu khác nhau để truyền chuyển động quay từ trục này sang trục khác hoặc để biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến và ngược lại, chúng có những ưu điểm như khả năng truyền lực lớn, hệ số có ích lớn và truyền động êm. Truyền động bánh răng là những cơ cấu quan trọng trong ô tô, máy kéo, động cơ đốt trong, máy công cụ, máy nông nghiệp, người máy, cần cầu và nhiều thiết bị khác... Phạm vi tốc độ và truyền lực của bánh răng rất lớn. Các giảm tốc bánh răng có khả năng truyền công suất tới hàng chục nghìn KW. Tốc độ vòng của bánh răng trong các cơ cấu truyền chuyển động tốc độ cao có thể đạt tới 150m/s. Trong truyền động bánh răng thường có bánh răng chủ động, bánh răng bị động và một vài bánh răng trung gian. Sử dụng bánh răng có thể truyền được chuyển động quay giữa các trục song song với nhau, chéo nhau hoặc vuông góc với nhau tùy theo yêu cầu của các hệ, các máy sản xuất.