

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **VILAYTHONG NIYOM**.

Sinh ngày 22 tháng 07 năm 1977.

Học viên lớp cao học khóa 15 - TĐH - Trường đại học kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại : Trường Cao đẳng kỹ thuật công nghiệp PAKPASAK –Viêng Chăn – Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào.

Ngày giao đề tài : Ngày..... tháng năm 2014.

Ngày hoàn thành đề tài: Ngày 25 tháng 11 năm 2014.

Xin cam đoan luận văn “ **NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ** ” do thầy giáo **TS. Đặng Danh Hoằng** hướng dẫn là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Tất cả các tài liệu tham khảo đều có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng.

Tôi xin cam đoan tất cả những nội dung trong luận văn đúng như nội dung trong đề cương và yêu cầu của thầy giáo hướng dẫn. Nếu có vấn đề gì trong nội dung của luận văn, tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm với lời cam đoan của mình.

Thái Nguyên, ngày 30 tháng 01 năm 2015

Học viên

Vilaythong Niyom

LỜI CẢM ƠN

Sau thời gian nghiên cứu, làm việc khẩn trương và được sự hướng dẫn tận tình giúp đỡ của thầy giáo **TS. Đặng Danh Hoàng**, luận văn với đề tài “**NGHIÊN CỨU ĐIỀU KIỆN HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ**” đã được hoàn thành.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới:

Thầy giáo hướng dẫn **TS. Đặng Danh Hoàng** đã tận tình chỉ dẫn, giúp đỡ tôi hoàn thành luận văn.

Các thầy cô giáo Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp Thái Nguyên và một số đồng nghiệp, đã quan tâm động viên, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập để hoàn thành luận văn này.

Mặc dù đã cố gắng hết sức, song do điều kiện thời gian và kinh nghiệm thực tế của bản thân còn ít, cho nên đề tài không thể tránh khỏi thiếu sót. Vì vậy, tôi mong nhận được sự đóng góp ý kiến của các thầy giáo, cô giáo và các bạn bè đồng nghiệp.

Tôi xin chân thành cảm ơn!

Thái Nguyên, ngày 30 tháng 01 năm 2015

Học viên

Vilaythong Niyom

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ	v
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT	viii
LỜI NÓI ĐẦU	1
Chương 1: TỔNG QUAN HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ	2
1.1. Những vấn đề cơ bản của hệ truyền động có khe hở	2
1.1.1. Hệ truyền động chính xác	2
1.1.2. Hệ truyền động tốc độ cao	2
1.1.3. Hệ truyền động công suất lớn	2
1.1.4. Độ hở mặt bên	3
1.2. Một số ảnh hưởng đến hệ truyền động qua bánh răng	3
1.2.1. Ảnh hưởng của đàn hồi đến phần cơ của hệ thống truyền động	8
1.2.2. Ảnh hưởng của ma sát trong hệ thống truyền động	9
1.2.3. Ảnh hưởng của khe hở trong hệ thống truyền động	10
1.3. Những đặc trưng ăn khớp của cặp bánh răng	13
1.3.1. Điều kiện ăn khớp đúng	15
1.3.2. Điều kiện ăn khớp trùng	15
1.3.3. Điều kiện ăn khớp khít	16
1.4. Kết luận chương 1	18
Chương 2: CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ	19
2.1. Mô hình toán hệ truyền động có khe hở	19
2.1.1. Cấu trúc vật lý và các định luật cân bằng	20
2.1.2. Mô hình toán ở chế độ ăn khớp, có tính đến hiệu ứng mài mòn vật liệu, độ đàn hồi và moment ma sát	22
2.1.3. Mô hình toán ở chế độ khe hở (dead zone)	25
2.1.4. Mô hình toán tổng quát	26
2.2. Cấu trúc điều khiển hệ truyền động có khe hở	28

2.3. Kết luận chương 2	28
Chương 3: CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ LAI	30
3.1. Tổng quan hệ logic mờ và điều khiển mờ	30
3.1.1. Hệ Logic mờ.....	30
3.1.2. Bộ điều khiển mờ [9]	38
3.2. Thiết kế bộ điều khiển mờ lai.....	42
3.2.1. Đặt vấn đề	42
3.2.2. Mờ hoá	42
3.3. Mô phỏng các bộ điều khiển đã thiết kế.....	44
3.4. Khảo sát chất lượng bằng bộ điều khiển mờ lai và so sánh với bộ điều khiển PID	44
3.4.1. Khảo sát chất lượng bằng bộ điều khiển PID	44
3.4.2. Khảo sát chất lượng bằng bộ điều khiển mờ lai.....	47
3.4.3. So sánh bộ điều khiển mờ lai với bộ điều khiển PID.....	48
3.4.4. Nhận xét	50
3.5. Kết luận chương 3	50
Chương 4: KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM.....	51
4.1. Card DS1104 sử dụng trong hệ thống thí nghiệm [15]	51
4.2. Cấu trúc phần cứng của DS1104 [15]	52
4.2.1. Cấu trúc tổng quan	52
4.2.2. Ghép nối với máy chủ (Host Interface).....	54
4.2.3. Phần mềm dSPACE	56
Tạo ứng dụng với Control Desk.....	58
4.3. Sơ đồ cấu trúc hệ thống thí nghiệm.....	60
4.4. Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển PID.....	61
4.5. Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển mờ lai.....	63
4.6. Nhận xét kết quả thí nghiệm.....	64
4.7. Kết luận chương 4	64
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	66
TÀI LIỆU THAM KHẢO	67

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1 :	Mô hình hai khối lượng có liên hệ đàn hồi.....	3
Hình 1.2 :	Sơ đồ cấu trúc hệ thống hai khối lượng có liên hệ đàn hồi.....	4
Hình 1.3 :	Đặc tính logarit của hệ thống.....	7
Hình 1.4 :	Mối quan hệ ma sát khô và vận tốc.....	9
Hình 1.5 :	Mô hình vật lý khe hở.....	11
Hình 1.6 :	Đặc tính Deadzone.....	12
Hình 1.7 :	Mô hình ăn khớp bánh răng.....	14
Hình 1.8:	Mô hình cặp bánh răng ăn khớp đúng.....	15
Hình 1.9 :	Mô hình cặp bánh răng ăn khớp trùng.....	16
Hình 1.10 :	Mô hình cặp bánh răng ăn khớp tại tâm ăn khớp P.....	17
Hình 2.1 :	Hệ nhiều cặp bánh răng là hệ truyền ngược của nhiều hệ một cặp bánh răng.....	19
Hình 2.2 :	Cấu trúc vật lý của hệ truyền động qua một cặp bánh răng.....	20
Hình 2.3 :	Minh họa các định luật cân bằng giữa cặp bánh răng.....	22
Hình 2.4 :	Sơ đồ động lực học.....	23
Hình 2.5 :	Thiết lập phương trình động lực học khi hai bánh răng ăn khớp.....	23
Hình 2.6 :	Mô tả trạng thái hai bánh răng ở vùng chết của khe hở.....	25
Hình 2.7 :	Sơ đồ cấu trúc điều khiển hệ truyền động bánh răng.....	28
Hình 3.1 :	Hàm thuộc biến ngôn ngữ.....	31
Hình 3.2 :	Sơ đồ khối của bộ điều khiển mờ.....	31
Hình 3.3 :	Luật hợp thành.....	32
Hình 3.4 :	Mờ hoá.....	33
Hình 3.5 :	Thực hiện phép suy diễn mờ.....	34
Hình 3.6 :	Thực hiện phép hợp mờ.....	35
Hình 3.7 :	Những nguyên lý giải mờ.....	37
Hình 3.8 :	Cấu trúc một hệ logic mờ.....	38
Hình 3.9 :	Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển mờ PD.....	39
Hình 3.10 :	Sơ đồ khối hệ thống với bộ điều chỉnh mờ PI(1).....	39

Hình 3.11 :	Sơ đồ khối hệ thống với bộ điều khiển mờ PI(2)	39
Hình 3.12 :	Bộ điều khiển mờ lai có khâu tiền xử lý mờ	40
Hình 3.13 :	Hệ mờ với bộ học mờ cho tín hiệu chủ đạo x	40
Hình 3.14 :	Cấu trúc hệ mờ lai Cascade	41
Hình 3.15 :	Chọn bộ điều khiển thích nghi bằng khóa mờ	42
Hình 3.16 :	Sự phân bộ các giá trị mờ của biến vào	43
Hình 3.17 :	Sự phân bố các giá trị mờ của biến ra	43
Hình 3.18 :	Các luật điều khiển mờ	43
Hình 3.19 :	Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động bánh răng bằng bộ điều khiển PID	44
	∴	
Hình 3.20 :	Khối động cơ và hệ bánh răng	45
Hình 3.21 :	Khối động cơ một chiều	45
Hình 3.22 :	Khối cặp bánh răng	45
Hình 3.23 :	Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động băng răng với tốc độ không đổi	46
Hình 3.24 :	Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động băng răng với tốc độ thay đổi	46
Hình 3.25 :	Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động bánh răng bằng bộ điều khiển mờ lai	47
Hình 3.26 :	Sơ đồ mô phỏng với cấu trúc bộ điều khiển mờ lai	47
Hình 3.27 :	Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động băng răng với tốc độ không đổi	47
Hình 3.28 :	Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động băng răng với tốc độ thay đổi	48
	∴	
Hình 3.29 :	Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động bánh răng bằng bộ điều khiển PID và mờ lai	48
Hình 3.30 :	Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động băng răng với tốc độ không đổi	49
Hình 3.32 :	Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động bánh răng với tốc độ thay đổi	49
Hình 4.1 :	Những bộ phận chính của Card DS1104	51
	∴	
Hình 4.2 :	Sơ đồ khối của DS1104	55
Hình 4.3 :	Các Modul giao tiếp phần cứng của DSP1104	55
	∴	

Hình 4.4 :	Cấu trúc điều khiển trên Matlab/Simulink	57
	..	
Hình 4.5 :	Downloading and Building.....	58
Hình 4.6 :	Giao diện Control Desk.....	59
Hình 4.7 :	Hệ thống thí nghiệm hệ truyền động bánh răng	60
	..	
Hình 4.8 :	Hệ thống ghép nối máy tính với hệ truyền động (động cơ)	60
	..	
Hình 4.9 :	Đối tượng hệ truyền động bánh răng	61
	..	
Hình 4.10 :	Cấu trúc điều khiển với bộ điều khiển PID xây dựng trên Matlab/simulink	61
Hình 4.11 :	Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển PID (1)	62
	..	
Hình 4.12 :	Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển PID (2)	62
	..	
Hình 4.13 :	Cấu trúc điều khiển với bộ điều khiển mờ lai xây dựng trên Matlab/simulink	63
Hình 4.14 :	Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển mờ lai (1)	63
	..	
Hình 4.15 :	Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển mờ lai (2)	64
	..	

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Từ Viết Tắt	Tên tiếng anh	Tên tiếng việt
1	<i>PID</i>	Bộ điều khiển PID
2	<i>DC</i>	Một chiều
3	<i>FLC</i>	Một cấu trúc thông dụng nhất của hệ mờ

LỜI NÓI ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Trong thời đại công nghiệp hóa hiện đại hóa gắn liền với tri thức hiện nay, việc ứng dụng các tiến bộ của khoa học kỹ thuật trong các hệ thống điều khiển, từ việc điều khiển động cơ công suất nhỏ, điều khiển đèn giao thông ở một ngã tư cho tới cả một dây truyền, một hệ thống trong nhà máy, xí nghiệp....được đặc biệt quan tâm. Cùng với sự trợ giúp của máy tính, của trí tuệ nhân tạo, các hệ thống điều khiển ngày càng trở nên hoàn thiện hơn, phục vụ nhiều chức năng hơn và khả năng tự động hóa ngày càng cao. Do đó, yêu cầu đối với cán bộ kỹ thuật phải có trình độ ngày càng cao, đồng thời phải có khả năng nắm bắt công nghệ mới tốt. Tuy nhiên, đối với những hệ thống đã và đang được sử dụng lại yêu cầu người cán bộ kỹ thuật phải có khả năng nắm bắt và cải tiến công nghệ cho các hệ thống đó.

Nằm trong chương trình đào tạo chương trình cao học của trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên, luận văn tốt nghiệp là sự tổng hợp, đánh giá kết quả học tập của học viên, các hệ thống trong thực tế. Dưới sự hướng dẫn của thầy **TS. Đặng Danh Hoàng**, em nhận đề tài tốt nghiệp chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa: **NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỞ**

Với sự chỉ dẫn nhiệt tình của thầy **TS. Đặng Danh Hoàng** cùng với những kiến thức đã được học em đã hoàn thành đề tài được giao.

2. Luận văn bao gồm

Chương 1: Tổng quan về truyền động có khe hở.

Chương 2: Xây dựng cấu trúc điều khiển hệ truyền động có khe hở.

Chương 3: Cải thiện chất lượng điều khiển hệ truyền động có khe hở bằng bộ điều khiển lai.

Chương 4: Kết quả thí nghiệm.

Kết luận kiến nghị.

Chương 1

TỔNG QUAN HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ

1.1. Những vấn đề cơ bản của hệ truyền động có khe hở

Một hệ truyền động có khe hở là giữa các cơ cấu chấp hành nối với nhau tồn tại khe hở, trong công nghiệp thường gặp hệ truyền động có khe hở điển hình là hệ truyền động bánh răng. Vì vậy luận văn tập trung nghiên cứu hệ truyền động có khe hở mà các cơ cấu chấp hành được nối với nhau bởi các bánh răng và được gọi là hệ truyền động bánh răng.

Theo chức năng sử dụng truyền động hệ bánh răng có các yêu cầu khác nhau, cụ thể như sau:

1.1.1. Hệ truyền động chính xác

Trong xích động học của máy cắt kim loại và dụng cụ đo truyền động bánh răng cần có độ chính xác động học cao. Ví dụ như truyền động bánh răng của xích phân độ trong máy gia công răng hoặc đầu phân độ vạn năng... Trong các truyền động này bánh răng thường có truyền động nhỏ. Chiều dài răng không lớn, làm việc với tải trọng và vận tốc nhỏ. Yêu cầu chủ yếu của các truyền động này là “Mức chính xác động học cao” có nghĩa là đòi hỏi sự phối hợp chính xác của truyền động.

1.1.2. Hệ truyền động tốc độ cao

Trong các hộp tốc độ của động cơ máy bay, ô tô, tuốc bin... Bánh răng của truyền động thường có module trung bình, chiều dài răng lớn, vận tốc vòng của bánh răng có thể đạt tới hơn 120- 150 m/s. Công suất truyền động tới 40.000 KW và hơn nữa. Bánh răng làm việc trong điều kiện như vậy sẽ phát sinh rung động và ồn. Yêu cầu của nhóm truyền động này là “Mức chính xác truyền động êm” có nghĩa là bánh răng truyền động ổn định, không có sự thay đổi tức thời về tốc độ, gây va đập và ồn.

1.1.3. Hệ truyền động công suất lớn

Truyền động với vận tốc nhỏ nhưng truyền động mômen xoắn lớn. Bánh răng của truyền động thường có module và chiều dài răng lớn. Ví dụ: truyền động bánh răng trong máy cán thép, nghiền lạnh ke (xi măng), trong cơ cấu nâng hạ như cầu trục, ba lạng... Yêu cầu chủ yếu của các truyền động này là “Mức tiếp xúc mặt răng” lớn,

đặc biệt là tiếp xúc theo nhiều dài răng. Mức tiếp xúc mặt răng phải đảm bảo độ bền khi truyền mômen xoắn lớn.

1.1.4. Độ hở mặt bên

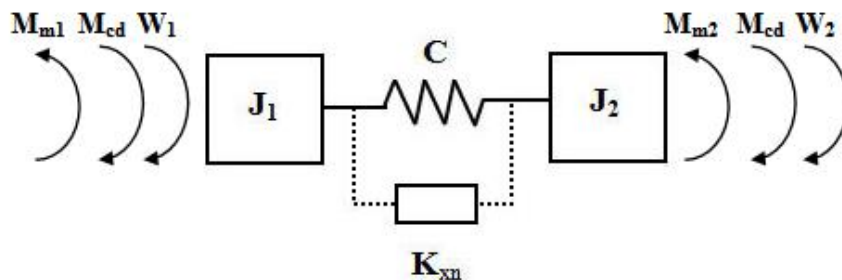
Đối với bất kỳ truyền động bánh răng nào cũng cần phải có độ hở mặt bên giữa các mặt răng phía không làm việc của cặp bánh răng ăn khớp. Độ hở đó cần thiết để tạo điều kiện bôi trơn mặt răng, để bù sai số co giãn nở nhiệt, do gia công và lắp ráp, tránh hiện tượng kẹt răng.

Như vậy đối với bất kỳ truyền động bánh răng nào cũng phải có 4 yêu cầu: mức chính xác động học, mức chính xác làm việc êm, mức chính xác tiếp xúc và độ hở mặt bên. Nhưng tùy theo chức năng sử dụng mà đề ra các yêu cầu chủ yếu đối với truyền động bánh răng, tất nhiên yêu cầu chủ yếu ấy phải ở mức độ chính xác cao hơn so với các yêu cầu khác.

1.2. Một số ảnh hưởng đến hệ truyền động qua bánh răng

Hệ truyền động qua bánh răng luôn chịu ảnh hưởng tác động của lực đàn hồi, ma sát, khe hở... Những tác động này đã làm xấu đi đặc tính động, dẫn đến giảm chất lượng hệ. Theo [1] đã phân tích các ảnh hưởng này tác động lên hệ thống.

Để làm cơ sở phân tích, ta xét mô hình hai khối lượng có sơ đồ như sau:



Hình 1.1: Mô hình hai khối lượng có liên hệ đàn hồi

Ta có hệ phương trình:

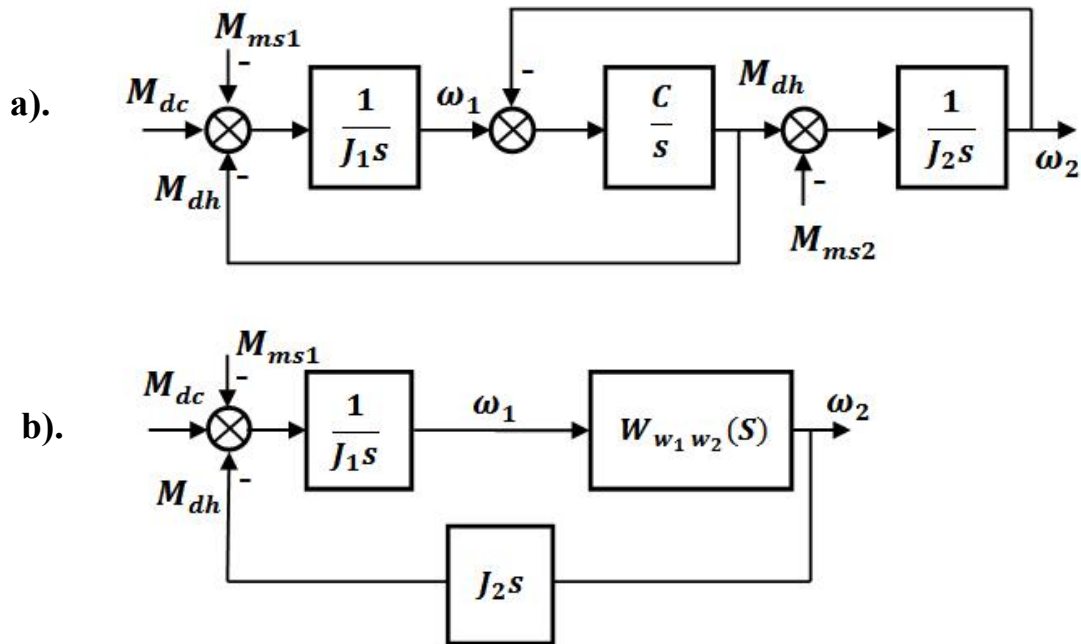
$$M_{cd} - M_{dh} - M_{ms1} = J_1 \frac{d\omega_1}{\omega}$$

$$M_{dh} - M_{ms2} = J_2 \frac{d\omega_2}{dt}$$

$$M_{dh} = C (q_1 - q_2)$$

Từ hệ phương trình trên ta có sơ đồ cấu trúc hình 1.3a

Biến đổi sơ đồ cấu trúc được hình 1.3b với $W_{\omega_1\omega_2}$ là hàm truyền của tốc độ ω_2 theo ω_1 :



Hình 1.2: Sơ đồ cấu trúc hệ thống hai khối lượng có liên hệ đàn hồi

Để nghiên cứu tính chất động học, ta xem xét phần cơ như đối tượng điều chỉnh với giả thiết:

$$M_{ms1} = 0;$$

$$M_{ms2} = 0;$$

Ta xác định hàm truyền đạt phần cơ 2 khối lượng khi tác động điều khiển là Momen M_{dc} của động cơ và lượng ra là ω_1 :

$$W_{\omega_1}(s) = \frac{\omega_1}{M_{dc}} = \frac{W_{IH}}{1 + W_{IH} \cdot W_{ph}} \quad (1.1)$$

Trong đó:

$$W_{IH} = \frac{1}{J_1 s}; W_{ph} = J_2 \cdot s \cdot W_{1,2}(s)$$

$$W_{\omega_1\omega_2}(s) = \frac{\omega_2(s)}{\omega_1(s)} = \frac{1}{\frac{J_2}{C} \cdot s^2 + 1}$$

Vậy

$$W_{\omega_1}(s) = \frac{\frac{J_2}{C}s^2 + 1}{J_{\dot{a}} \cdot s \left(\frac{J_1 J_2}{C \cdot J_{\Sigma}} s^2 + 1 \right)} \quad (1.2)$$

ở đây:

$$J_{\Sigma} = J_1 + J_2$$

Phương trình đặc tính của hệ

$$J_{\Sigma} \cdot s \left(\frac{J_1 J_2}{C \cdot J_{\dot{a}}} s^2 + 1 \right) = 0 \quad (1.3)$$

Nghiệm của phương trình đặc tính (1.3) là:

$$s_1 = 0;$$

$$s_{2,3} = \pm j \sqrt{\frac{C(J_1 + J_2)}{J_1 \cdot J_2}} = \pm j \Omega_{12}$$

Kí hiệu:

$$\gamma = \frac{(J_1 + J_2)}{J_1} = \frac{J_{\Sigma}}{J_1} \text{ là tỉ số momen quán tính.}$$

$$\Omega_{12} = \sqrt{\frac{C(J_1 + J_2)}{J_1 \cdot J_2}} \text{ là tần số cộng hưởng của phân cơ hệ đàn hồi 2 khối lượng.}$$

$$\Omega_{01} = \sqrt{\frac{C}{J_1}} \text{ là tần số cộng hưởng của khối lượng thứ 1 khi } J_2 \rightarrow \infty.$$

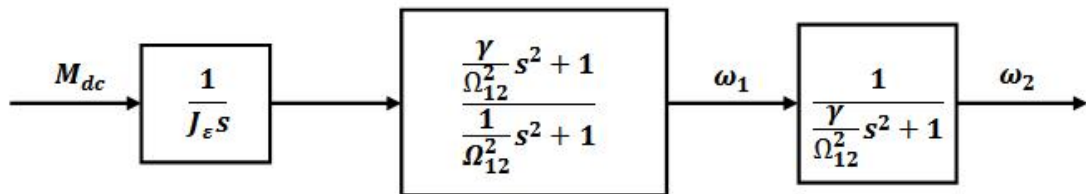
$$\Omega_{02} = \sqrt{\frac{C}{J_1}} = \frac{\Omega_{12}}{\sqrt{\gamma}} \text{ là tần số cộng hưởng của khối lượng thứ 2 khi } J_1 \rightarrow \infty.$$

Ta có

$$W_{\omega_1, \omega_2}(s) = \frac{1}{\left(\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} s^2 + 1 \right)} \quad (1.4)$$

$$W_{\omega_1}(s) = \frac{1}{J_{\Sigma} \cdot s} \frac{\left(\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} s^2 + 1 \right)}{\left(\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} s^2 + 1 \right)} \quad (1.5)$$

Từ các biểu thức (1.4) và (1.5) cho phép chúng ta biểu diễn phần cơ đối tượng điều khiển, gồm 3 khâu như hình 2.4:



Từ sơ đồ này ta xác định hàm truyền đạt của W_{ω_2} theo tác động điều khiển M_{dc}

$$W_{\omega_2}(s) = \frac{\omega_2(s)}{M_{dc}(s)} = W_{\omega_1}(s) \cdot W_{\omega_1\omega_2}(s) = \frac{1}{J \cdot s} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{\Omega_{12}^2} s^2 + 1 \right)} \quad (1.6)$$

Đặc tính tần số biên độ Logarit như hình 1.5

Sử dụng phương pháp tần số để phân tích tính chất động học đặc tính cơ của hệ thống truyền động, bằng cách thay $s = j\Omega$, được đặc tính biên độ pha:

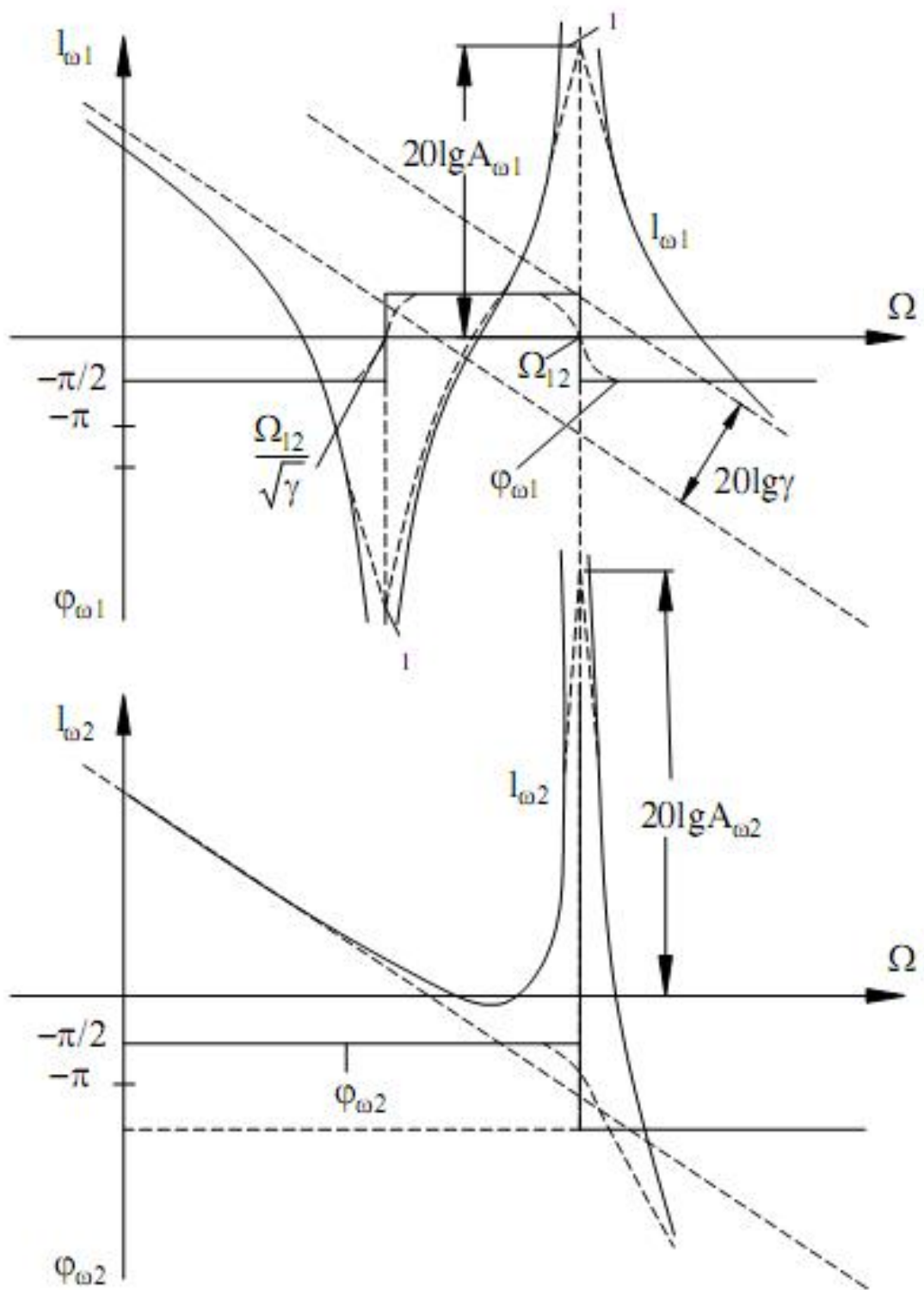
$$W_{\omega_2}(j\Omega) = \frac{1}{jJ_{\Sigma}\Omega} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\Omega}{\Omega_{12}} \right)^2}{1 - \left(\frac{\Omega}{\Omega_{12}} \right)^2} = A_{\omega_1}(\Omega) \cdot \varphi_{\omega_1}(\Omega) \quad (1.7)$$

Trong đó $A_{\omega_1}(\Omega)$ là đặc tính tần số biên độ; $\varphi_{\omega_1}(\Omega)$ là đặc tính tần số pha.

Đặc tính logarit của hệ thống với lượng ra là ω_1, ω_2 có dạng như hình 1.5

Xây dựng đặc tính tần số tiệm cận: Có thể xây dựng trực tiếp theo hàm truyền.

Đối với W_{ω_1} hệ thống gồm 3 khâu nối tiếp:



Hình 1.3: Đặc tính logarit của hệ thống

- Khâu tích phân : $\frac{1}{J_{\Sigma} \cdot s}$;

- Khâu nâng bậc 2: $\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2} s^2 + 1$ có tần số cộng hưởng : $\Omega_{c_1} = \frac{\Omega_{12}}{\sqrt{\gamma}}$;

- Khâu quán tính bậc 2: $\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2 s^2 + 1}$ có tần số cộng hưởng : $\Omega_{c_1} = \Omega_{12}$.

Khi $\Omega = \Omega_{c_1}$ hàm truyền tần số có điểm 0 và đặc tính tần số logarit (ĐTTSLG) có điểm gián đoạn và tiến đến ∞ . Khi $\Omega = \Omega_{c_2}$ hàm truyền có tần số có điểm cực và ĐTTSLG tiến đến ∞ tạo ra điểm gián đoạn thứ 2.

Đoạn tiệm cận thấp tần của ĐTTSLG xác định bởi khâu tích phân với hệ số là $\frac{1}{J_\Sigma}$ và có độ dốc là -20db/dec.

Đoạn cao tần: ($\Omega \gg \Omega_{12}$):

$$A_{\omega_1} = \frac{1}{J_\Sigma \Omega} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\Omega}{\Omega_{12}}\right)^2}{1 - \left(\frac{\Omega}{\Omega_{12}}\right)^2}$$

Khi $\Omega \rightarrow \infty$; $A_{\omega_1} \rightarrow \frac{1}{J_\Sigma \Omega}$ (Khâu tích phân)

Như vậy đoạn cao tần tương đương khâu tích phân với hệ số $\gamma |n| n h n$ o n u TTSLGR ti m c n c a h th ng khi l ng ra là ω_1 cho tiệm cận trên hình 1.5a.

Trên hình 1.5b là đặc tính tần số Logarit của hệ thống với lượng ra là ω_2 (hàm truyền (1.7)). Hàm truyền có tử số là một, ĐTTSLG đoạn tần số thấp giống với L_{ω_1} và có một điểm gián đoạn tại tần số cộng hưởng Ω_{12} .

1.2.1. Ảnh hưởng của đàn hồi đến phần cơ của hệ thống truyền động

Trên cơ sở các đặc tính tần số trên, ta tiến hành xét các ảnh hưởng của khâu đàn hồi đến chuyển động của động cơ và máy công tác cho thấy: ảnh hưởng của khâu đàn hồi đến khối lượng 1 và 2 là khác nhau.

Đối với khối lượng 1, với tần số không lớn hơn của tác động điều khiển M_{dc} , chuyển động của nó được quyết định chủ yếu bởi momen quán tính tổng J_Σ của hệ truyền động. Tính chất động học phần cơ của truyền động giống như một khâu tích phân. Khi $M_{dc} = \text{const}$ tốc độ ω_1 thay đổi tuyến tính, đồng thời cộng thêm dao động do

phần đàn hồi gây ra. Khi tần số dao động của momen gần đến giá trị cộng hưởng Ω_{12} thì biên độ dao động của tốc độ ω_1 tăng và tại $\Omega = \Omega_{12}$ tăng đến vô cùng. Sự xuất hiện cộng hưởng phụ thuộc vào thông số phần cơ. Ta có thể tìm ra các điều kiện khi đó ảnh hưởng của đàn hồi đến chuyển động của khối lượng thứ nhất không đáng kể.

Từ (1.5) : Nếu máy công tác có quán tính nhỏ $J_2 \ll J_1$, $\gamma \rightarrow 1$ thì chuyển động của khối lượng thứ nhất được xác định bằng chuyển động của khâu tích phân $W_{\omega_1} = \frac{1}{J_2 s}$.

Và khi $\Omega_{12} \rightarrow \infty$ thì trong miền tần số nhỏ và trung bình, chuyển động của khối lượng 1 tương đương khâu tích phân: (Khi $\Omega_{12} \rightarrow \infty$ thì $W_{\omega_1} \rightarrow \frac{1}{J_2 s}$)

Từ hai điều kiện nêu trên, có thể rút ra kết luận sau: Khi tổng hợp hệ điều khiển truyền động chỉ sử dụng phản hồi theo ω_1 (tốc độ động cơ) nếu $J_2 \ll J_1$ hoặc $\Omega_{12} \gg \Omega_c$ (với Ω_c là tần số cắt của ĐTTSLG mong muốn của hệ khi coi phần cơ cứng tuyệt đối) thì có thể bỏ qua ảnh hưởng của đàn hồi.

Từ (1.6) cho thấy khối lượng thứ 2 có tính dao động cao hơn khối lượng 1:

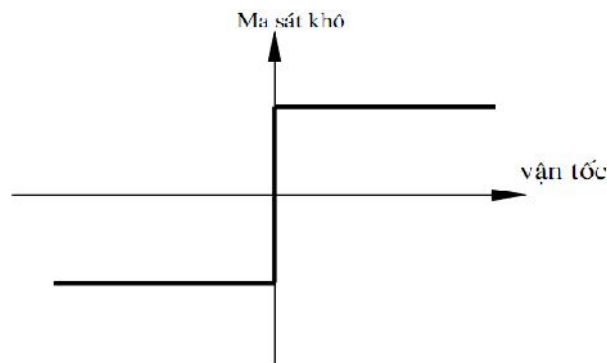
Trong miền tần số thấp ĐTTSLG tiệm cận L_{ω_1} và L_{ω_2} trùng nhau

Trong miền tần số trung, chuyển động của khối lượng 2 tương tự khâu tích phân

$$W_{\omega_2} \rightarrow \frac{1}{J_2 s}$$

Khi $\Omega > \Omega_{12}$ độ nghiêng ở đoạn cao tần của ĐTTSLG L_{ω_2} là -60db/dec. Vì thế nó không tác dụng làm yếu đi sự gia tăng của dao động cộng hưởng với bất kì giá trị nào của γ .

1.2.2. Ảnh hưởng của ma sát trong hệ thống truyền động



Hình 1.4: Mối quan hệ ma sát khô và vận tốc

Trong thực tế, một lượng nhỏ ma sát hầu như luôn tồn tại trong phần cơ hệ thống, ma sát tĩnh có hai tác động cơ bản đến hệ cơ điện, đó là: Một phần momen hoặc lực của cơ cấu chấp hành bị mất đi do phải thắng lực ma sát dẫn đến không hiệu quả về năng lượng; khi cơ cấu chấp hành dịch chuyển hệ thống đến vị trí cuối cùng, vận tốc gần bằng không và momen lực của cơ cấu chấp hành sẽ tiệm cận giá trị cân bằng một cách chính xác với các tải trọng lực và ma sát. Do ma sát tĩnh có thể nhận được bất kỳ giá trị nào tại vận tốc không, cơ cấu chấp hành sẽ có sự khác nhau nhỏ giữa các vị trí nghỉ cuối cùng- phụ thuộc vào giá trị cuối cùng của ma sát tĩnh. Tác động này làm cho khả năng lặp lại của hệ cơ điện.

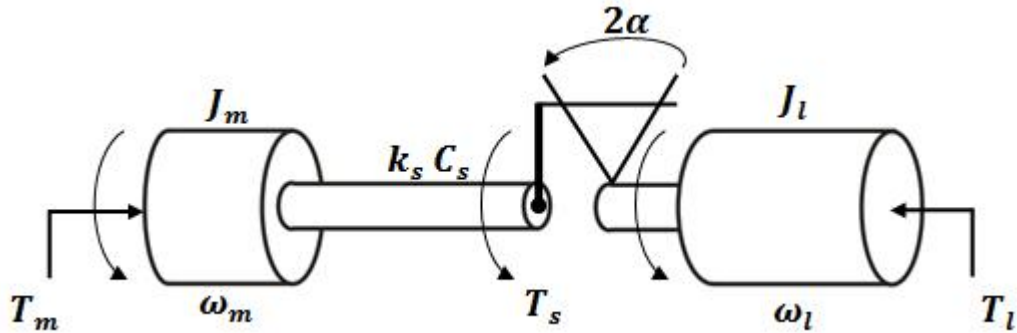
1.2.3. Ảnh hưởng của khe hở trong hệ thống truyền động

Đối với hệ thống truyền động qua bánh răng, ngoài sự ảnh hưởng của đàn hồi, ma sát đã được đề cập ở trên còn phải kể đến sự ảnh hưởng của khe hở bởi lẽ giữa bộ phận chủ động và bộ phận bị động giữa các bánh răng luôn tồn tại một khe hở nhất định. Khi xuất hiện các khe hở, nói cách khác là có độ dơ, trễ giữa các chuyển động, làm sai lệch truyền động, giảm độ chính xác đối với các hệ điều khiển vị trí, khe hở có thể làm giảm tuổi thọ của các chi tiết cơ khí, phát ra tiếng ồn, gây rung động, sự ổn định và hiệu suất của hệ thống thay đổi... Các hệ bánh răng khác nhau đều có đặc điểm, tính chất, ứng dụng ở các loại máy móc khác nhau. Vì vậy, tùy theo từng hệ và trạng thái hoạt động của máy móc ta sử cũng phải sử dụng các mô hình toán học khác nhau. Hiện nay để mô tả khe hở người ta thường sử dụng 3 loại mô hình sau [5]:

- Mô hình vật lý của khe hở;
- Mô hình Deadzone (vùng chết);
- Mô hình với hàm mô tả.

1.2.3.1. Mô hình vật lý của khe hở

Xét một hệ vật lý gồm có một trục quán tính tự do với độ hở của khe hở là 2α , một lò xo có hệ số đàn hồi là k_s và độ giảm chấn c_s (hình 1.7). Biểu thức của momen quay có dạng:



Hình 1.5: Mô hình vật lý khe hở

$$T = k_s (\theta_d - \theta_b) + c_s (\dot{\theta}_d - \dot{\theta}_b) \tag{1.8}$$

$$\theta_s = \theta_d - \theta_b \tag{1.9}$$

Trong đó:

θ_s là độ xoắn trục, θ_d độ lệch góc của động cơ và mép tải, θ_b mô tả góc của khe hở, $\theta_b \leq |\alpha|$. Có 3 trường hợp khác nhau, chỗ tiếp xúc với khe hở góc α , không tiếp xúc và tiếp xúc với khe hở góc $-\alpha$. Khi không tiếp xúc được xác định bởi:

$$\dot{\theta}_d - \dot{\theta}_b = -\frac{k(\theta_d - \theta_b)}{c_s} \tag{1.10}$$

$$\text{Với: } \theta_d - \theta_b = (\theta_d - \theta_b)_0 e^{\frac{-k_s(t-t_0)}{c_s}} \tag{1.11}$$

Biểu thức đạo hàm của góc khe hở là:

$$\dot{\theta}_b = \begin{cases} \max(0, \dot{\theta}_d - \frac{k_s}{c_s} (\theta_d - \theta_b)) & \text{khi } \theta_b = \alpha \\ \dot{\theta}_d + \frac{k_s}{c_s} (\theta_d - \theta_b) & \text{khi } |\theta_b| < \alpha \\ \min(0, \dot{\theta}_d - \frac{k_s}{c_s} (\theta_d - \theta_b)) & \text{khi } \theta_b = -\alpha \end{cases} \tag{1.12}$$

1.2.3.2. Mô hình Deadzone (vùng chết)

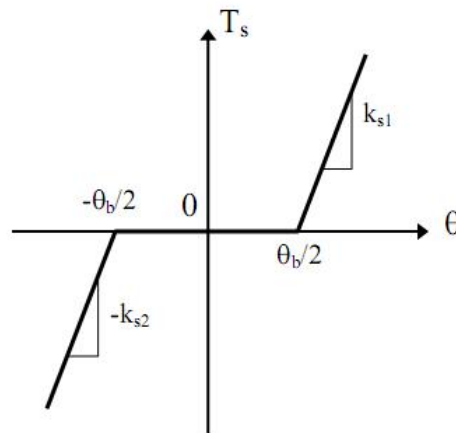
Đây là mô hình đơn giản hóa của mô hình vật lý chính xác, bỏ qua sự rung động bên trong của trục, do đó mô hình này hợp lí nếu như ở đó không có hoặc có sự

rung động nhỏ của trục. Mô hình Deadzone là mô hình được dùng nhiều trong thực tiễn. Ở mô hình này, momen quay của trục là T_s :

$$T_s = k_s \cdot \theta \quad (1.13)$$

Hàm số Deadzone D_α được định nghĩa

$$D_\alpha = \begin{cases} \theta_d - \alpha & \text{khi } \theta_d > \alpha \\ 0 & \text{khi } |\theta_d| \leq \alpha \\ \theta_d + \alpha & \text{khi } \theta_d < -\alpha \end{cases} \quad (1.14)$$



Hình 1.6: Đặc tính Deadzone

Trong các trường hợp, trục của mô hình hoàn toàn không có rung động và không có quán tính. Khi đó chỗ tiếp xúc không có khe hở, trục của động cơ được giả sử như trạng thái ổn định và được mô tả trên hình 1.18

Nếu sự rung động bên trong trục được bỏ qua thì mô hình có thể thích nghi với hệ có khe hở đảo chiều. Các thông số của mô hình Deadzone (k_{s1} , k_{s2} và θ_b) có thể dùng để đánh giá luật thích nghi. Mô hình Deadzone gần đúng có thể sử dụng để bù khe hở thực tế.

1.2.3.3. Mô hình với hàm mô tả

Theo cách này người ta thường chia hệ thống phi tuyến thành 2 phần: Phần tuyến tính và phần phi tuyến, phần phi tuyến giống như khe hở có thể được mô tả bởi hàm số.

Để nhận được hàm mô tả trước hết từ đầu vào của phần tử phi tuyến với sóng hình sin cộng với hằng số B:

$$\theta_d = B + A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.15)$$

Khi đó đầu ra của phần tử phi tuyến được lấy gần đúng bằng hằng số bù $N_B B$ ở đầu ra của hàm điều hòa $N_A A$

$$\theta_s = N_B B + N_A A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.16)$$

$$N_A(A, B, \dots), \quad N_B(B, \dots) \quad (1.17)$$

Cả hai thông số được gọi là 2 đầu vào của hàm số, DIDFs. Đầu vào DIDF có thể mô tả bởi

$$T_s(\dots) \quad (1.18)$$

Với điều kiện của phép toán là:

$$T_0 = BN_B(A, B, \dots) \quad (1.19)$$

Với điều kiện duy nhất: $B^*(A, T_0, \omega)$

Khi $T_0 = 0$ mô tả hàm số được rút gọn về mô tả nguồn hình sin, SIDF. Trong nhiều trường hợp khe hở được mô tả với SIDF, việc mô tả hàm số được biểu diễn như sau:

$$N(X, \dots) = \frac{Y_1}{X} \sin(j_1 t + \dots) \quad (1.21)$$

Với X là biên độ của nguồn hình sin; Y_1 là biên độ của thành phần điều hòa cơ bản; F_1 là góc pha của thành phần điều hòa cơ bản. Việc miêu tả hàm số có thể dựa vào tần số nhưng điều đó cũng không cần thiết. Đối với bộ điều khiển phi tuyến, chúng được giới hạn bởi chu kì nếu đầu vào hệ phi tuyến là nguồn hình sin.

1.3. Những đặc trưng ăn khớp của cặp bánh răng

Đối với phần lớn cơ cấu bánh răng dùng trong kĩ thuật, yêu cầu chủ yếu là đảm bảo truyền chuyển động quay với tỉ số truyền cố định.

Muốn tỉ số truyền không đổi, pháp tuyến chung của cặp biên dạng đối tiếp phải luôn cắt đường nối tâm ở một điểm cố định.

Điểm P cố định nói trên, được gọi là tâm ăn khớp. Trên hai bánh răng hai vòng tròn đó tiếp xúc nhau tại P, tâm tương ứng là O_1 và O_2 . Khi hai bánh răng đó ăn khớp hai vòng tròn đó lăn và không trượt lên nhau. Hai vòng tròn đó được gọi là các vòng lăn của cặp bánh răng đối tiếp.

Khi điểm P cố định tỉ số truyền i_{12} là không đổi và bằng:

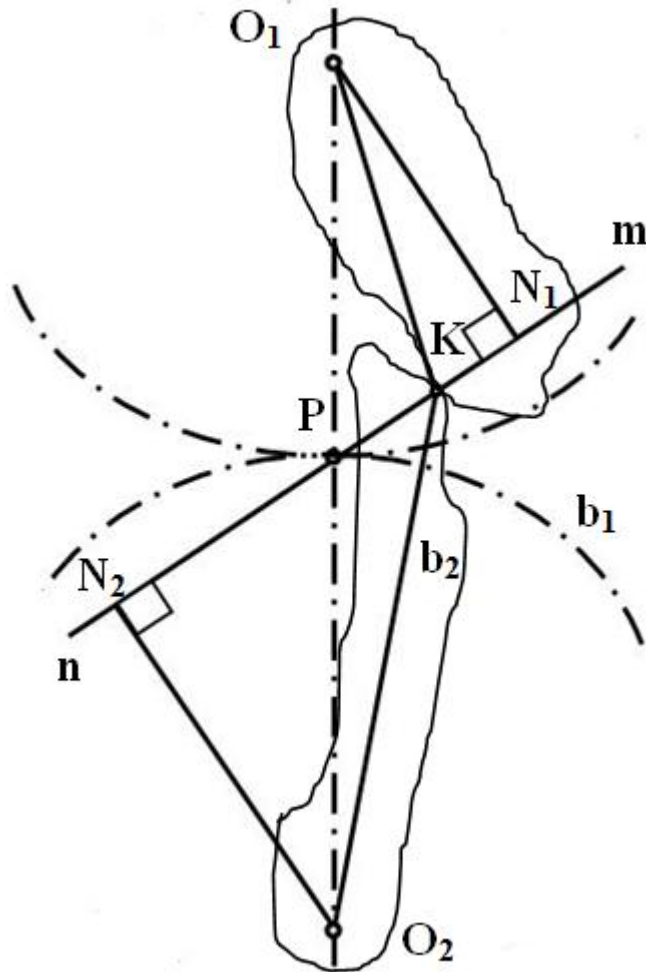
$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_1N_1}{O_2N_2} = \frac{O_1P}{O_2P} \quad (1.22)$$

Trong đó:

Điểm K là điểm tiếp xúc của hai biên dạng b_1 và b_2 .

Đường thẳng mn là pháp tuyến chung của hai biên dạng b_1 và b_2

O_1N_1 và O_2N_2 vuông góc với pháp tuyến mn.



Hình 1.7: Mô hình ăn khớp bánh răng

Để đảm bảo hai bánh răng ăn khớp với tỉ số truyền cố định (còn được gọi là ăn khớp đều) thì các cặp biên dạng đối tiếp của hai bánh răng phải liên tục kế tiếp nhau vào tiếp xúc trên vòng ăn khớp. Muốn vậy phải thỏa mãn các điều kiện sau [1]:

1.3.1. Điều kiện ăn khớp đúng

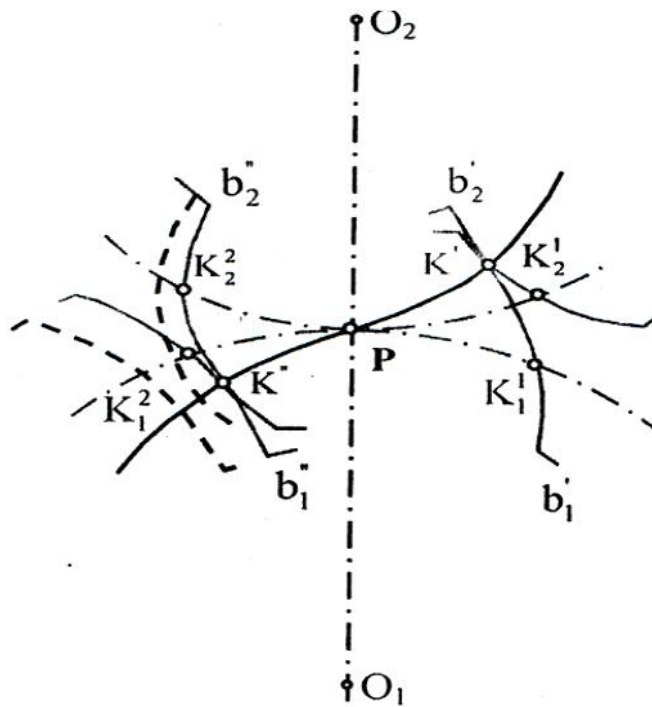
Cặp bánh răng ăn khớp đúng nếu bước răng trên vòng lăn của chúng bằng nhau (hình 1.10):

$$t_{L1} = t_{L2} \quad (1.23)$$

Trong đó

t_{L1} là cung $K_1^1K_1^2$: là bước răng trên vòng lăn của bánh răng thứ nhất;

t_{L2} là cung $K_2^1K_2^2$: là bước răng trên vòng lăn của bánh răng thứ hai.



Hình 1.8: Mô hình cặp bánh răng ăn khớp đúng

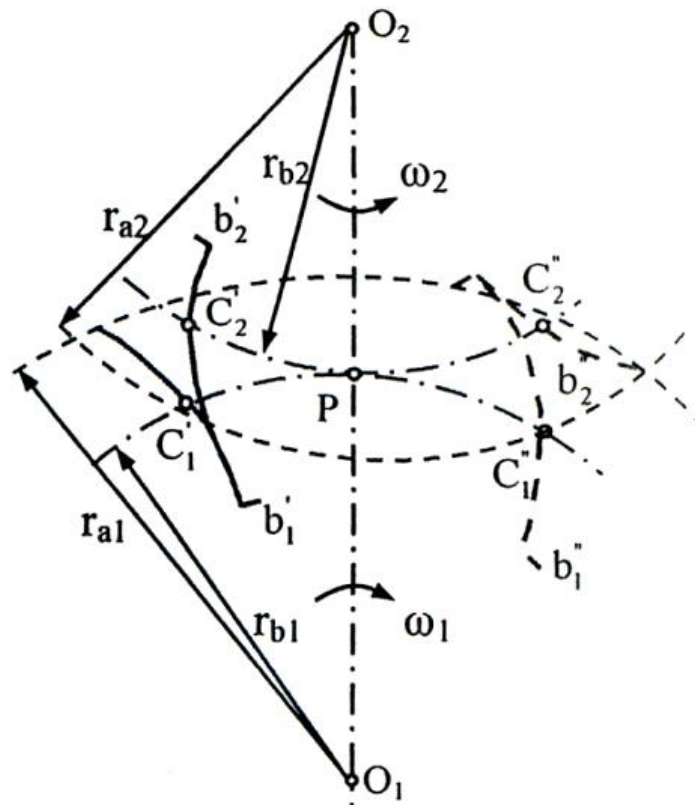
1.3.2. Điều kiện ăn khớp trùng

Điều kiện ăn khớp trùng: các cặp biên dạng đối tiếp cùng phía phải có đoạn làm việc lớn sao cho thỏa mãn điều kiện:

$$C'C'' > t_L; \quad \varepsilon = \frac{C'C''}{t_L} > 1 \quad (1.24)$$

Trong đó: $C'C''$ là cung ăn khớp (hình 1.11)

Tỉ số ε được gọi là hệ số trùng khớp. Khi thiết kế bánh răng thông thường đòi hỏi $\varepsilon > 1$.



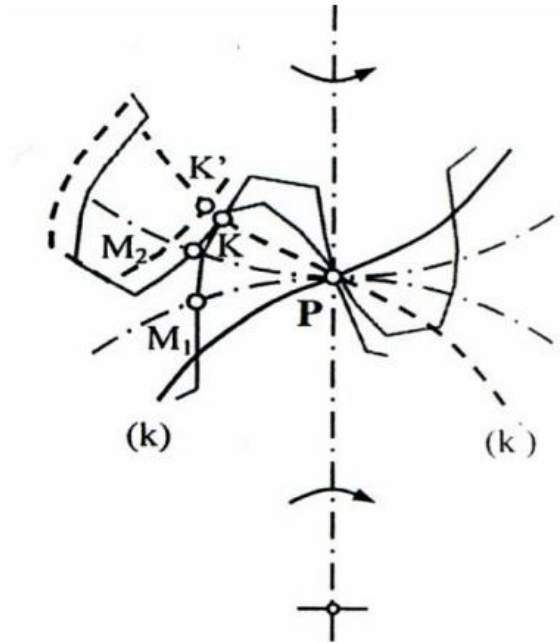
Hình 1.9: Mô hình cặp bánh răng ăn khớp trùng

1.3.3. Điều kiện ăn khớp khít

Như ta đã biết, đối với các bánh răng thông thường mỗi răng có hai biên dạng đối xứng nhau. Trong quá trình ăn khớp, biên dạng chịu lực của răng được gọi là biên dạng làm việc. Khi các điều kiện ăn khớp đúng và ăn khớp trùng được đảm bảo, cặp bánh răng sẽ ăn khớp đều nếu biên dạng làm việc không đối xứng. Nếu vì một nguyên nhân nào đó, biên dạng làm việc đối xứng, ví dụ như vận tốc của bánh dẫn bị giảm đột ngột hoặc vận tốc của bánh dẫn bị tăng đột ngột do tác động của ngoại lực, muốn cặp bánh răng ăn khớp đều còn phải đảm bảo điều kiện ăn khớp khít.

Giả sử có một cặp bánh răng đang ăn khớp tại tâm ăn khớp P (hình 1.12). Nếu bánh răng 1 là bánh dẫn quay theo chiều kim đồng hồ thì đường ăn khớp là k. Khi biên dạng đối tiếp đối xứng, đường ăn khớp sẽ là k'. Nếu trên k' giữa hai biên dạng khe hở (ví dụ trên hình, nếu biên dạng của răng 2 ở vị trí biểu thị bằng nét chấm, khe hở là KK') thì biên dạng làm việc đối xứng, trước hết xảy ra hiện tượng gián đoạn truyền

chuyển động và sau đó là hiện tượng va đập. Hiện tượng này sẽ không xảy ra nếu không có khe hở biên dạng (khi biên dạng của răng 2 ở vị trí bằng nét liền). Hai bánh răng được gọi là ăn khớp khít nếu hai bánh răng ăn khớp không có khe hở biên dạng.



Hình 1.10: Mô hình cặp bánh răng ăn khớp tại tâm ăn khớp P

Điều kiện ăn khớp khít là trên vòng lăn chiều dày của bánh răng này phải bằng chiều rộng của bánh kia, nghĩa là:

$$s_{L1} = w_{L2}; w_{L1} = s_{L2} \quad (1.25)$$

Trong đó:

s_{L1}, s_{L2} : Chiều dày răng của bánh thứ 1 và thứ 2.

w_{L2}, w_{L1} : Chiều rộng rãnh của bánh răng thứ 1 và thứ 2.

Điều kiện ăn khớp khít chỉ thỏa mãn với một cặp vòng lăn nhất định, tức là với một khoảng cách tâm nhất định. Khi khoảng cách khác đi, điều kiện đó sẽ không được đảm bảo nữa.

Trong thực tế có rất nhiều nguyên nhân khác nhau khiến cơ cấu bánh răng trong hệ thống truyền động điện không thỏa mãn các điều kiện ăn khớp đã nêu ở trên. Trong đó phải kể đến quá trình thay đổi tốc độ hoặc đảo chiều quay theo yêu cầu công nghệ của máy sản xuất, quá trình bị mài mòn của cặp bánh răng ăn khớp, sự biến dạng của ổ, trục...

Từ những tổng quan về hệ truyền động có khe hở ở trên cho thấy việc áp dụng phương pháp điều khiển hiện đại nhằm nâng cao chất lượng điều khiển hệ truyền động có khe hở là nhiệm vụ của nghiên cứu này. Trong luận văn này tác giả đề xuất sử dụng phương pháp điều khiển mờ lai nhằm cải thiện chất lượng cho hệ thống so với phương pháp điều khiển PID kinh điển.

1.4. Kết luận chương 1

Chương 1 đã giải quyết được một số vấn đề sau:

- Tổng quan được những vấn đề cơ bản nhất về hệ truyền động có khe hở.
- Lựa chọn được đối tượng nghiên cứu là hệ truyền động bánh răng.
- Lựa chọn phương pháp điều khiển mờ lai để điều khiển hệ truyền động điện bánh răng.

Trên cơ sở các nghiên cứu bước đầu về hệ truyền động điện bánh răng, trong chương 2 sẽ đi sâu nghiên cứu mô tả toán học hệ truyền động bánh răng.

Chương 2

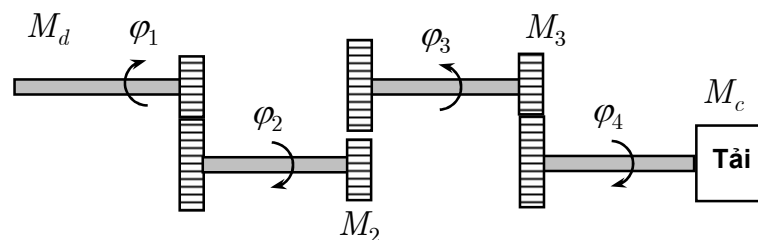
CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ

2.1. Mô hình toán hệ truyền động có khe hở

Như đã phân tích ở chương 1, hệ truyền động có khe hở được nghiên cứu trong luận văn là hệ truyền động bánh răng, do vậy việc xây dựng mô hình thực nghiệm về bộ truyền bánh răng có tính đến yếu tố đàn hồi và hiệu ứng khe hở để tiến hành nghiên cứu chất lượng của hệ truyền động khi kể đến ảnh hưởng của yếu tố đàn hồi và khe hở.

Việc xây dựng mô hình toán này là cần thiết, giúp cho ta có thể sử dụng thêm những biện pháp điều khiển để nâng cao chất lượng hệ truyền động, giảm sự ảnh hưởng của sai số cơ khí không thể khắc phục được bằng phương pháp cơ học. Với số lượng phong phú các phương pháp điều khiển, ta hoàn toàn có khả năng nâng cao được chất lượng cho hệ truyền động ngay cả khi mô hình là không chính xác. Bởi vậy không nhất thiết ta phải xác định mô hình toán tuyệt đối chính xác, công việc có thể nói là luôn không thể thực hiện được. Những thành phần không thể xác định hoặc nếu xác định được thì lại có cấu trúc toán quá phức tạp, sẽ được bỏ qua và xem như là những đại lượng bất định của mô hình toán dưới dạng tham số hằng bất định θ , hoặc dưới dạng các thành phần hàm tạp nhiễu $d(x, t)$ trong hệ.

Một vấn đề cần được quan tâm đó là do hệ truyền động qua nhiều cặp bánh răng luôn có cấu trúc truyền ngược gồm nhiều hệ một cặp bánh răng mắc nối tiếp nhau như hình 2.1, nên khi thiết kế bộ điều khiển cho hệ truyền động bánh răng nói chung, ta chỉ cần thiết kế bộ điều khiển cho mô hình toán của một cặp bánh răng là đủ.



Hình 2.1: Hệ nhiều cặp bánh răng là hệ truyền ngược của nhiều hệ một cặp bánh răng

Nói một cách khác, sẽ vẫn đầy đủ và tổng quát nếu như ở đây ta chỉ xây dựng mô hình toán cho hệ truyền động có một cặp bánh răng.

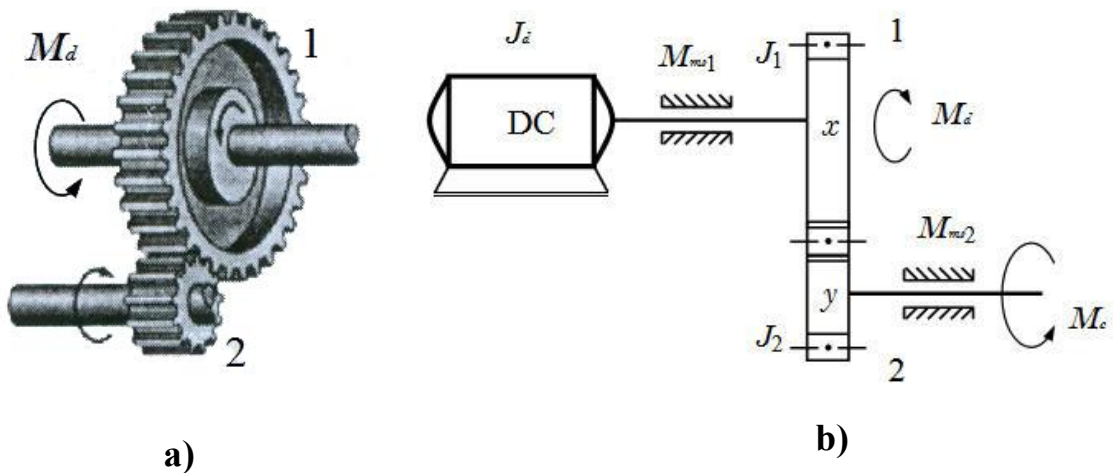
Khi nghiên cứu sự làm việc của bộ truyền bánh răng gồm hai bánh răng 1 và 2 có tính đến khe hở và biến dạng đàn hồi của răng thường xảy ra hai trạng thái, đó là:

1. Hai bánh răng chưa ăn khớp với nhau do có khe hở cạnh răng, khi đó ta có thể xem hai bánh răng đó chuyển động độc lập với nhau.
2. Khi vượt qua đoạn khe hở, hai bánh răng sẽ tiếp xúc với nhau. Ngay tại thời điểm mới tiếp xúc sẽ xuất hiện xung lực tác động lên bánh răng trong khoảng thời gian cực ngắn. Sau đó bánh răng sẽ ăn khớp đều và lúc này moment dẫn động ở bánh răng 1 được truyền sang bánh răng 2.

Tương ứng với hai trạng thái hoạt động đó sẽ có hai mô hình mô tả động lực học của hệ bánh răng là mô hình ở chế độ khe hở và mô hình ở chế độ ăn khớp.

2.1.1. Cấu trúc vật lý và các định luật cân bằng

Xét cấu trúc vật lý của hệ truyền động có khe hở là hệ một cặp bánh răng như hình 2.2 [5].



Hình 2.2: Cấu trúc vật lý của hệ truyền động qua một cặp bánh răng

Trên hình 2.2a mô tả hình thức ghép nối của cặp bánh răng, được đánh số bánh răng 1, bánh răng 2 và hình 2.2b biểu diễn lại cấu trúc vật lý của nó, trong đó:

- + DC là động cơ phát động moment M_d cho bánh răng 1
- + J_d, J_1, J_2 lần lượt là moment quán tính của động cơ, bánh răng 1 và bánh răng 2
- + M_c là moment cản, bao gồm cả moment tải
- + M_{ms1} và M_{ms2} là moment ma sát trong các ổ trục bánh răng.

Khi hai bánh răng ăn khớp với nhau, tỷ số truyền trung bình của chúng không thay đổi và phụ thuộc vào các bán kính, tuy nhiên tỷ số truyền tức thời của chúng thường không cố định do sai số chế tạo và sự mài mòn các răng trong quá trình làm việc.

Với giả thiết vật liệu làm các trục bánh răng là có độ cứng tuyệt đối, còn vật liệu làm các bánh răng có bị biến dạng trong quá trình làm việc. Với giả thiết các răng của hai bánh răng đang ăn khớp với nhau tại điểm ăn khớp P , nếu răng của bánh răng có độ cứng tuyệt đối thì tỷ số truyền của chúng được viết [5]:

$$i_{12} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = -\frac{r_{L2}}{r_{L1}} = -\frac{r_{02}}{r_{01}} = -\frac{z_2}{z_1} \quad (2.1)$$

tức là:

$$\varphi_2 = i_{21}\varphi_1 \quad (2.2)$$

trong đó như trên hình 2.3, ta có:

- + i_{12} là tỷ số truyền từ bánh răng 1 sang bánh răng 2
- + $\omega_1 = \dot{\varphi}_1$, $\omega_2 = \dot{\varphi}_2$ là vận tốc góc tương ứng của hai bánh răng
- + r_{L1} , r_{L2} là bán kính lăn tương ứng của hai bánh răng (bán kính ngoài)
- + r_{01} , r_{02} là bán kính cơ sở của hai bánh răng (bán kính trong)
- + z_1 , z_2 là số răng tương ứng của hai bánh răng.

Nhưng khi kiểm tra và xem các răng của các bánh răng trên hình 2.3a có bị biến dạng với độ cứng của nó được ký hiệu là c có thứ nguyên $[kgm^2/s^2]$ hay không, thì mô hình hai bánh răng ăn khớp có thể được biểu diễn dưới mô hình trên hình 2.3b. Trong đó c được gọi là độ cứng của bánh răng. Độ cứng của bánh răng thực phụ thuộc vào các thông số chế tạo, và vật liệu làm bánh răng. Nên việc xác định độ cứng của bánh răng có thể được xác định bằng thực nghiệm để đo hệ số k_1 , k_2 hoặc bằng tính toán cụ thể như sau [5]:

$$c = \frac{r_{L1}^2}{(k_1^{-1} + k_2^{-1})} \quad (2.3)$$

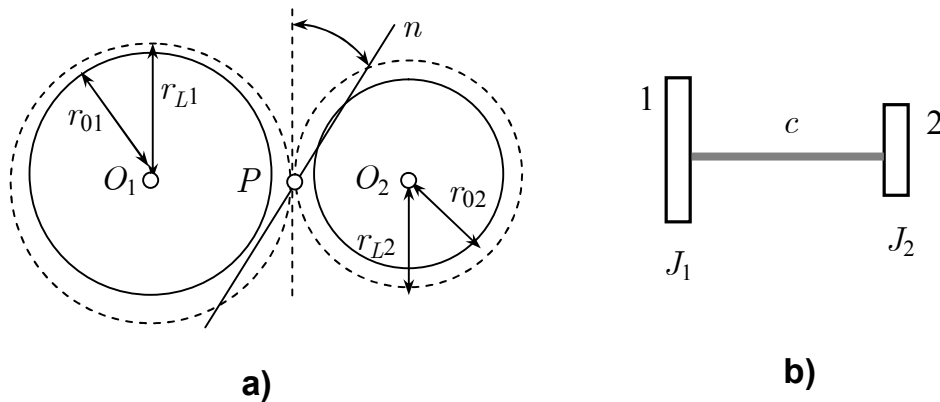
trong đó các hệ số biến dạng k_1 , k_2 cùng được tính theo công thức:

$$k = \frac{1}{\frac{h}{\beta SG} + \frac{h^3}{3EI}} \quad (2.4)$$

Với:

- + h là chiều cao của răng
- + S là diện tích đế răng
- + E là mô đun đàn hồi kéo nén của vật liệu làm bánh răng
- + G là mô đun đàn hồi trượt
- + I là mô men quán tính của tiết diện đế răng đối với đường trung hòa của tiết diện đế răng
- + β là hệ số dạng răng khi trượt.

Trong thực tế độ cứng c của cặp bánh răng trong quá trình ăn khớp là một hàm phi tuyến do các hệ số k_1 và k_{α_L} thay đổi, khi điểm tiếp xúc dịch chuyển từ chân răng đến đỉnh răng trong quá trình ăn khớp. Tuy nhiên trong một phạm vi gần đúng nhất định có thể được xem như tuyến tính.

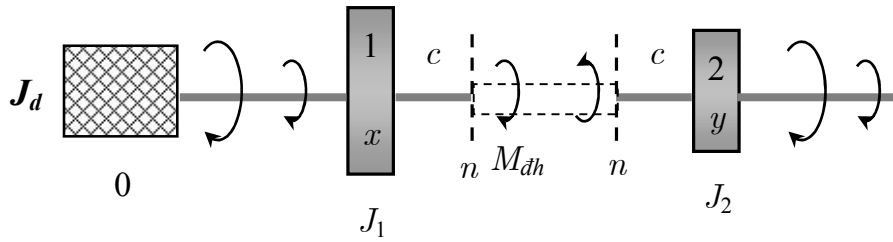


Hình 2.3: Minh họa các định luật cân bằng giữa cặp bánh răng

2.1.2. Mô hình toán ở chế độ ăn khớp, có tính đến hiệu ứng mài mòn vật liệu, độ đàn hồi và moment ma sát

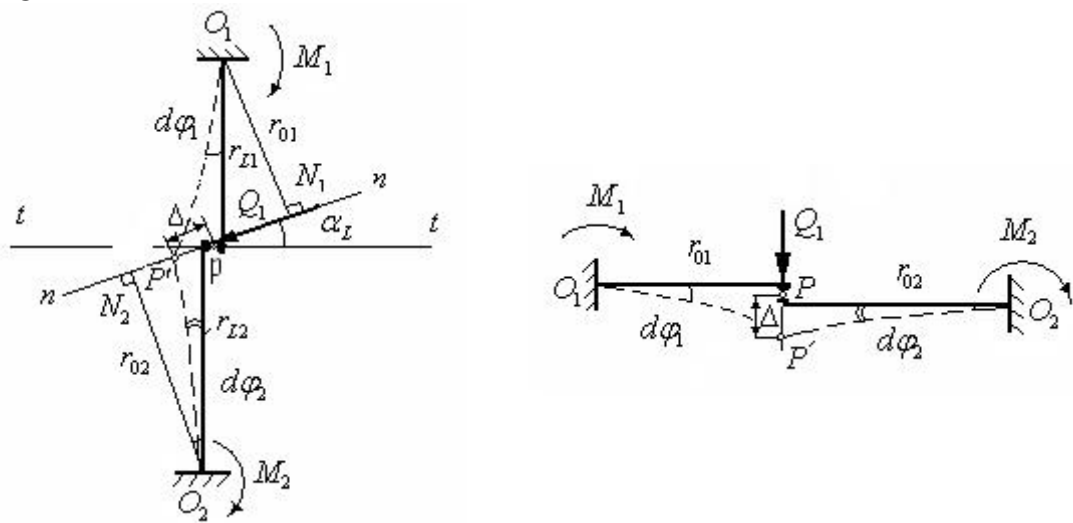
Trên cơ sở hệ thống truyền động bánh răng ở hình 2.2, ta sẽ có được mô hình động lực học có tính tới yếu tố đàn hồi của cặp bánh răng và ma sát trong các ổ trục như mô tả trên hình 2.4 [5].

$$M_d \quad M_{ms1} \quad n \quad M_{đh} \quad n \quad M_c \quad M_{ms2}$$



Hình 2.4: Sơ đồ động lực học

Để có thể thiết lập phương trình chuyển động của hệ thống truyền động bánh răng trên hình 2.4 ta thực hiện như sau: Dùng mặt cắt $n-n$, trên đó chịu một mô men đàn hồi của hai bánh răng như trên hình 2.5. Gọi J_1 là moment quán tính của phần bên trái bao gồm moment quán tính của rotor động cơ dẫn động, moment quán tính của trục và bánh răng 1 và bên đó chịu tác động của moment dẫn động của động cơ điện là M_d , lực ma sát trong ổ là M_{ms1} . Do có bôi trơn nên lực ma sát tỷ lệ với vận tốc góc của trục dẫn. Còn phần bên phải chịu tác động của một moment đàn hồi có chiều ngược lại cũng như moment ma sát. Gọi J_2 là moment quán tính của phần bên phải của bánh răng bị dẫn 2.



Hình 2.5: Thiết lập phương trình động lực học khi hai bánh răng ăn khớp

Trên cơ sở lý thuyết đàn hồi và biến dạng và dựa vào định luật Newton, ta có phương trình chuyển động của hai bánh răng 1 và 2 như sau. Trên hình 2.5 là mô hình tính toán sự làm việc của một cặp bánh răng có xét tới quá trình biến dạng đàn hồi, dưới tác động của lực:

$$Q_1 = M_1 / r_{01}$$

Giả sử khi chưa có lực Q_1 tác động, thì hai cạnh răng tiếp xúc với nhau tại điểm P , dưới tác động của lực Q_1 và do vật liệu có tính đàn hồi, nên điểm tiếp xúc P sẽ di chuyển tới điểm P' . Vậy $\Delta = \overline{PP'}$ là độ biến dạng trong quá trình ăn khớp của hai bánh răng dưới tác động của Q_1 . Nếu gọi c là độ cứng của cặp bánh răng, thì:

$$c.\Delta = Q_1 \quad \text{hay} \quad c.\Delta.r_{01} = cr_{01}\Delta = M_1$$

Do vậy mô men đàn hồi trên bánh răng 1:

$$M_1 = cr_{01}(r_{01}d\varphi_1 + r_{02}d\varphi_2)$$

Tương tự đối với bánh răng 2 ta có:

$$M_2 = cr_{02}(r_{02}d\varphi_2 + r_{01}d\varphi_1)$$

Theo định luật Newton về chuyển động, ta có thể viết:

$$\begin{cases} J_1\ddot{\varphi}_1 = M_d - (M_{ms1} + M_1) \\ J_2\ddot{\varphi}_2 = M_2 - (M_c + M_{ms2}) \end{cases}$$

tức là:

$$\begin{cases} J_1\ddot{\varphi}_1 + cr_{01}(r_{01}\varphi_1 + r_{02}\varphi_2) = M_d - M_{ms1} \\ J_2\ddot{\varphi}_2 - cr_{02}(r_{02}\varphi_2 + r_{01}\varphi_1) = -M_c - M_{ms2} \end{cases} \quad (2.5)$$

Sau khi biến đổi bằng cách đặt r_{01}^2, r_{02}^2 ra ngoài dấu ngoặc và thay thế:

$$r_{01} = r_{L1}\cos\alpha_L, \quad r_{02} = r_{L2}\cos\alpha_L, \quad i_{12} = r_{02}/r_{01} \quad \text{và} \quad i_{21} = r_{01}/r_{02}$$

trong các phương trình trên, ta sẽ có mô hình toán tổng quát của hệ:

$$\begin{cases} \bar{J}_1\ddot{\varphi}_1 + cr_{L1}^2\cos^2\alpha_L(\varphi_1 + i_{12}\varphi_2) = M_d - M_{ms1} \\ J_2\ddot{\varphi}_2 - cr_{L2}^2\cos^2\alpha_L(\varphi_2 + i_{21}\varphi_1) = -M_c - M_{ms2} \end{cases} \quad (2.6)$$

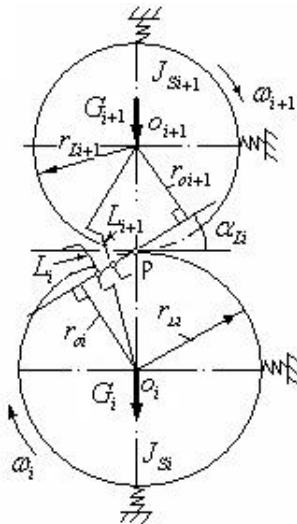
trong đó

- $\bar{J}_1 = J_d + J_1$
- r_{L1}, r_{L2} bán kính vòng tròn lăn của bánh răng 1 và 2.
- α_L góc ăn khớp của hai bánh răng và cũng là đại lượng đánh giá khe hở giữa các bánh răng. Trong trường hợp hai bánh răng tiêu chuẩn và không có độ dịch tâm, thì góc ăn khớp $\alpha_L = \alpha = 20^\circ$. Với hệ có khe hở thì $18^\circ \leq \alpha_L \leq 25^\circ$.

- c là đại lượng đánh giá độ cứng của bánh răng. Giá trị c càng nhỏ, độ mềm dẻo của bánh răng càng lớn.
- M_d tùy thuộc vào loại động cơ được chọn, ví dụ như khi chọn động cơ điện một chiều kích thích song song, thì $M_d = M_0 - b_0 \dot{\phi}_1 = M_0 - b_0 \omega_1$.
- M_c tùy thuộc vào dạng của tải trọng: ví dụ $M_c = M_c(\dot{\phi}_2, \dot{\phi}_1, t)$.
- M_{ms1}, M_{ms2} là thành phần moment ma sát trong các ổ đỡ trục.

Phương trình (2.6) trên là dạng mô hình toán tổng quát của hệ truyền động một cặp bánh răng ở chế độ hoạt động khi hai bánh răng là ăn khớp với nhau. Trong mô hình ta đã có tính tới cả sự ảnh hưởng của moment ma sát M_{ms1}, M_{ms2} cũng như độ không cứng vững của vật liệu biểu diễn dưới dạng tham số c và nhiều tải M_c . Nếu như có thêm các giả thiết bổ sung về loại động cơ được sử dụng, góc ăn khớp giữa các bánh răng, lực ma sát trong các ổ trục hay phương trình mô tả moment tải, ta có thể đơn giản hóa hơn nữa mô hình toán này.

2.1.3. Mô hình toán ở chế độ khe hở (dead zone)



Hình 2.6: Mô tả trạng thái hai bánh răng ở vùng chết của khe hở

Khi hai bánh răng chưa tiếp xúc với nhau do có khe hở ta có thể xem hai bánh răng là tách rời nhau. Hình 2.6 biểu diễn chế độ trạng thái này, trong đó \bar{J}_1, m_1, J_2, m_2 là moment quán tính tổng và khối lượng đối trục đi qua trọng tâm của các bánh răng;

$G_i = m_i g$ là trọng lượng của bánh răng $i = 1, 2$, f là hệ số ma sát trượt khô trong ổ đỡ trục, γ là góc ma sát, ρ là bán kính vòng tròn ma sát; $G_i \rho = M_{msi}$ là moment ma sát, M_i là moment tác động trên các trục, thành phần moment ma sát có thể phụ thuộc vào vị trí hoặc vận tốc góc của trục tùy theo chế độ bôi trơn cho ổ trục. Quá trình trên biểu diễn khi hai bánh răng không tiếp xúc với nhau do có khe hở cạnh răng, nó chỉ xảy ra trong một khoảng thời gian ngắn và thời gian này được xác định theo công thức sau:

$$\delta t = \frac{\delta}{\omega_i r_{oi}}$$

trong đó δ là khe hở cạnh răng, ω_i là vận tốc góc của bánh răng $i = 1, 2$, r_{oi} là bán kính vòng tròn cơ sở.

Trường hợp khe hở của các ổ đỡ trục có rất bé, dao động của trục có thể xem không đáng kể, có thể bỏ qua, khi hai bánh răng chưa tiếp xúc với nhau, hay nói một cách khác hai bánh răng chuyển động độc lập với nhau, ta có:

$$\begin{cases} \bar{J}_1 \ddot{\varphi}_1 = M_d - M_{ms1} \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 = -M_c + M_{ms2} \end{cases} \quad (2.7)$$

với giả thiết moment ma sát trong các ổ đỡ trục không cùng giá trị.

2.1.4. Mô hình toán tổng quát

Như vậy, tương ứng với hai chế độ hoạt động khác nhau của hệ truyền động qua bánh răng là chế độ chạy tự do khi có khe hở và chế độ khi bánh răng đã ăn khớp, ta có hai mô hình khác nhau là (2.6) và (2.7).

Nhìn kỹ cấu trúc của hai mô hình này cũng như từ tính thực tế rằng hằng số c trong mô hình (2.6) đo tính biến dạng đàn hồi của vật liệu là bất định (không biết), nên ta hoàn toàn ghép chung được hai mô hình lại với nhau như sau [5]:

$$\begin{cases} \bar{J}_1 \ddot{\varphi}_1 + \hat{c} r_{L1}^2 \cos^2 \alpha_L (\varphi_1 + i_{12} \varphi_2) = M_d - M_{ms1} \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - \hat{c} r_{L2}^2 \cos^2 \alpha_L (\varphi_2 + i_{21} \varphi_1) = -M_c - M_{ms2} \end{cases} \quad (2.8)$$

trong đó:

$$\hat{c} = \begin{cases} c & \text{ở chế độ ăn khớp} \\ 0 & \text{ở chế độ khe hở} \end{cases} \quad (2.9)$$

và mô hình tổng quát này sẽ được luận văn sử dụng để mô tả hệ truyền động bánh răng trong cả hai chế độ làm việc. Ngoài ra ở mô hình này ta cũng đã chú ý tới cả ảnh hưởng của tính biến dạng đàn hồi vật liệu thông qua tham số hằng c và hiệu ứng mài mòn vật liệu thông qua góc ăn khớp α_L giữa các bánh răng cũng như các tạp nhiễu, mô tả dưới dạng hàm bất định, tác động lên hệ thống bao gồm moment tải M_c và hai moment ma sát M_{ms1} , M_{ms2} .

Sau đây ta sẽ xét riêng cho trường hợp hệ có ổ có bôi trơn bằng dầu và hệ đang ở chế độ xác lập (chạy đều), tức là khi moment ma sát chỉ tỷ lệ với vận tốc góc của trục chứ không còn phụ thuộc vào gia tốc:

$$M_{ms1} = b_1\dot{\varphi}_1 \text{ và } M_{ms2} = b_2\dot{\varphi}_2 \quad (2.10)$$

Đương nhiên khi đã giả thiết hệ ở chế độ chạy đều, ta cũng đã giả thiết hệ đang ở chế độ làm việc có các bánh răng là ăn khớp, tức là mô hình tổng quát (2.8) có $\hat{c} = c$. Lúc đó, cùng với giả thiết này, mô hình (2.8) trở thành:

$$\begin{cases} \bar{J}_1\ddot{\varphi}_1 + cr_{L1}^2\cos^2\alpha_L(\varphi_1 + i_{12}\varphi_2) = M_d - b_1\dot{\varphi}_1 \\ J_2\ddot{\varphi}_2 - cr_{L2}^2\cos^2\alpha_L(\varphi_2 + i_{21}\varphi_1) = -M_c - b_2\dot{\varphi}_2 \end{cases} \quad (2.11)$$

Ngoài ra, vì có thêm:

$$i_{12} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\dot{\varphi}_1}{\dot{\varphi}_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \pm \frac{r_2}{r_1}$$

nên, khi ký hiệu tiếp:

$$cr_{L1}^2\cos^2\alpha_L = c_{z1}, \quad cr_{L2}^2\cos^2\alpha_L = c_{z2}$$

rồi thay vào phương trình (2.11) ta có:

$$\begin{aligned} & \begin{cases} \bar{J}_1\ddot{\varphi}_1 + b_1i_{12}\dot{\varphi}_2 + c_{z1}(\varphi_1 + i_{12}\varphi_2) = M_d \\ J_2\ddot{\varphi}_2 + b_2\dot{\varphi}_2 - c_{z2}(\varphi_2 + i_{21}\varphi_1) = -M_c \end{cases} \\ \Leftrightarrow & \begin{cases} \bar{J}_1\ddot{\varphi}_1 + c_{z1}(\varphi_1 + i_{12}\varphi_2) = M_d - b_1\dot{\varphi}_1 \\ J_2\ddot{\varphi}_2 - c_{z2}(\varphi_2 + i_{21}\varphi_1) = -M_c - b_2\dot{\varphi}_2 \end{cases} \\ \Leftrightarrow & \begin{cases} \bar{J}_1\ddot{\varphi}_1 + b_1\dot{\varphi}_1 + c_{z1}(\varphi_1 + i_{12}\varphi_2) = M_d \\ J_2\ddot{\varphi}_2 + b_2\dot{\varphi}_2 - c_{z2}(\varphi_2 + i_{21}\varphi_1) = -M_c \end{cases} \end{aligned} \quad (2.12)$$

Mô hình cuối cùng (2.12) trên chính là dạng tương đương của (2.6) nếu có được thêm giả thiết (2.10) về moment ma sát. Trong mô hình (2.12), moment dẫn động M_d

từ động cơ sẽ là tín hiệu đầu vào, còn lại lực cản và moment tải, viết chung thành M_c , được xem như là thành phần nhiễu biến đổi tác động vào hệ và cuối cùng, hệ có bốn biến trạng thái là $\varphi_1, \varphi_2, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2$.

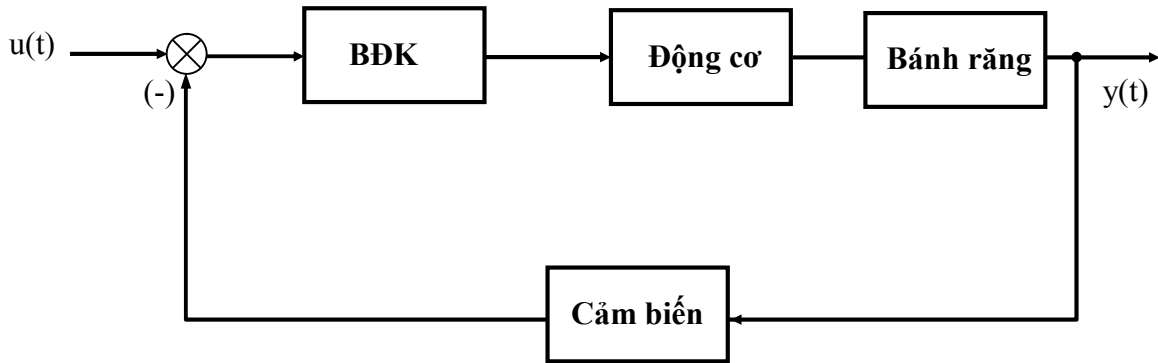
2.2. Cấu trúc điều khiển hệ truyền động có khe hở

Từ mô hình toán học của hệ bánh răng (2.12), ta đi xây dựng cấu trúc điều khiển hệ truyền động có khe hở là một đối tượng gồm 2 phần:

- Phần dẫn động: Sử dụng động cơ 1 chiều để dẫn chuyển động cho cặp bánh răng.

- Phần mô tả cặp bánh răng: Bánh răng chủ động 1 và bị động 2.

Như phân tích ở trên, ta có cấu trúc điều khiển như hình 2.7



Hình 2.7: Sơ đồ cấu trúc điều khiển hệ truyền động bánh răng

Trong đó:

- + BĐK là bộ điều khiển tốc độ hệ truyền động bánh răng, trong luận văn này tác giả sẽ khảo sát chất lượng của hệ bằng bộ điều khiển PID sau đó đề xuất bộ điều khiển mờ lai để cải thiện chất lượng điều khiển cho hệ truyền động bánh răng này.

- + Động cơ là thiết bị tạo ra chuyển động cho bánh răng, luận văn sẽ sử dụng động cơ 1 chiều để điều khiển tốc độ.

- + Bánh răng là hệ gồm 2 bánh răng được mô tả toán học như biểu thức (2.12).

2.3. Kết luận chương 2

Chương 2 đã giải quyết được một số vấn đề sau:

- Xây dựng được mô hình toán học cho hệ truyền động có khe hở là hệ truyền động bánh răng.
- Xây dựng được cấu trúc điều khiển hệ truyền động bánh răng.

Trên cơ sở cấu trúc điều khiển như hình 2.7, trong chương 3 sẽ đi khảo sát chất lượng điều khiển hệ thống bằng bộ điều khiển PID và thiết kế bộ điều khiển mờ lai nhằm nâng cải thiện chất lượng điều khiển cho hệ truyền động bánh răng.

Chương 3

CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN HỆ TRUYỀN ĐỘNG CÓ KHE HỖ BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ LAI

3.1. Tổng quan hệ logic mờ và điều khiển mờ

Khi gặp các bài toán điều khiển mà đối tượng khó mô tả bởi một mô hình toán học hoặc có thể mô tả được song mô hình của nó lại phức tạp và phi tuyến, hay có các tham số thay đổi, đối tượng biến đổi chậm có trễ . . . , thì logic mờ tỏ ra chiếm ưu thế rõ rệt. Ngay cả ở những bài toán điều khiển đã thành công khi sử dụng nguyên tắc điều khiển kinh điển thì việc áp dụng điều khiển logic mờ vẫn mang lại cho hệ thống sự cải tiến về tính đơn giản, gọn nhẹ và nhất là không phải thay bằng bộ điều khiển khác khi tham số của đối tượng bị thay đổi trong một phạm vi khá rộng, điều này bộ điều khiển kinh điển không đáp ứng được. Chính vì vậy trong đề tài này tôi sử dụng thuật toán mờ lai để phát huy những ưu điểm của bộ điều khiển kể trên.

3.1.1. Hệ Logic mờ

3.1.1.1 Khái niệm về tập mờ

Tập mờ là một tập hợp mà mỗi phần tử cơ bản của nó còn được gán thêm một giá trị thực trong khoảng $[0,1]$ để chỉ thị “độ phụ thuộc” của phần tử đó vào tập mờ đã cho. Khi độ phụ thuộc bằng 0 thì phần tử cơ bản đó sẽ hoàn toàn không thuộc tập đã cho (xác suất phụ thuộc bằng 0), ngược lại với độ phụ thuộc bằng 1, phần tử cơ bản sẽ thuộc tập hợp với xác suất 100%.

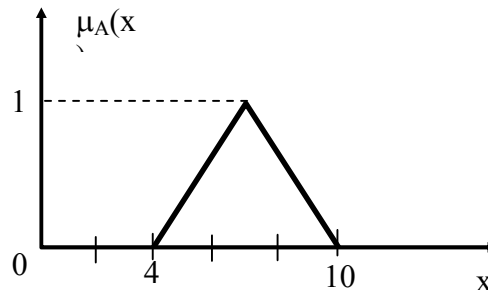
Như vậy, bên cạnh phần tử x , để xác định xem x có thuộc tập mờ hay không còn cần phải có thêm độ phụ thuộc $\mu(x)$. Nếu ký hiệu x là phần tử cơ bản và $\mu(x)$ là độ phụ thuộc của nó thì cặp $[x, \mu(x)]$ sẽ là một phần tử của tập mờ. Cho x chạy khắp trong tập hợp, ta sẽ có hàm $\mu(x)$ và hàm này được gọi là "hàm thuộc".

Một tập mờ được định nghĩa trên tập kinh điển A là tập các hàm liên thuộc $\mu_A(x)$ được biểu diễn bởi hai giá trị là 1 khi $x \in A$ và 0 khi $x \notin A$, ví dụ $A = \{x \in \mathbb{R} / 4 < x < 10\}$ như hình 3.1:

Ngoài ra tập mờ còn được biểu diễn bởi các hàm liên thuộc:

- Hàm hình thang

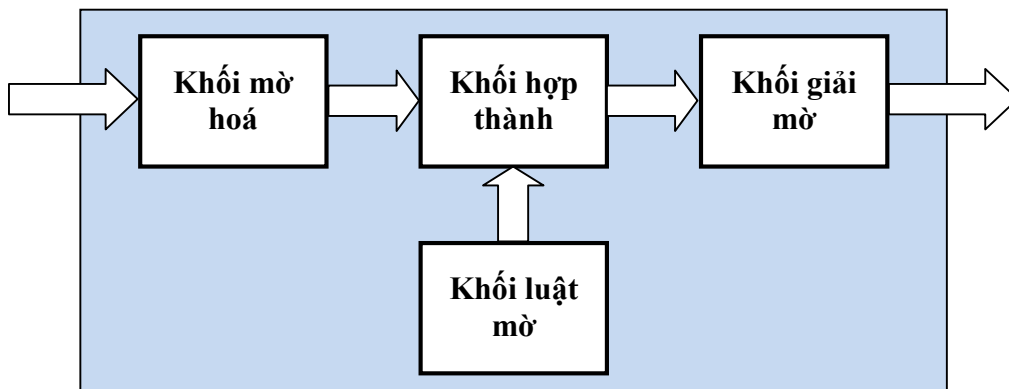
- Hàm Gauss
- Hàm hình chuông
- Hàm Singleton (hay Kronecker)



Hình 3.1: Hàm thuộc biến ngôn ngữ

3.1.1.2. Sơ đồ khối của bộ điều khiển mờ

Cấu trúc chung của một bộ điều khiển mờ gồm 4 khối: Khối mờ hoá, khối hợp thành, khối luật mờ và khối giải mờ (hình 3.2).



Hình 3.2: Sơ đồ khối của bộ điều khiển mờ

*. Luật hợp thành mờ

Bộ thông số vào/ra mờ được định nghĩa trên cơ sở là các biến ngôn ngữ vào ra là các hàm liên thuộc được coi như là các neural (hệ thần kinh). Vì vậy hệ logic mờ được coi như hệ làm việc có tư duy như “bộ não dưới dạng trí tuệ nhân tạo”. Nếu khẳng định khi sử dụng hệ logic mờ trong điều khiển là có thể giải quyết được mọi bài toán mà hệ điều khiển kinh điển PID chưa giải quyết được thì chưa hẳn đã chính xác, vì hoạt động của bộ điều khiển mờ phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm hiểu biết đối tượng và tổng kết những kết quả theo tư duy của người làm điều khiển, từ đó mới xác

định được tham số tối ưu cho bộ điều khiển mờ. Với các đặc điểm trên có thể nói bộ điều khiển mờ có hai tính chất cơ bản:

- Một hệ thống trí tuệ nhân tạo (điều khiển thông minh)
- Một hệ thống điều khiển được thiết kế mà không cần biết trước mô hình của đối tượng.

Bộ não của hệ logic mờ là luật hợp thành và luật hợp thành là tên chung gọi mô hình R biểu diễn một hay nhiều hàm thuộc cho một hay nhiều mệnh đề hợp thành, nói cách khác luật hợp thành được hiểu là một tập hợp của nhiều mệnh đề hợp thành có chung một dạng cấu trúc:

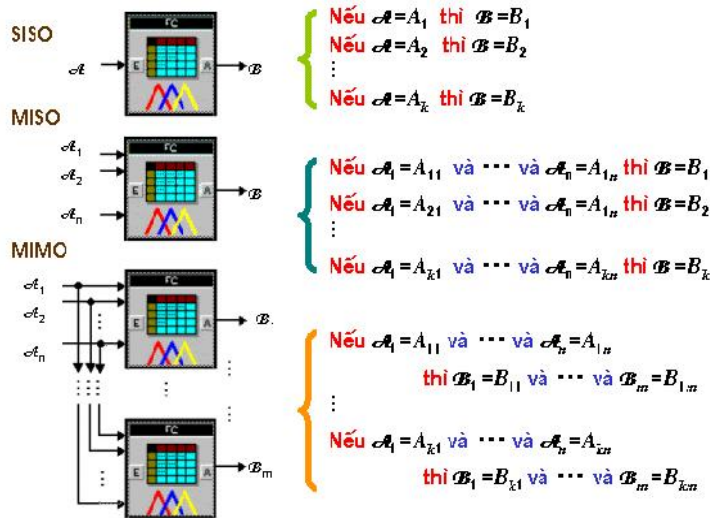
$$\text{Nếu } A_1 = A_{k1} \text{ và } \dots \text{ và } A_n = A_{kn} \text{ Thì } B_1 = B_{k1} \text{ và } \dots \text{ và } B_m = B_{km}$$

với $k = 1, 2, \dots$

Một luật hợp thành có thể có các dạng:

- Luật hợp thành đơn cho hai loại: cấu trúc SISO; cấu trúc MISO
- Luật hợp thành có nhiều mệnh đề hợp thành

Ta có thể mô tả các dạng luật hợp thành như hình 3.3



Hình 3.3: Luật hợp thành

*. Luật hợp thành với một tín hiệu điều khiển và một đáp ứng ra của hệ logic mờ được gọi là *Luật hợp thành đơn*. Các mệnh đề của luật hợp thành đơn có dạng:

$$\text{Nếu } A = A \text{ Thì } B = B.$$

Về bản chất, mệnh đề hợp thành đơn chính là một phép toán “*phép suy diễn*” (Từ **A** suy ra **B**). Những “tín hiệu” vào/ra $\mathbf{A}_k/\mathbf{B}_k$ của luật hợp thành được gọi là biến ngôn ngữ. Những giá trị A_{kl} và B_{kl} của biến ngôn ngữ trong hệ logic mờ được gọi là các giá trị ngôn ngữ.

*. Như ở hình 3.3 đã minh họa thì một hệ logic mờ MIMO đều có thể đưa được về thành mạng nối song song của nhiều hệ logic mờ MISO. Bởi vậy để cài đặt mệnh đề hợp thành với cấu trúc:

$$\text{Nếu } \mathbf{A}_1=A_{k1} \text{ và } \dots \text{ và } \mathbf{A}_n=A_{kn} \text{ thì } \mathbf{B}_1=B_{k1} \text{ và } \dots \text{ và } \mathbf{B}_m=B_{km} \quad (3.1)$$

Cho hệ logic mờ MIMO ta chỉ cần cài đặt nhiều lần song song mệnh đề có một đầu ra ứng với hệ MISO là đủ:

$$\text{Nếu } \mathbf{A}_1=A_{k1} \text{ và } \dots \text{ và } \mathbf{A}_n=A_{kn} \text{ thì } \mathbf{B}=B_k \quad (3.2)$$

*. Để cài đặt luật hợp thành có các mệnh đề dạng (3.1) ta thực hiện các bước sau: Thực hiện việc kết hợp (mờ hóa) tất cả các giá trị đầu vào các biến ngôn ngữ \mathbf{A}_k (đầu vào) để có được một giá trị Hq duy nhất làm đại diện hình (3.4). Giả sử rằng tại đầu vào có các giá trị rõ x_j (của đầu vào A_j). Vậy để tính giá trị đại diện Hq tương ứng của mệnh đề hợp thành đó ta tiến hành hai bước sau:

- Xác định tất cả các giá trị $Hq_j = \mu_{A_{qj}}(x_j)$.
- Xác định Hq là giá trị nhỏ nhất trong số các giá trị Hq_j đã tính được.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Nếu } \mathbf{A}_1 = A_{11} \text{ và } \dots \text{ và } \mathbf{A}_m = A_{1m} \text{ thì } \mathbf{B} = B_1 \\ \vdots \\ \text{Nếu } \mathbf{A}_1 = A_{kl} \text{ và } \dots \text{ và } \mathbf{A}_m = A_{km} \text{ thì } \mathbf{B} = B_k \end{array} \right.$$



Với $q = 1, 2, \dots, k$

$$\text{Nếu } \mathbf{A}_1 = A_{q1} \text{ và } \dots \text{ và } \mathbf{A}_m = A_{qm} \text{ thì } \mathbf{B} = B_q$$



$$H_q = \min_{1 \leq j \leq m} \mu_{A_{qj}}(x_j)$$

$$\text{Nếu } \mathbf{A} = A_q \text{ thì } \mathbf{B} = B_q$$

\mathbf{A} có giá trị rõ đầu vào là $x_j = 1, 2, \dots, m$

Hình 3.4: Mờ hoá

Giá trị Hq được gọi là *độ thỏa mãn đầu vào* của mệnh đề hợp thành kép đã cho và lúc này mệnh đề đó được xem như tương đương với mệnh đề đơn.

$$\text{Nếu } A=Aq \text{ thì } B=Bq, \tag{3.3}$$

Trong đó là tập mờ nhận Hq làm độ thỏa mãn. Nói cách khác từ các giá trị rõ x_j của các đầu vào A_k ta đã thông qua những tập mờ A_{kj} chuyển thành một giá trị rõ x làm đại diện để với nó có được:

$$Hq = \mu(x). \tag{3.4}$$

Thực hiện phép suy diễn mờ để xác định giá trị mờ Bq cho mệnh đề hợp thành (3.3).

Nếu $A = A$ thì $B = B$

Kinh điển

A	B	$A \Rightarrow B$
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Mờ

$$0 \leq \mu_A(x), \mu_B(y) \leq 1$$



Có hai định nghĩa



$$\mu_{A \Rightarrow B}(y) = \mu_A(x) \mu_B(y) - \text{Luật prod ;}$$

$$\mu_{A \Rightarrow B}(y) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(y) \} - \text{Luật min}$$



Hình 3.5: Thực hiện phép suy diễn mờ

Kết quả phép suy diễn mờ $A \Rightarrow B$ sẽ là một tập mờ B' cùng nền với B và có hàm thuộc $\mu_{A \Rightarrow B}(y)$ thỏa mãn:

$$\mu_A(x) \geq \mu_{A \Rightarrow B}(y) \text{ với mọi } \mu_A(x), \mu_B(y) \in [0,1]. \quad (3.5)$$

$$\text{Khi } \mu_B(y) = 0 \text{ sẽ có } \mu_{A \Rightarrow B}(y) = 0. \quad (3.6)$$

$$\text{Nếu có } \mu_{A_1}(x) < \mu_{A_2}(x) \text{ thì cũng có } \mu_{A_1 \Rightarrow B}(y) < \mu_{A_2 \Rightarrow B}(y) \quad (3.7)$$

$$\text{Nếu có } \mu_{B_1}(y) < \mu_{B_2}(y) \text{ thì cũng có } \mu_{A \Rightarrow B_1}(y) < \mu_{A \Rightarrow B_2}(y) \quad (3.8)$$

Hai công thức xác định $\mu_{A \Rightarrow B}(y)$ thường được dùng trong điều khiển là:

$$\mu_{A \Rightarrow B}(y) = \min\{\mu_A(x_0), \mu_B(y)\} \text{ Luật min.} \quad (3.9)$$

$$\mu_{A \Rightarrow B}(y) = \mu_A(x_0)\mu_B(y) \text{ Luật prod.} \quad (3.10)$$

Thực hiện phép hợp mờ để có được giá trị mờ cho luật hợp thành từ tất cả các giá trị mờ của từng mệnh đề hợp thành trong luật hợp thành đó.

Việc thực hiện phép hợp mờ được minh họa trong hình 3.6:

Nếu $A = A_1$ thì $B = B_1$ có giá trị B'_1

Nếu $A = A_2$ thì $B = B_2$ có giá trị B'_2

Kinh điển

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } x \in A \\ 2 & \text{nếu } x \notin A \end{cases} \Rightarrow \mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \\ = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$$

Mờ

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1 \quad \rightarrow \quad \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \neq \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$$

Có hai định nghĩa

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \\ \text{Luật MAX}$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\} \\ \text{Luật SUM}$$



Hình 3.6: Thực hiện phép hợp mờ

Hợp $A \cup B$ của hai tập mờ A và B được hiểu là một tập mờ gồm tất các phần tử của hai tập A, B đã cho, trong đó hàm thuộc $\mu_{A \cup B}(x)$ của phần tử của $A \cup B$ không được mâu thuẫn với phép hợp của hai tập kinh điển. Hai công thức thường dùng trong điều kiện là:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \text{ Luật MAX.} \quad (3.11)$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\} \text{ Luật SUM.} \quad (3.12)$$

Tóm lại, nếu:

$$\text{Mệnh đề "Nếu } A=A_1 \text{ thì } B=B_1 \text{ " có giá trị là } C_1: \quad (3.13)$$

$$\text{Mệnh đề "Nếu } A=A_k \text{ thì } B=B_k \text{ " có giá trị là } C_k$$

thì toàn bộ luật hợp thành sẽ có giá trị là $C = C_1 \cup \dots \cup C_k$.

*. Giải mờ

Sau khi đã có kết quả của luật hợp thành là một tập mờ, trước khi đưa ra giá trị điều kiện ta phải giải mờ tập mờ đó. Điều đó cũng dễ hiểu vì đối tượng chỉ làm việc với những giá trị cụ thể (giá trị rõ) chứ không làm việc với những giá trị mờ (tập mờ).

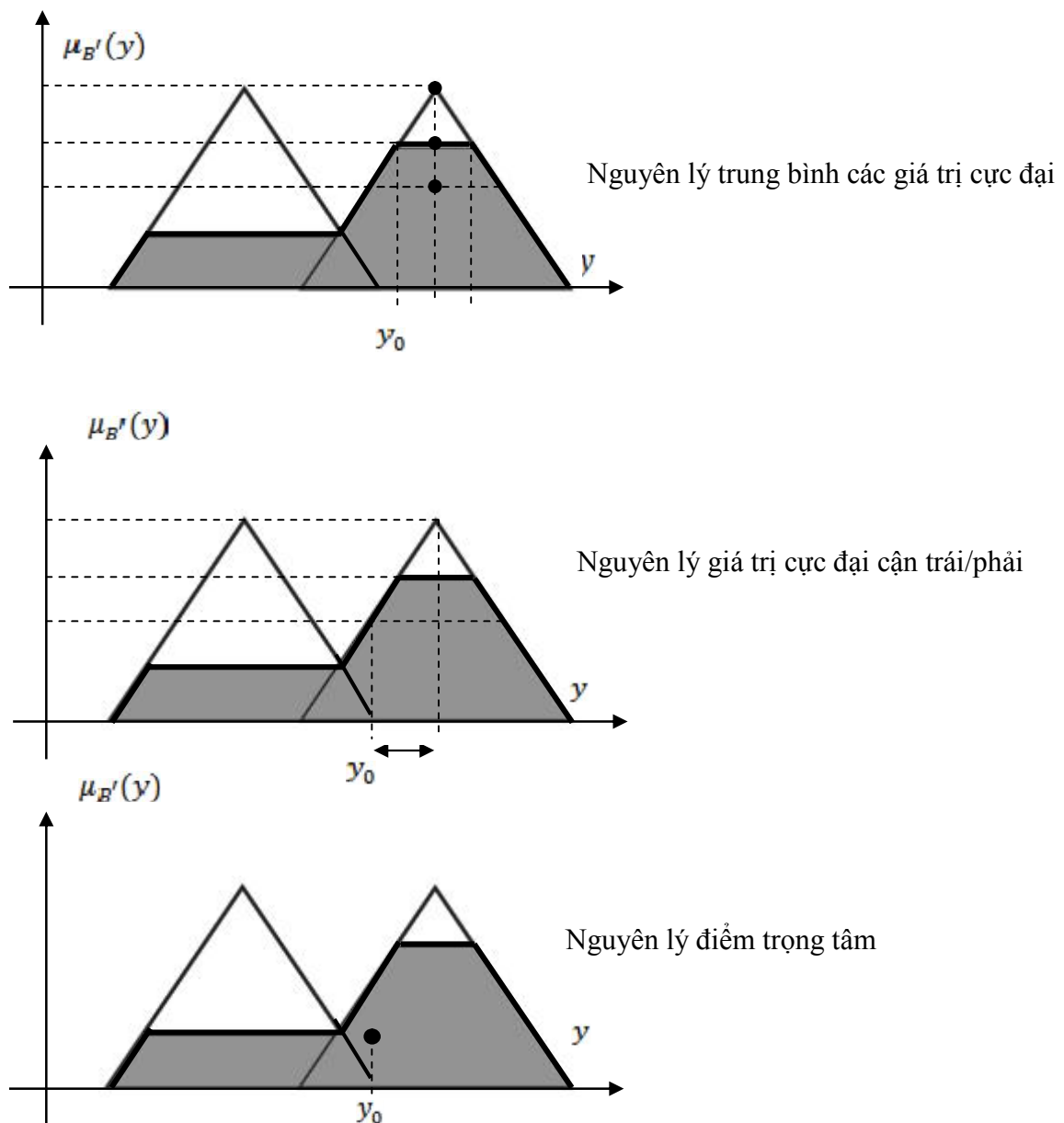
Giải mờ là quá trình xác định một giá trị rõ y_0 nào đó từ tập nền của tập mờ B' để làm đại diện cho B' (là tập mờ kết quả của luật hợp thành).

Trong điều kiện thường sử dụng ba phương pháp giải mờ chính:

Điểm trung bình: Giá trị rõ y_0 là giá trị trung bình của các giá trị có độ thỏa mãn cực đại của $\mu_{B'}(y)$. Nguyên lý này thường được dùng khi miền dưới hàm $\mu_{B'}(y)$ là một miền lồi và như vậy y_0 cũng sẽ là giá trị có độ phụ thuộc lớn nhất. Trong trường hợp B' gồm các hàm liên thuộc dạng đối xứng thì giá trị rõ y_0 không phụ thuộc vào độ thỏa mãn đầu vào của luật điều kiện.

Điểm cực đại: Giá trị rõ y_0 được lấy bằng cận trái/phải cực đại của $\mu_{B'}(y)$. Giá trị rõ lấy theo nguyên lý cận trái/phải này sẽ phụ thuộc tuyến tính vào độ thỏa mãn đầu vào của luật điều kiện hình 3.7.

Điểm trọng tâm: Phương pháp này sẽ cho ra kết quả y_0 là hoành độ của điểm trọng tâm miền được bao bởi trục hoành và đường $\mu_{B'}(y)$. Đây là nguyên lý được dùng nhiều nhất.

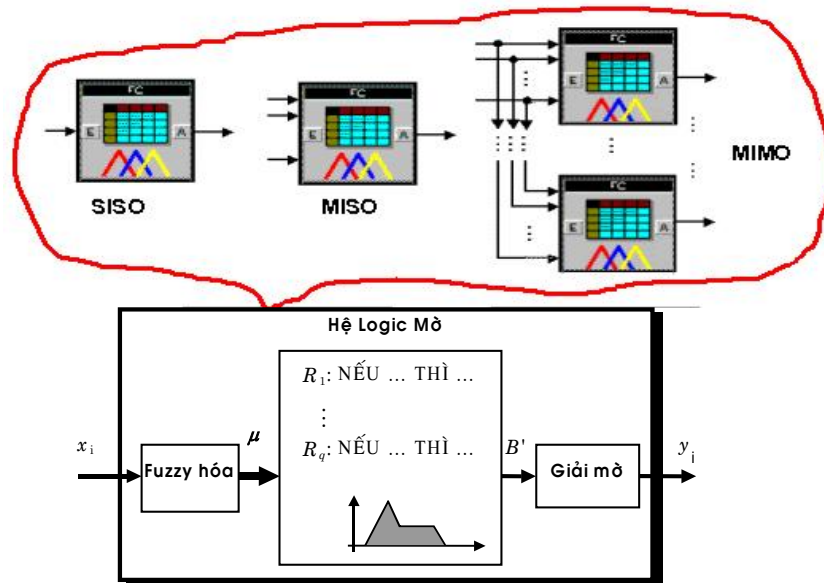


Hình 3.7 Những nguyên lý giải mờ

***. Cấu trúc hệ logic mờ**

Giống như một bộ điều khiển kinh điển, một hệ logic mờ cũng có thể có nhiều tín hiệu vào và nhiều tín hiệu ra. Ta phân chia chúng thành các nhóm

- + Nhóm SISO có một đầu vào và một đầu ra.
- + Nhóm MIMO có nhiều đầu vào và nhiều đầu ra.
- + Nhóm SIMO có một đầu vào và nhiều đầu ra.
- + Nhóm MISO có nhiều đầu vào và một đầu ra.



Hình 3.8 Cấu trúc một hệ logic mờ

Do bản chất là một hệ thực hiện các luật hợp thành (kinh nghiệm điều khiển của con người) trong đó các kinh nghiệm này lại thể hiện dưới dạng ngôn ngữ có các giá trị ngôn ngữ là tập mờ nên một hệ logic mờ phải có các khâu cơ bản như hình 3.8:

+ Khâu Fuzzy hóa có nhiệm vụ chuyển đổi một giá trị rõ đầu vào x_0 thành một vector $\underline{\mu}$ gồm các độ phụ thuộc của giá trị rõ đó theo các giá trị mờ (tập mờ) đã định nghĩa cho biến ngôn ngữ đầu vào.

+ Khâu thực hiện luật hợp thành, có tên gọi là *thiết bị hợp thành*, xử lý vector $\underline{\mu}$ và cho ra giá trị mờ B' của biến ngôn ngữ đầu ra.

+ Khâu giải mờ, có nhiệm vụ chuyển đổi tập mờ B' thành một giá trị rõ y' chấp nhận được cho đối tượng (*tín hiệu điều chỉnh*).

3.1.2. Bộ điều khiển mờ [9]

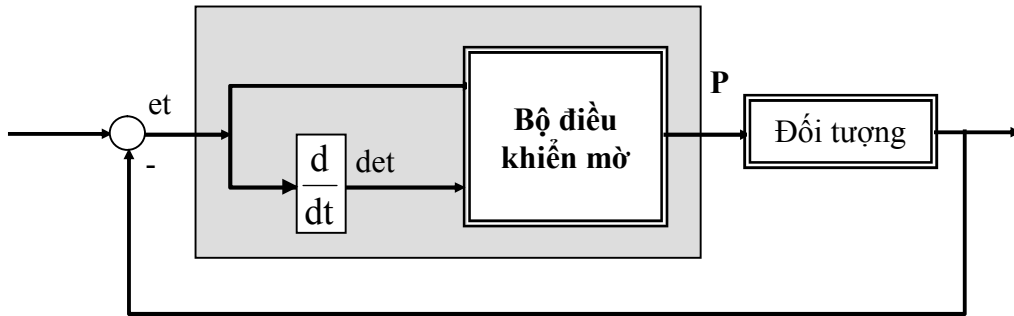
3.1.2.1. Bộ điều khiển mờ động

Bộ điều khiển mờ động là bộ điều khiển mờ có xét tới các trạng thái động của đối tượng. Ví dụ đối với hệ điều khiển theo sai lệch thì đầu vào của bộ điều khiển mờ ngoài tín hiệu sai lệch e theo thời gian còn có các đạo hàm, tích phân của sai lệch giúp cho bộ điều khiển phản ứng kịp thời với các thay đổi đột xuất của đối tượng.

Các bộ điều khiển mờ hay được dùng hiện nay là bộ điều khiển mờ theo luật tỷ lệ tích phân, tỷ lệ vi phân và tỷ lệ vi tích phân (I, PI, PD và PID).

*. Bộ điều khiển PD

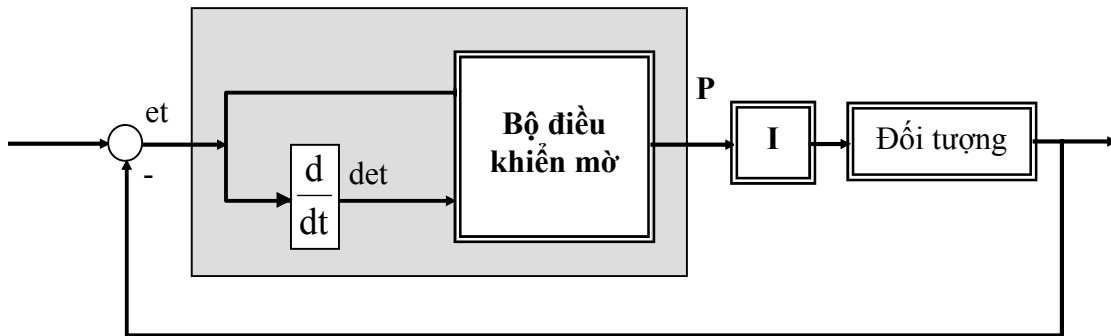
Bộ điều khiển mờ PD được mô tả như sơ đồ sau:



Hình 3.9: Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển mờ PD

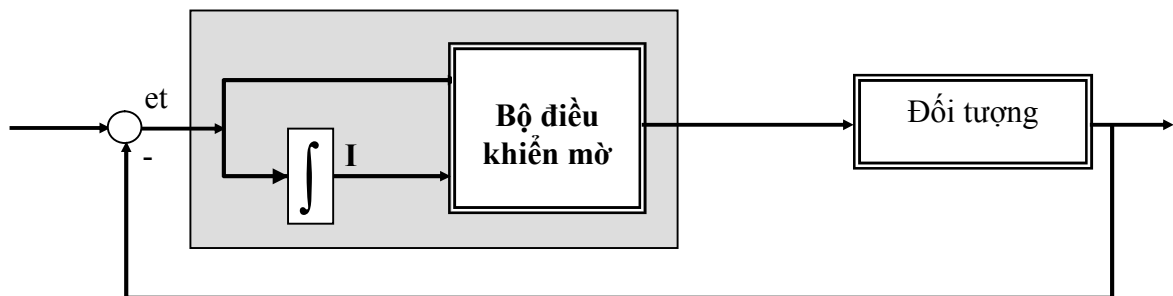
*. Bộ điều khiển PI

Bộ điều khiển mờ PI được mô tả như sơ đồ sau:



Hình 3.10: Sơ đồ khối hệ thống với bộ điều chỉnh mờ PI(1)

Ta cũng có thể sử dụng mô hình:



Hình 3.11: Sơ đồ khối hệ thống với bộ điều khiển mờ PI(2)

3.1.2.2. Điều khiển mờ lai

Bộ điều khiển mà trong quá trình làm việc tự điều chỉnh thông số của nó cho phù hợp với sự thay đổi của đối tượng được gọi là bộ điều khiển thích nghi. Một hệ

thống điều khiển thích nghi, cho dù có hay không sự tham gia của hệ mờ, là hệ thống phát triển cao và có tiềm năng đặc biệt, song gắn liền với những ưu điểm đó là khối lượng tính toán thiết kế rất lớn.

Thực tế ứng dụng kỹ thuật mờ cho thấy: không phải là cứ thay một bộ điều khiển mờ vào chỗ bộ điều khiển kinh điển thì sẽ có một hệ thống tốt hơn. Trong nhiều trường hợp, để hệ thống có đặc tính động học tốt và bền vững cần phải thiết kế *thiết bị điều khiển lai* giữa bộ điều khiển mờ và bộ điều khiển kinh điển.

Hệ mờ lai (viết tắt là F-PID) là một hệ thống điều khiển tự động trong đó thiết bị điều khiển bao gồm hai thành phần:

- Thành phần điều khiển kinh điển.
- Thành phần điều khiển mờ.

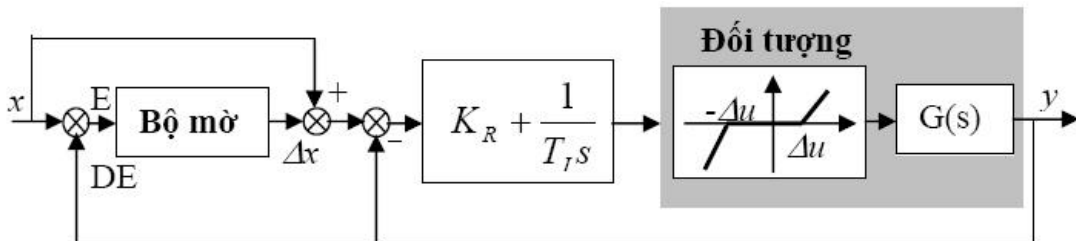
*. Các dạng hệ mờ lai phổ biến

Hệ lai không thích nghi có bộ điều khiển kinh điển

Hãy quan sát hình 4.9 của một hệ lai có bộ tiền xử lý mờ. Nhiệm vụ điều khiển được giải quyết bằng bộ điều khiển kinh điển và các thông số của bộ điều khiển không được chỉnh định thích nghi. Hệ mờ được sử dụng để điều chế tín hiệu chủ đạo cho phù hợp với hệ thống điều khiển. Về nguyên tắc, tín hiệu chủ đạo là một hàm thời gian bất kỳ và phụ thuộc vào những ứng dụng cụ thể. Một cấu trúc cụ thể của hệ mờ lai có bộ tiền xử lý mờ như vậy được biểu diễn trong hình 4.10.



Hình 3.12: Bộ điều khiển mờ lai có khâu tiền xử lý mờ

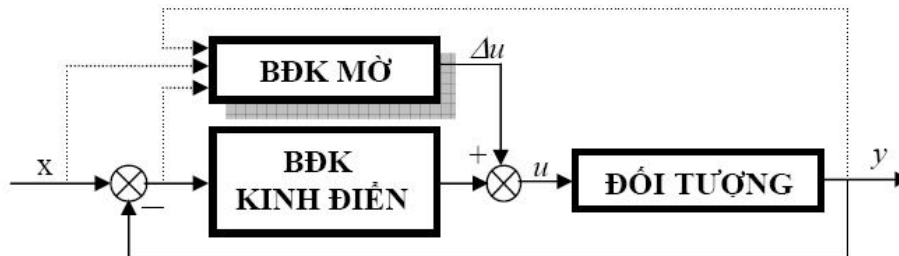


Hình 3.13: Hệ mờ với bộ học mờ cho tín hiệu chủ đạo x

Tín hiệu chủ đạo x đưa vào hệ thống được điều chế qua bộ mờ. Tín hiệu vào x được so sánh với tín hiệu ra y của hệ thống và sai lệch E cùng đạo hàm DE của nó được đưa vào đầu vào bộ lọc mờ tạo ra một lượng hiệu chỉnh Δx , tín hiệu chủ đạo đã được lọc có giá trị $x + \Delta x$. Tác dụng của bộ lọc mờ trong toàn bộ hệ thống là làm cho hệ thống có đặc tính động tốt hơn và nâng cao khả năng bền vững của hệ khi các thông số trong hệ biến đổi.

Hệ mờ lai Cascade

Một cấu trúc mờ lai khác được biểu diễn trong hình 3.14, ở đó phần bù tín hiệu điều chỉnh Δu được lấy từ bộ điều khiển mờ.

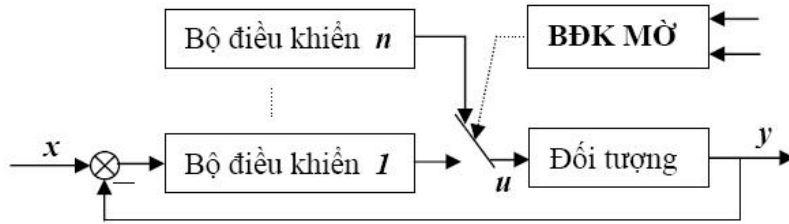


Hình 3.14: Cấu trúc hệ mờ lai Cascade

Trong trường hợp hệ thống có cấu trúc như trên thì việc chọn các đại lượng đầu vào của hệ mờ phụ thuộc vào từng ứng dụng cụ thể. Tất nhiên các đại lượng thường được sử dụng làm tín hiệu vào của hệ mờ là tín hiệu chủ đạo x , sai lệch E , tín hiệu ra y cùng với đạo hàm hoặc tích phân của các đại lượng này. Về nguyên tắc có thể sử dụng các đại lượng khác của đối tượng cũng như sử dụng các nhiễu xác định được.

Điều khiển công tắc thích nghi bằng khóa mờ

Điều khiển theo kiểu chuyển đổi khâu điều khiển có tham số và cấu trúc phù hợp với điểm làm việc của đối tượng đòi hỏi thiết bị điều khiển phải chứa đựng tất cả các khâu có cấu trúc và tham số khác nhau cho từng trường hợp (Hình 3.23). Hệ thống sẽ tự chọn khâu điều khiển có tham số phù hợp với đối tượng. Điều khiển công tắc chuyển đổi vị trí để chọn khâu điều khiển phù hợp được thực hiện bằng khóa mờ.



Hình 3.15: Chọn bộ điều khiển thích nghi bằng khóa mờ

Thông thường thì các khâu điều khiển được dùng trong trường hợp này là các khâu có cấu trúc như nhau nhưng tham số khác nhau. Khác với việc chỉnh định thông số thích nghi trong các hệ tự chỉnh, các thông số ở đây được chỉnh định cứng qua công tác chuyển đổi. Ưu điểm chính của hệ thống này là các bộ điều khiển làm việc độc lập với nhau, do vậy có thể kiểm tra tính ổn định của hệ ứng với từng trường hợp riêng biệt. Các đại lượng vào của hệ mờ được xác định theo từng ứng dụng cụ thể.

3.2. Thiết kế bộ điều khiển mờ lai

3.2.1. Đặt vấn đề

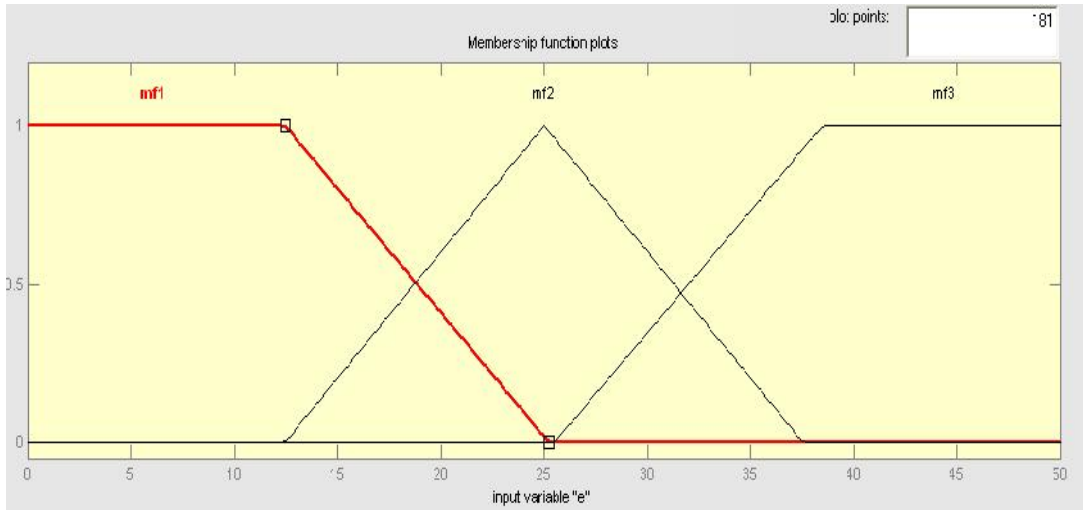
Để áp dụng phương pháp điều khiển mờ lai cho hệ điều khiển áp suất bao hơi nhà máy nhiệt điện, tác giả sử dụng mô hình mờ lai Cascade.

Việc thiết kế bộ điều khiển mờ lai thực hiện bằng việc thiết kế các khâu trong bộ điều khiển mờ sau đó kết hợp với bộ điều khiển PID:

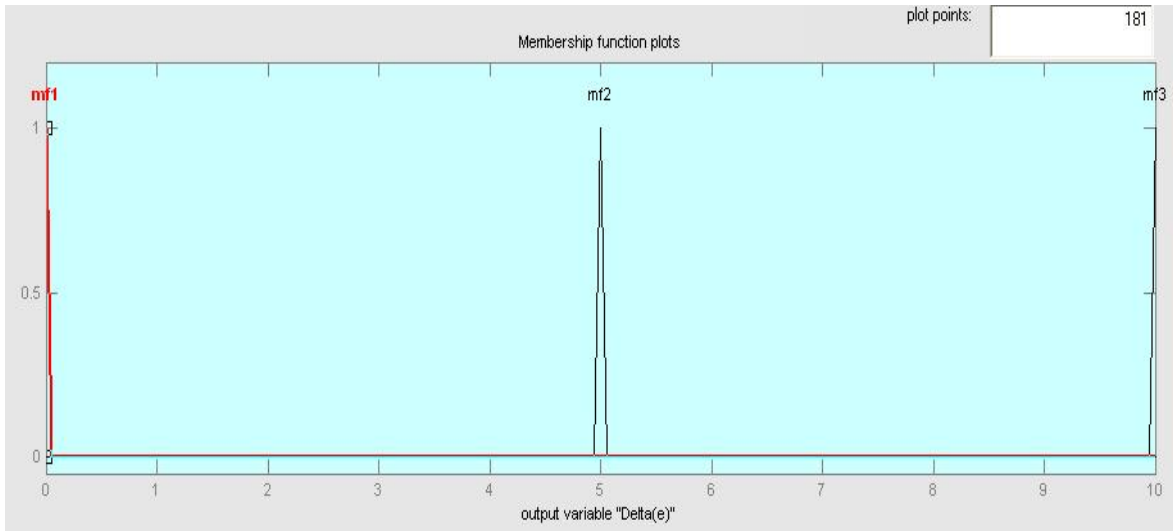
3.2.2. Mờ hoá

Ta thiết kế bộ điều khiển mờ bao gồm một biến trạng thái mờ đầu vào và một biến mờ đầu ra. Mỗi biến này lại được chia thành nhiều giá trị tập mờ (Tập mờ con). Số giá trị mờ trên mỗi biến được chọn để phủ hết các khả năng cần thiết sao cho khả năng điều khiển là lớn nhất trong khi chỉ cần một số tối thiểu các luật điều khiển mờ.

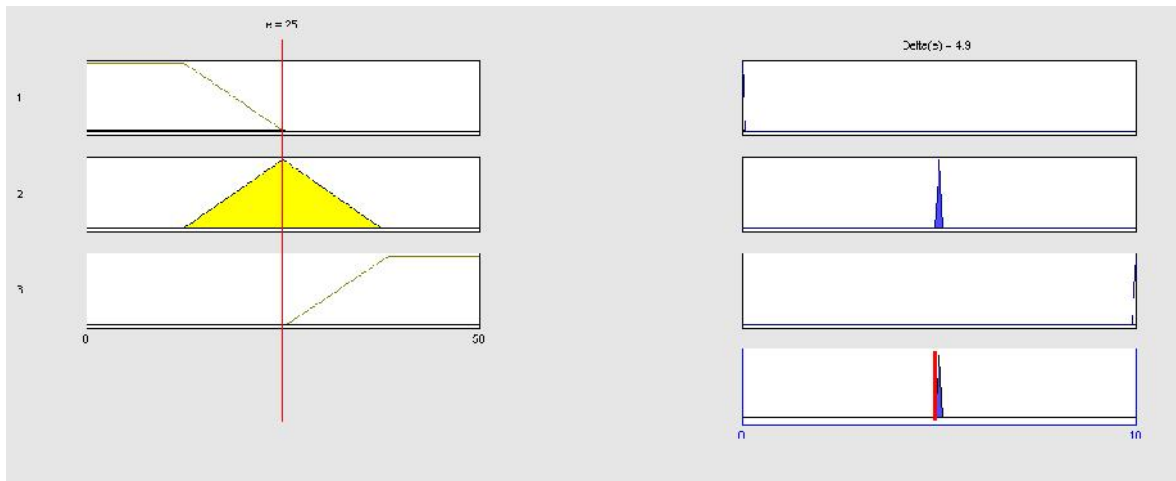
Sự phân bố của các hàm liên thuộc của đầu vào :



Hình 3.16: Sự phân bố các giá trị mờ của biến vào



Hình 3.17: Sự phân bố các giá trị mờ của biến ra



Hình 3.18: Các luật điều khiển mờ

3.3. Mô phỏng các bộ điều khiển đã thiết kế

* Luật điều khiển và luật hợp thành

Luật hợp thành được xây dựng trên cơ sở nguyên lý hợp thành MAX – MIN.

* Giải mờ

Giải mờ có thể được thực hiện theo các phương pháp điểm trọng tâm, phương pháp trung bình hay phương pháp cực đại. Do miền xác định của các giá trị mờ đầu ra là miền liên thông nên ta sẽ giải mờ theo phương pháp trọng tâm. Giá trị rõ x được xác định theo phương pháp điểm trọng tâm như ở công thức:

$$x_0 = \frac{\int_S x \cdot \mu_B(x) dx}{\int_S \mu_B(x) dx}$$

Trong đó: S là miền xác định của tập mờ B .

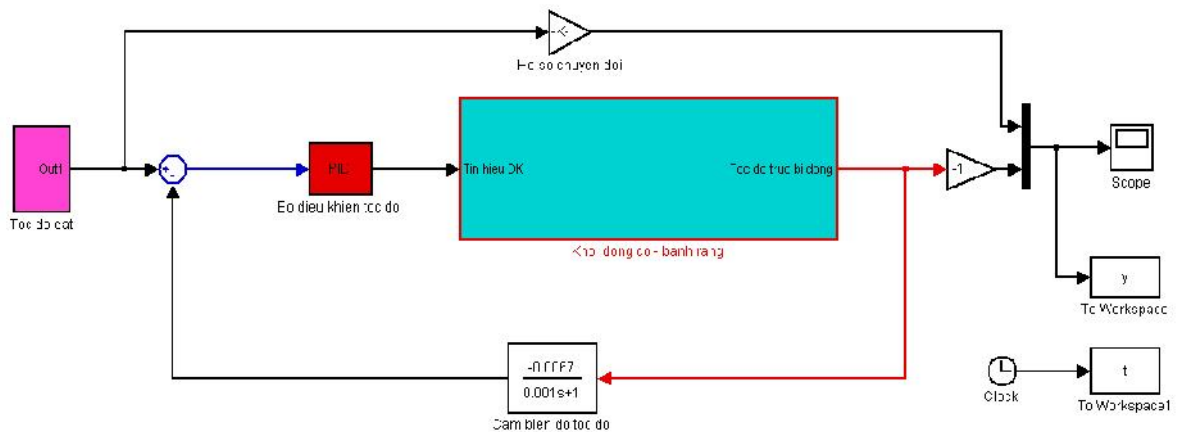
3.4. Khảo sát chất lượng bằng bộ điều khiển mờ lai và so sánh với bộ điều khiển PID

3.4.1. Khảo sát chất lượng bằng bộ điều khiển PID

Sơ đồ mô phỏng hệ thống sử dụng bộ điều khiển PID

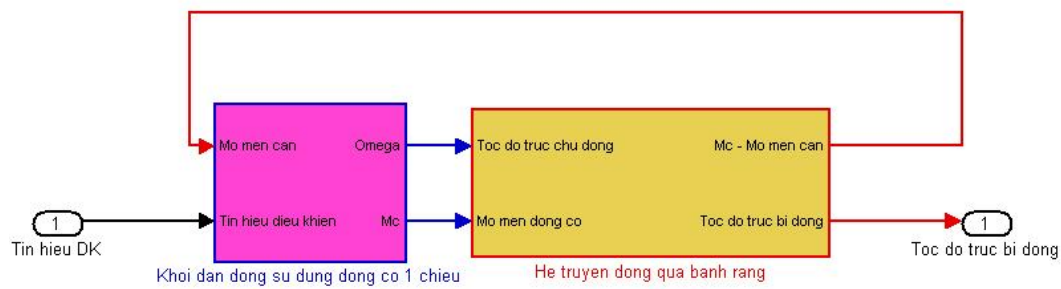
Thực hiện mô phỏng một cặp bánh răng thẳng ăn khớp với tỷ số truyền lý thuyết $i_{12} = 2$; $r_{01} = 50 \text{ mm}$; $r_{02} = 100 \text{ mm}$; góc ăn khớp giữa hai bánh răng là $\alpha_L = 30^\circ$; các moment quán tính lần lượt là $J_1 = 0,01 \text{ kgm}^2$; $J_2 = 0,02 \text{ kgm}^2$ và hệ số đàn hồi là $c = 10 \text{ N}$.

Bộ điều khiển được thiết kế theo phương pháp thực nghiệm: $K_p = 80$; $K_i = 150$.

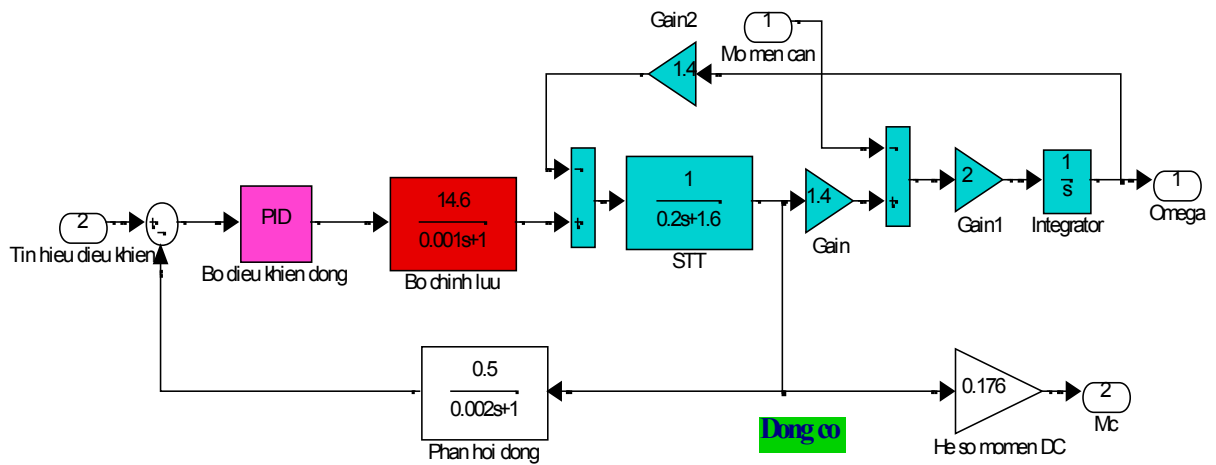


Hình 3.19: Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động bánh răng bằng bộ điều khiển PID

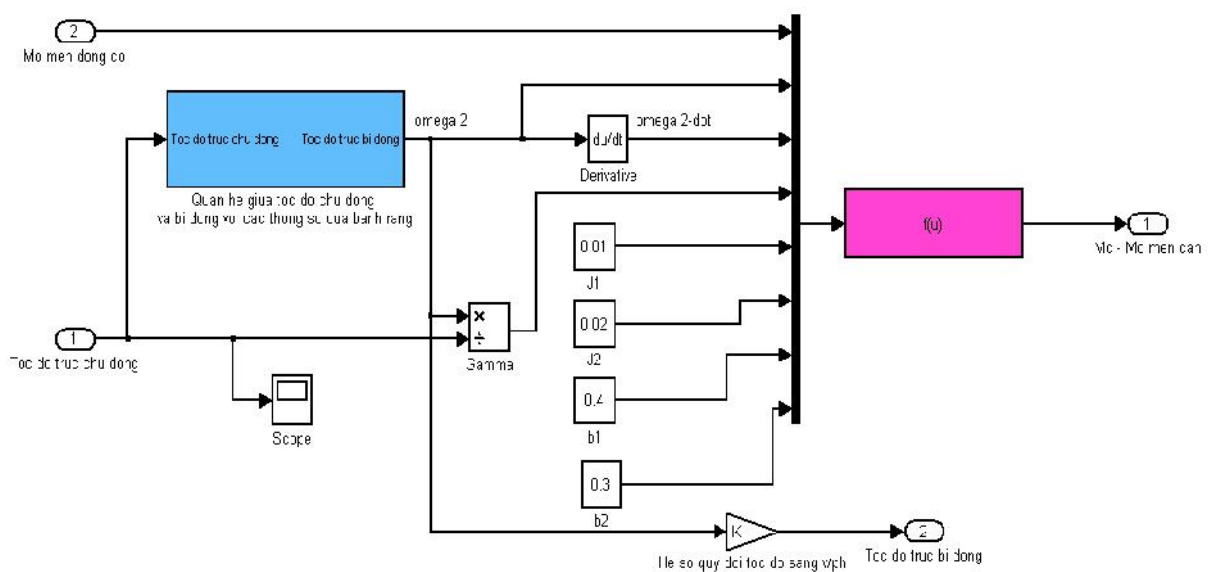
Trong đó các khối trong sơ đồ như sau:



Hình 3.20: Khối động cơ và hệ bánh răng



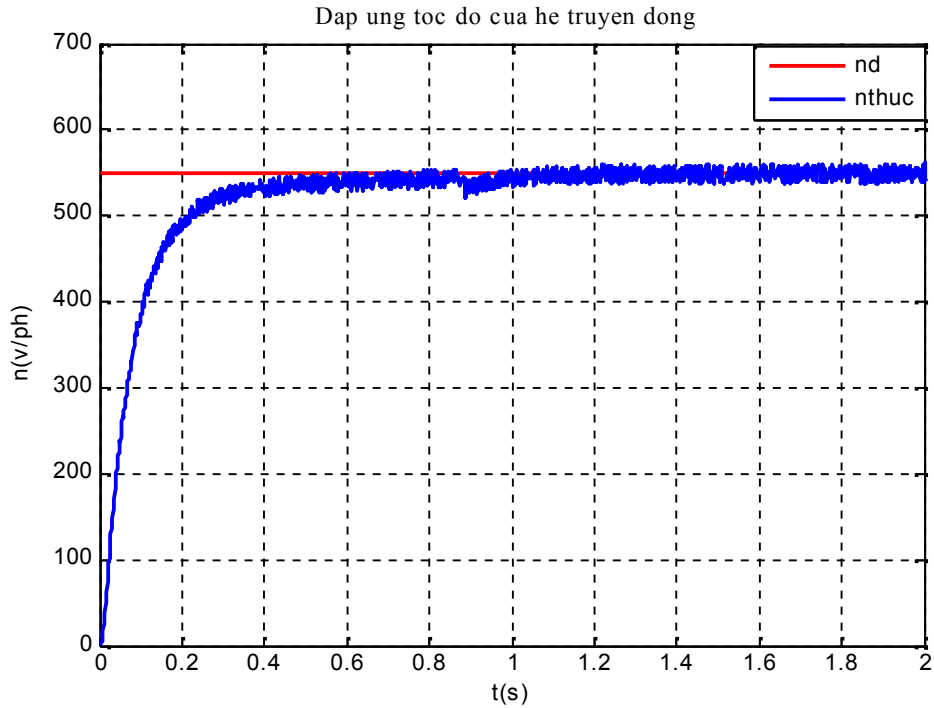
Hình 3.21: Khối động cơ một chiều



Hình 3.22: Khối cặp bánh răng

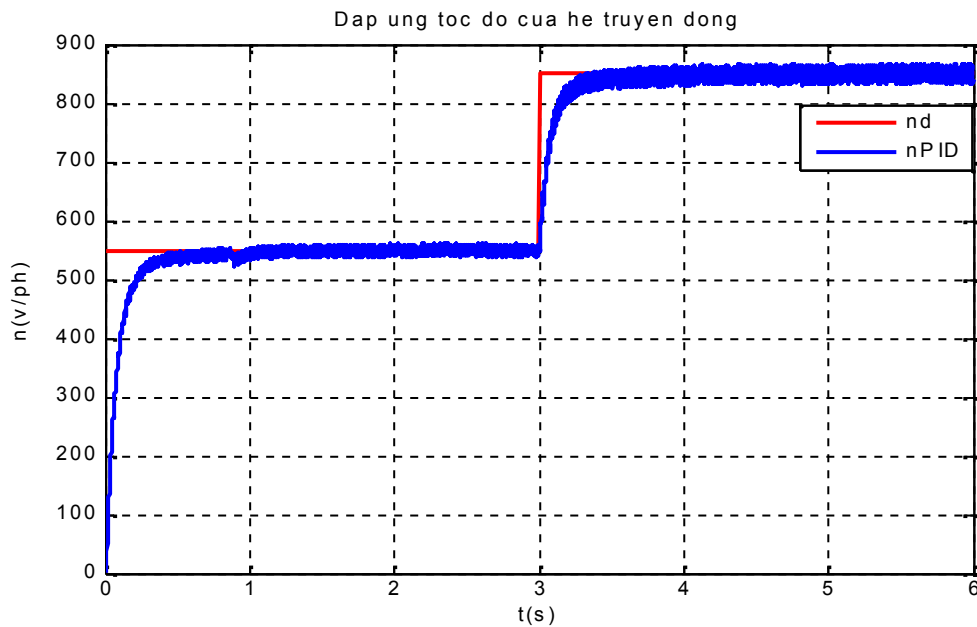
Kết quả mô phỏng hệ thống sử dụng bộ điều khiển PID

- Trường hợp tốc độ đặt 550v/ph



Hình 3.23: Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động băng răng với tốc độ không đổi

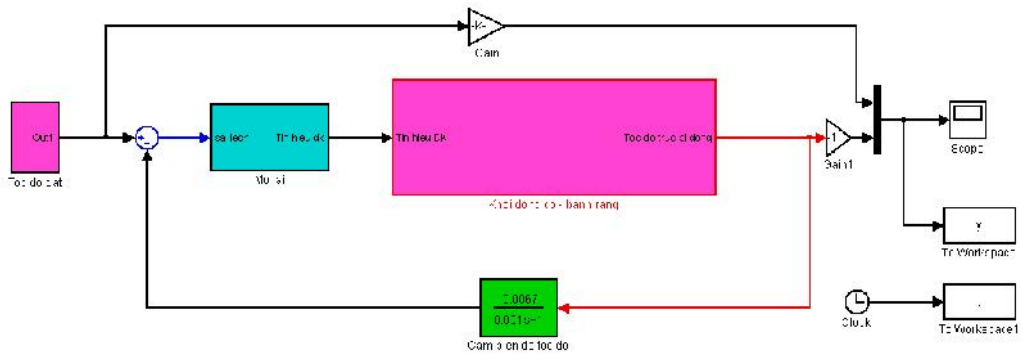
- Trường hợp tốc độ thay đổi là hằng số nhảy từ 550 v/ph lên 850v/ph



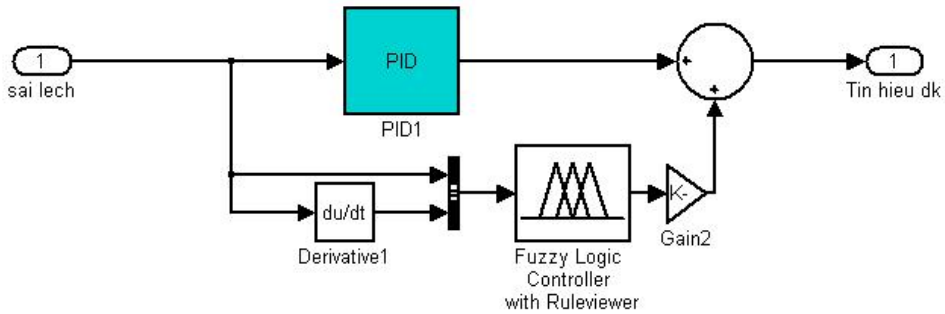
Hình 3.24: Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động băng răng với tốc độ thay đổi

3.4.2. Khảo sát chất lượng bằng bộ điều khiển mờ lai

Sơ đồ mô phỏng

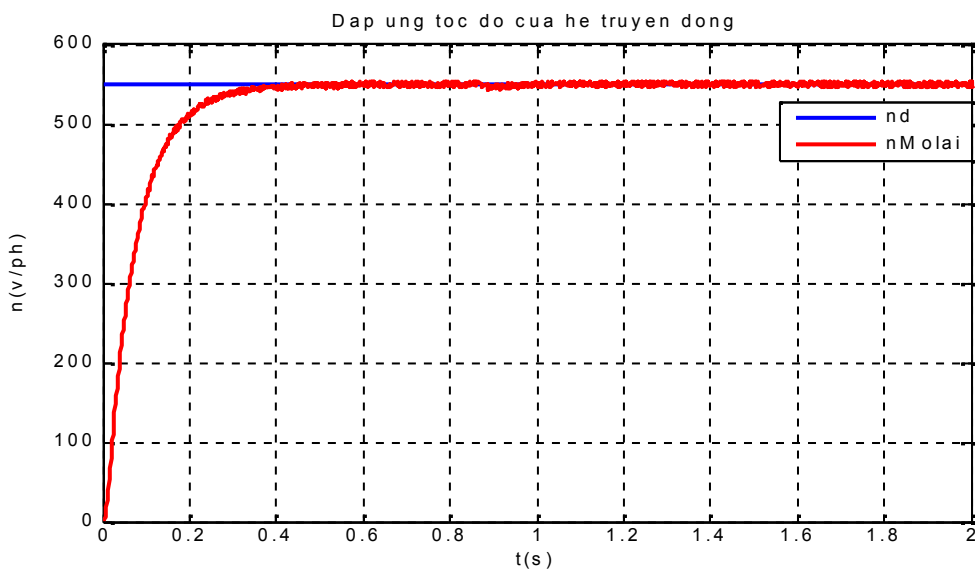


Hình 3.25: Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động bánh răng bằng bộ điều khiển mờ lai
Trong đó bộ điều khiển mờ lai có cấu trúc mô phỏng:

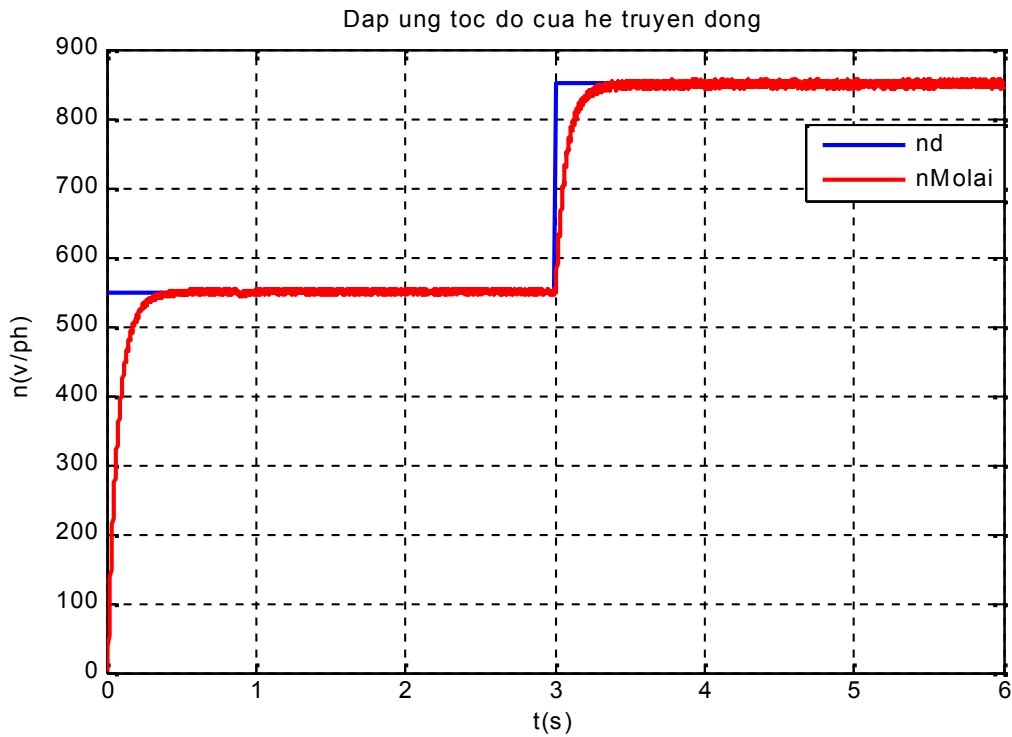


Hình 3.26: Sơ đồ mô phỏng ổ đỡ từ với cấu trúc bộ điều khiển mờ lai

Kết quả mô phỏng



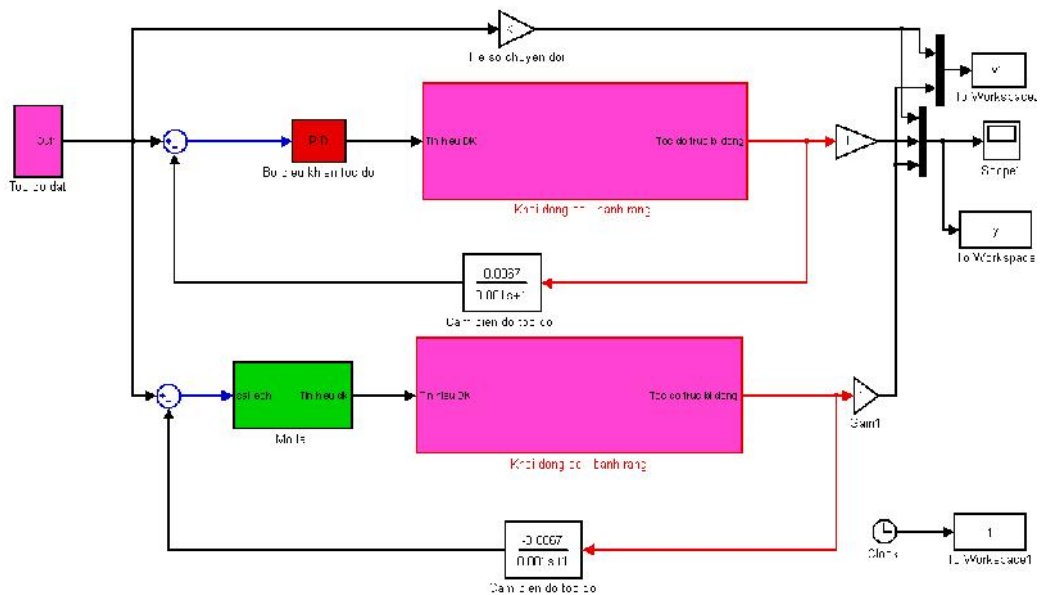
Hình 3.27: Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động bánh răng với tốc độ không đổi



Hình 3.28: Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động bán răng với tốc độ thay đổi

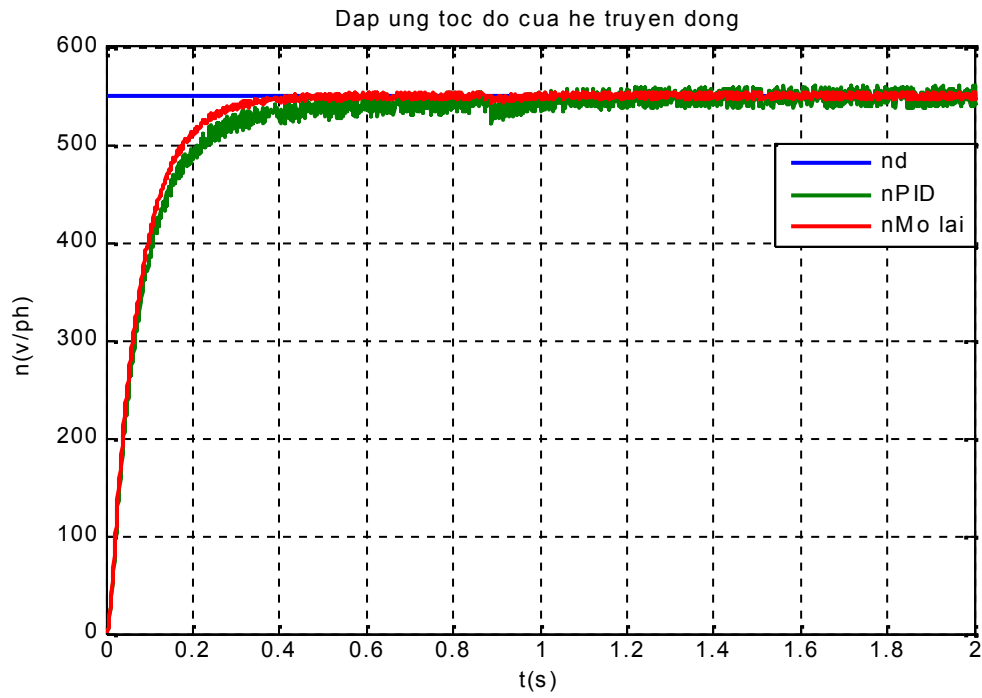
3.4.3. So sánh bộ điều khiển mờ lai với bộ điều khiển PID

Sơ đồ mô phỏng

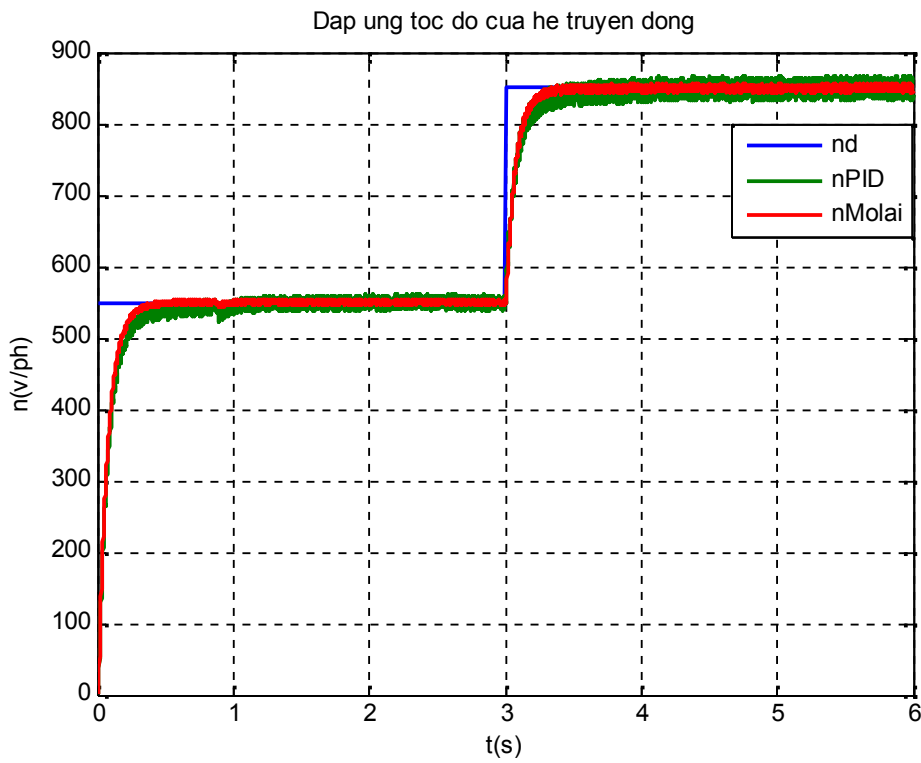


Hình 3.29: Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động bán răng bằng bộ điều khiển PID và mờ lai

Kết quả mô phỏng



Hình 3.30: Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động bằng răng rãnh với tốc độ không đổi



Hình 3.31: Đáp ứng tốc độ của hệ truyền động bánh răng với tốc độ thay đổi

3.4.4. Nhận xét

Từ các kết quả mô phỏng trên các hình 3.31 và hình 3.32 cho thấy bộ điều khiển mờ lai đã cải thiện được một số chỉ tiêu chất lượng so với bộ điều khiển PID như thời gian quá độ và mức độ dao động của tốc độ quay trục bánh răng. Điều này cho thấy với phương pháp điều khiển mờ lai đem lại khả quan cho việc phát triển ứng dụng phương pháp điều khiển hiện đại cho hệ truyền động có khe hở (hệ truyền động bánh răng).

3.5. Kết luận chương 3

Chương 3 đã giải quyết được một số vấn đề sau:

- Tổng quan được những vấn đề cơ bản về hệ logic mờ và điều khiển mờ.
- Đưa ra được phương pháp thiết kế bộ điều khiển mờ lai để thiết kế bộ điều khiển cho đối tượng.
- Mô phỏng hệ thống.
- Đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển truyền động có khe hở (bánh răng) bằng bộ điều khiển mờ lai so với bộ điều khiển PID.

Chương 4

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

4.1. Card DS1104 sử dụng trong hệ thống thí nghiệm [15]

Ngày nay, trong lĩnh vực công nghiệp có nhiều bộ vi xử lý được sản xuất ứng dụng cho việc điều khiển động cơ như: DSP2407, DSP2407, FPGA,... Hãng dSPACE (Đức) cũng đã nghiên cứu và sản xuất thành công Card dSPACE DS1103, DS1104. Một đặc điểm nổi trội của card dSPACE là kết nối với phần mềm mô phỏng Matlab_Simulink.



Hình 4.1: Những bộ phận chính của Card DS1104

DS1104 là Card điều khiển số do hãng dSPACE của Đức sản xuất dựa trên bộ xử lý tín hiệu số DSP (Digital Signal Processor) dấu phẩy động (floating-point) thế hệ thứ ba, họ TMS320Cxx của hãng Texas Instruments (Mỹ). DS1104 được thiết kế đặc biệt

để phát triển các bộ điều khiển số đa biến tốc độ cao và mô phỏng thời gian thực. Nó thường được dùng trong các lĩnh vực sau:

- Các cơ cấu chấp hành bằng điện và thủy lực.
- Điều khiển servo các truyền động ổ đĩa (disk drive).
- Điều khiển truyền động điện.
- Điều khiển các phương tiện cơ giới.
- Điều khiển tần động tích cực.
- Trong các máy CNC,...

4.2. Cấu trúc phần cứng của DS1104 [15]

4.2.1. Cấu trúc tổng quan

DS1104 được xây dựng trên cơ sở vi xử lý tín hiệu số TMS320F240 của hãng Texas Instruments.

Bảng 4.1: Dung lượng các bộ nhớ của DS1104

ON-CHIP MEMORY (WORDS)			Nguồn nuôi (V)	Chu kì (ns)	Số chân
RAM		FLASH EEPROM			
DATA	DATA/PROG	PROG			
288	256	16K	5	20	PQ 132-P

Ngoài ra, nó còn có hệ con ngoài vi khác phục vụ cho các ứng dụng xử lý tín hiệu số, giao tiếp với máy tính và bên ngoài,...

Bộ xử lý chính:

- MPC8240, PowerPC 603e core, 250 MHz
- 32 kByte internal cache

Timer:

- Một bộ Timer ước lượng lấy mẫu, bộ đếm lùi 32 bit
- Bốn bộ Timer đa mục đích, 32 bit

- Độ phân dải 64 bit để đo thời gian

Bộ nhớ:

- 32 Mbyte RAM DRAM (SDRAM)
- 8 Mbyte bộ nhớ Flash cho các ứng dụng

Các ngắt điều khiển:

- Các ngắt bởi timer, giao tiếp nối tiếp, DSP tứ, incremental encoder, ADC, PC chủ, 4 đầu vào từ bên ngoài.
- Ngắt đồng bộ PWM

Đầu vào tương tự:

- 4 kênh ADC, 16 bit, đa thành phần
- Dải điện áp đầu vào $\pm 10V$
- Thời gian lấy mẫu 2us
- Hệ số tín hiệu/ nhiễu >80 dB
- 4 kênh ADC , 12 bit
- Dải điện áp $\pm 10V$
- Thời gian lấy mẫu 800ns
- Hệ số tín hiệu/ nhiễu >65 dB

Đầu ra tương tự:

- 8 kênh DAC, 16 bit, thời gian ổn định max 10us
- Dải điện áp ra $\pm 10V$

Incremental Encoder:

- 2 đầu vào số, TTL hoặc RS422
- Kênh encoder có độ phân dải 24 bit
- Tần số xung max đầu vào là 1.65MHz. gấp 4 lần xung đếm tới 6.6MHz
- Nguồn sensor 5V/0.5A

Vào/ra số:

- Vào/ra số 20 bit
- Dòng ra 5mA

Giao tiếp:

- RS232, RS485 và RS422

Hệ con DSP tó:

- Texas Instruments' DSP TMS320F240
- 4 kWord of dual-port RAM
- 3 pha đầu ra PWM, 4 đầu ra đơn PWM
- 14 bit vào/ra số

Đặc điểm vật lý:

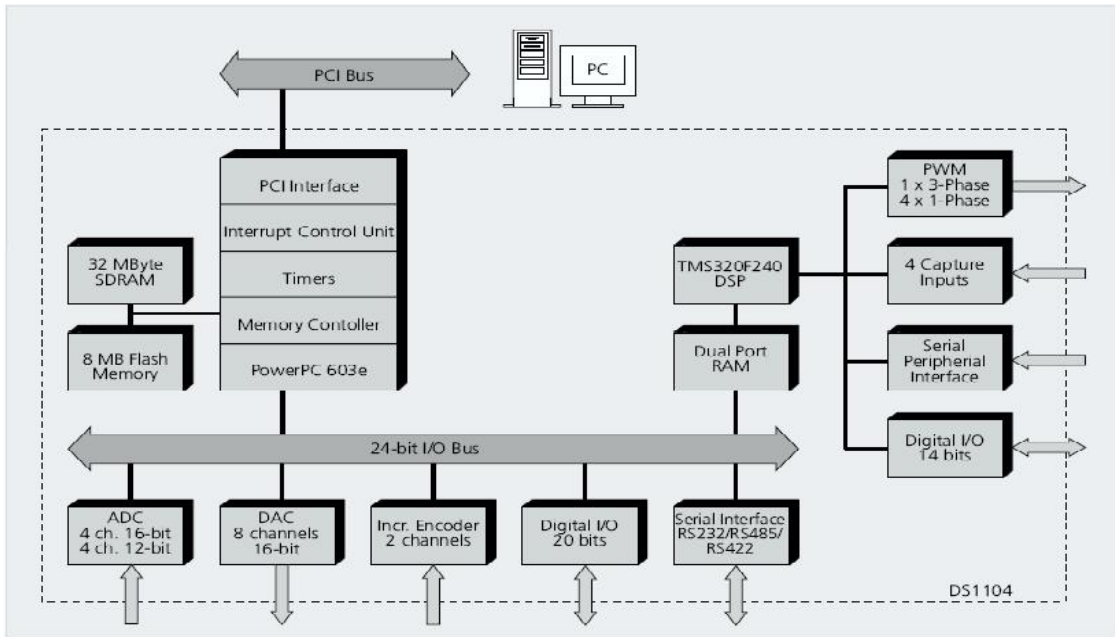
- Nguồn nuôi 5 V, 2.5 A / -12 V, 0.2 A /12 V, 0.3 A
- Yêu cầu cần có khe PCI 32 bit

4.2.2. Ghép nối với máy chủ (Host Interface)

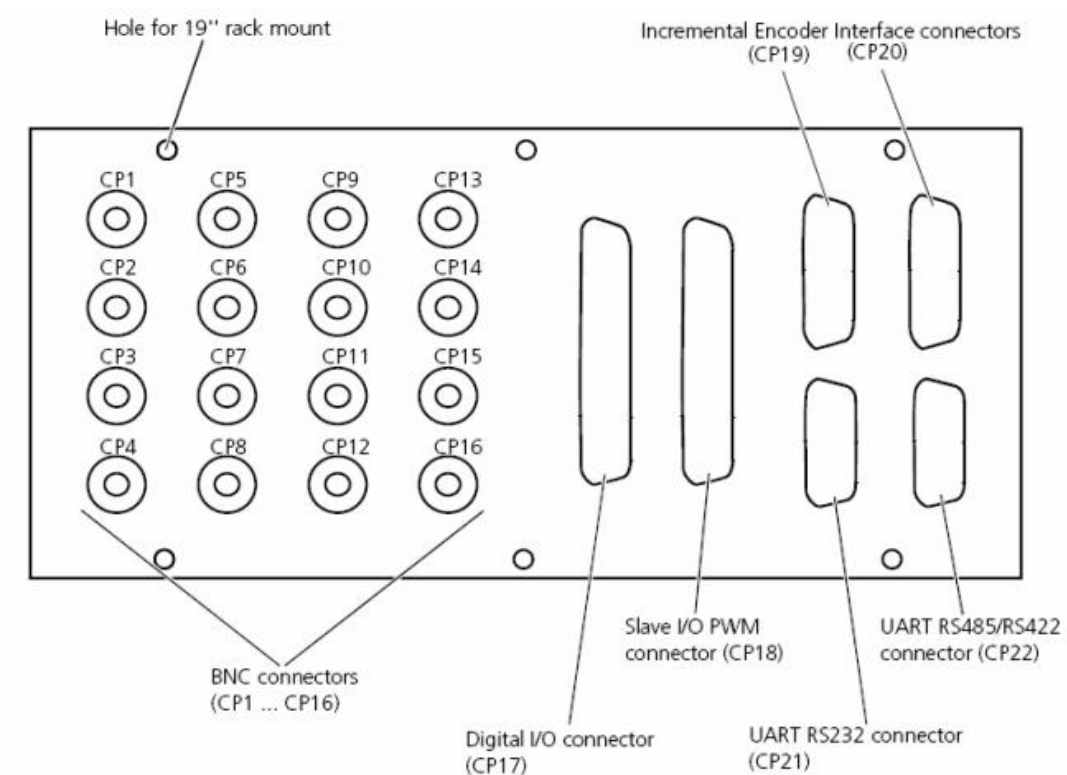
DS1104 ghép nối với máy chủ qua một khối gồm 4 cổng vào/ra (I/O port) 16-bit và 3 cổng vào/ra 8-bit. Giao diện vào/ra được sử dụng để thực hiện việc cài đặt cho bo mạch, tải chương trình xuống và truyền dữ liệu thời gian thực. Việc cài đặt bộ điều khiển bus kiểm tra và truyền dữ liệu cũng được thực hiện với giao diện vào/ra.

Để đồng bộ hoá sự thực thi của DSP và các chương trình của máy chủ DS1104 sử dụng một cổng ngắt hai chiều để cho phép máy chủ có thể ngắt DSP và ngược lại.

Giao diện vào/ra giữa máy chủ và DS1104 bao gồm một khối với 7 cổng vào/ra liên tiếp. Để chọn các địa chỉ cơ sở của khối này trong dải địa chỉ vào ra 64K của PC/AT (máy chủ), DS1104 sử dụng các chuyển mạch DIP (Dual In-line Package – vỏ hai hàng chân) gắn trên bo mạch.



Hình 4.2: Sơ đồ khối của DS1104



Hình 4.3: Các Modul giao tiếp phần cứng của DSP1104

Giao diện với máy chủ của DS1104 chứa những thanh ghi có độ dài khác nhau (8 hoặc 16 bit). Khi truy cập vào một thanh ghi cụ thể thì phải sử dụng lệnh vào/ra tương

ứng, chẳng hạn như muốn truy cập vào thanh ghi 8-bit thì phải sử dụng lệnh vào/ra 8-bit, còn muốn truy cập vào thanh ghi 16-bit thì phải dùng lệnh vào/ ra 16 bit. Nếu sử dụng các lệnh vào/ra 8-bit cho một thanh ghi rộng 16-bit thì kết quả sẽ bị lỗi. Nếu sử dụng ngôn ngữ cấp cao để lập trình cho các thanh ghi giao diện với máy chủ thì cần phải đảm bảo rằng chương trình dịch Compiler tạo ra các dòng lệnh chính xác.

Một số thanh ghi giao diện với máy chủ phải được truy cập theo một thứ tự đặc biệt. Để ghi hoặc đọc bộ nhớ của DSP thì một trình tự đặc biệt là bắt buộc.

4.2.3. Phần mềm dSPACE

dSPACE là một gói phần mềm rất mạnh được thiết kế cho các mô phỏng thời gian thực tốc độ cao.

Cả phần cứng và phần mềm dSPACE đều rất dễ cài đặt và sẵn sàng thực hiện những tác vụ từ đơn giản đến phức tạp và đa biến.

Phần mềm dSPACE bao gồm:

- Control Desk: là một giao diện người dùng đồ họa GUI quản lý bo mạch dSPACE. Nó cung cấp các chức năng nạp, khởi động, kết thúc các ứng dụng thời gian thực trên bo mạch.

- Thư viện thời gian thực RTlib1104 bao gồm tất cả các hàm cần thiết để lập trình cho DS1104.

- TRACE: Cung cấp các khả năng theo dõi cho bất kỳ ứng dụng vào chạy trên bo mạch xử lý tín hiệu số DS1104.

- COCKPIT: một bảng các dụng cụ cung cấp các đầu ra và sự hiệu chỉnh tương tác của các biến.

4.2.3.1. Điều khiển vị trí Encoder

*. Các kênh encoder của Card DS1104 cũng được quản lý bởi Master PPC, với các đặc điểm sau:

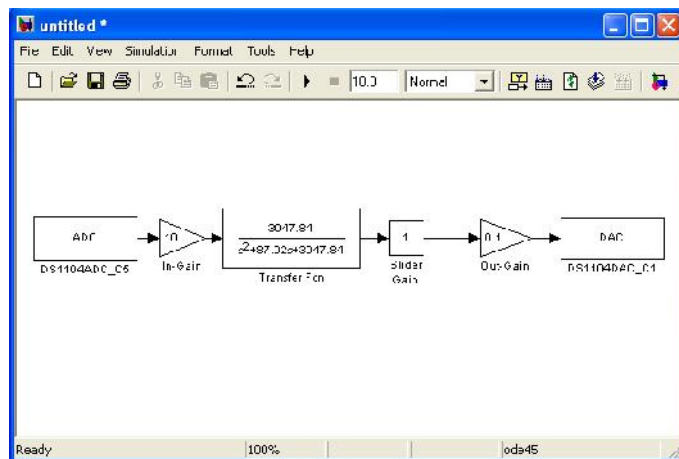
- Hai kênh vào số encoder
- Hỗ trợ single-ended TTL và các tín hiệu RS422
- Bộ đếm vị trí 24 bit
- Tần số xung encoder max có thể đếm được 1.65MHz
- Giới hạn đường dây với các đầu vào khác nhau

4.2.3.2. Điều khiển PWM (Pulse Width Modulation)

Sự điều chế tín hiệu PWM quyết định đến nhiều các ứng dụng điều khiển chuyển động và điều khiển động cơ của Card DS1104. Tín hiệu PWM là các chuỗi xung với tần số và biên độ không đổi, độ rộng xung thay đổi được. Có một xung với biên độ không đổi trong mỗi chu kì. Tuy nhiên độ rộng xung thay đổi được từ 0 đến thời gian một chu kì tương ứng với tín hiệu điều chế. Khi tín hiệu PWM được đưa đến cực điều khiển của Trazitor công suất, làm Tranzitor công suất đóng cắt để biến đổi thành PWM của điện áp đặt lên tải, giống tương tự như tín hiệu điều chế. Tần số của của tín hiệu PWM thường cao hơn tần số của tín hiệu biến điệu, hoặc tần số cơ bản, vì vậy mà năng lượng cấp đến cho động cơ hoặc tải phụ thuộc chủ yếu vào tín hiệu điều biến.

Xây dựng một mô hình mô phỏng thời gian thực: Liên lạc với các kênh vào/ra được thực hiện qua hai khối của thư viện dSPACE là DS1104ADC và DS1104DAC. Chúng sẽ thay thế các khối tạo tín hiệu mô phỏng (Signal Generator) và các khối quan sát (Scope).

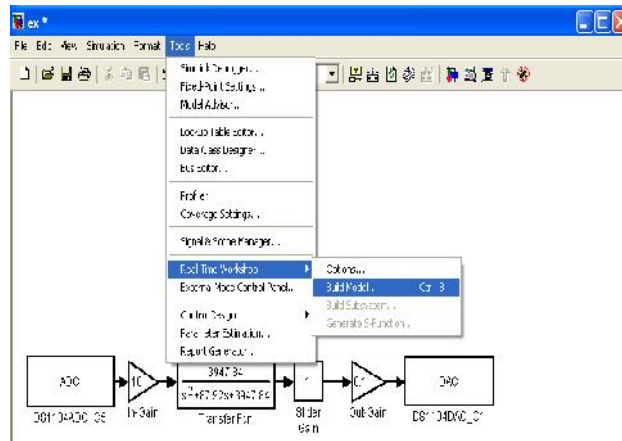
Kéo các khối DS1104ADC và DS1104DAC vào mô hình từ thư viện dSPACE và thay thế chúng vào vị trí của các khối phát tín hiệu mô phỏng và các khối quan sát. Kênh tín hiệu vào tương tự được định tỷ lệ bởi phần cứng với một tỷ số 1:10. Điều này có nghĩa là 10V ở đầu vào sẽ được đọc là 1V trong mô hình. Kênh tín hiệu ra tương tự cũng được định tỷ lệ bởi phần cứng với cùng tỷ số. Vì vậy, 1V tín hiệu được tạo ra trong mô hình có biên độ 10V ở thiết bị kết nối. Do đó, cần thêm hai khối khuếch đại từ thư viện Math vào mô hình để đọc chính xác các giá trị từ các kênh tương tự đầu vào cũng như ghi chính xác các giá trị tới các kênh đầu ra.



Hình 4.4: Cấu trúc điều khiển trên Matlab/Simulink

Thay đổi các tham số mô phỏng nếu cần thiết. Có thể lưu mô hình dưới một tên khác để bảo toàn mô hình mô phỏng.

Tiếp theo, chọn lệnh **RTW Build** (hình 4.5) trong menu Tools. Trong cửa sổ Matlab Command Window xuất hiện một danh sách các thông báo. Các thông báo này tương ứng với các bước khác nhau mà phần mềm RTI thực hiện nhằm biến đổi mã Simulink thành mã DSP. Một cửa sổ xuất hiện yêu cầu người sử dụng khẳng định tác vụ của timer (timer task). Xác nhận thời gian lấy mẫu chính xác trong danh sách tác vụ rồi nhấn **Continue**.



Hình 4.5: Downloading and Building

Đầu tiên là giai đoạn biên dịch, trong giai đoạn này file Simulink (*.mdl) được chuyển sang file C (*.C). Sau đó là giai đoạn liên kết, ở giai đoạn này tất cả các biến và các chương trình con được làm cho tương quan với môi trường DSP. Cuối cùng mã được biến đổi thành một file đối tượng có phần mở rộng là *.obj và được nạp vào bộ nhớ của DSP và sự thực thi nó bắt đầu.

Tạo ứng dụng với Control Desk

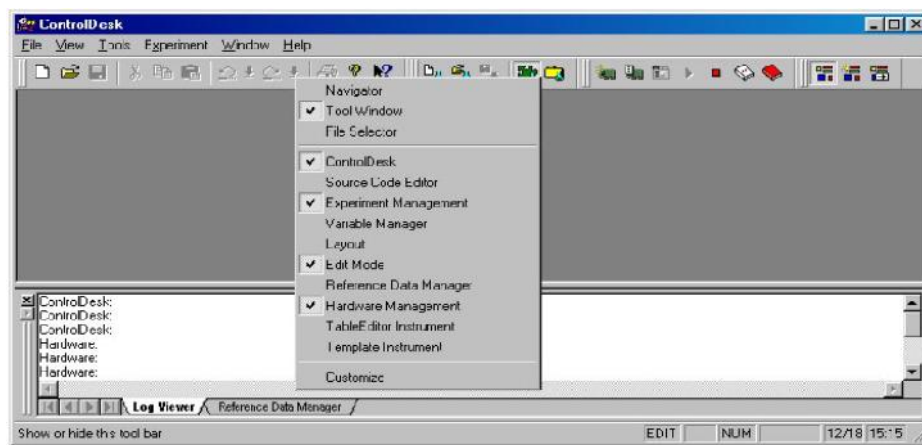
Để tương tác với hệ thống, chúng ta cần quan sát, hiệu chỉnh và phân tích các biến. Vì điều này, dSPACE kèm theo một giao diện người dùng đồ họa của nó gọi là Control Desk.

Control Desk là một phần mềm đi kèm trong hệ thống dSPACE, cho phép người dùng quan sát các biến, hiển thị tác động của các biến và hiệu chỉnh các tham số mô

phòng bằng cách tương tác trực tiếp với bo mạch DSP. Để xây dựng một ứng dụng bằng Control Desk (mỗi ứng dụng được gọi là một thí nghiệm-experiment), cần thực hiện qua các bước sau:

+ Khởi động Control Desk và lựa chọn các toolbar được đánh dấu như ở hình 4.6.

Cửa sổ Tool Window được hiển thị ở dưới màn hình. Các thẻ (Tab) hiển thị các công cụ hiện đang sử dụng. ở hình 4.6 hiện tại chỉ sử dụng hai công cụ là Log Viewer (Trình xem các giải thích) và Reference Data Manager (trình quản lý dữ liệu chuẩn).



Hình 4.6: Giao diện Control Desk

Quan sát trên màn hình sẽ thấy hai tín hiệu vào và ra được vẽ trên Plotter. Cứ sau hai giây, thì hình ảnh hiển thị lại bị xoá và một tập dữ liệu mới lại được hiển thị.

Thay đổi hệ số khuếch đại bằng cách di chuyển con trượt của Slider và quan sát sự thay đổi của các tín hiệu.

4.3. Sơ đồ cấu trúc hệ thống thí nghiệm



Hình 4.7: Hệ thống thí nghiệm hệ truyền động bánh răng



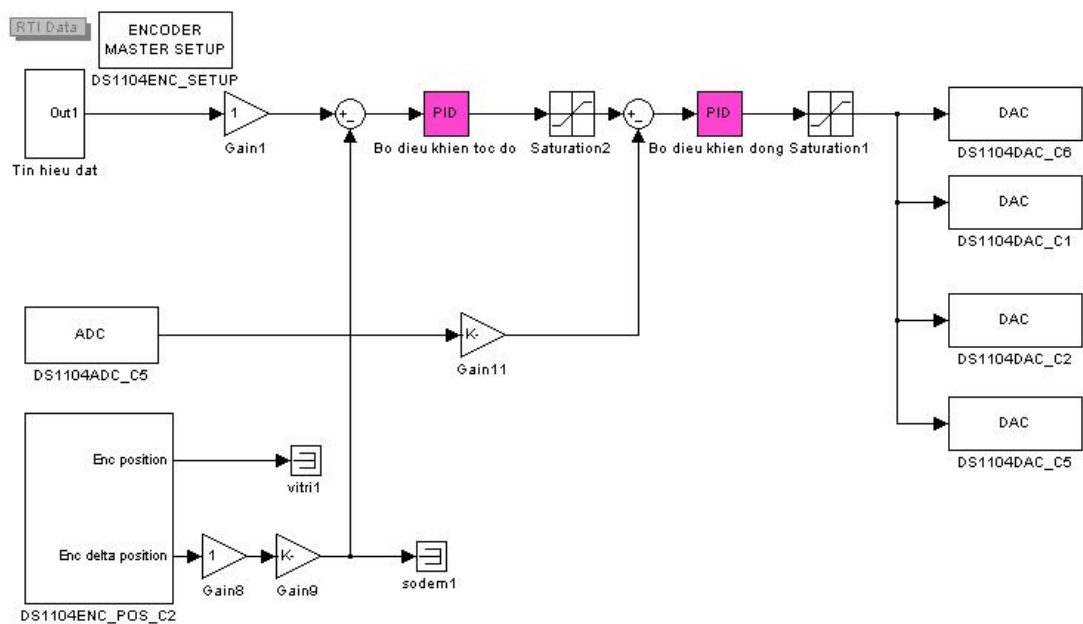
Hình 4.8: Hệ thống ghép nối máy tính với hệ truyền động (động cơ)



Hình 4.9: Đối tượng hệ truyền động bánh răng

4.4. Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển PID

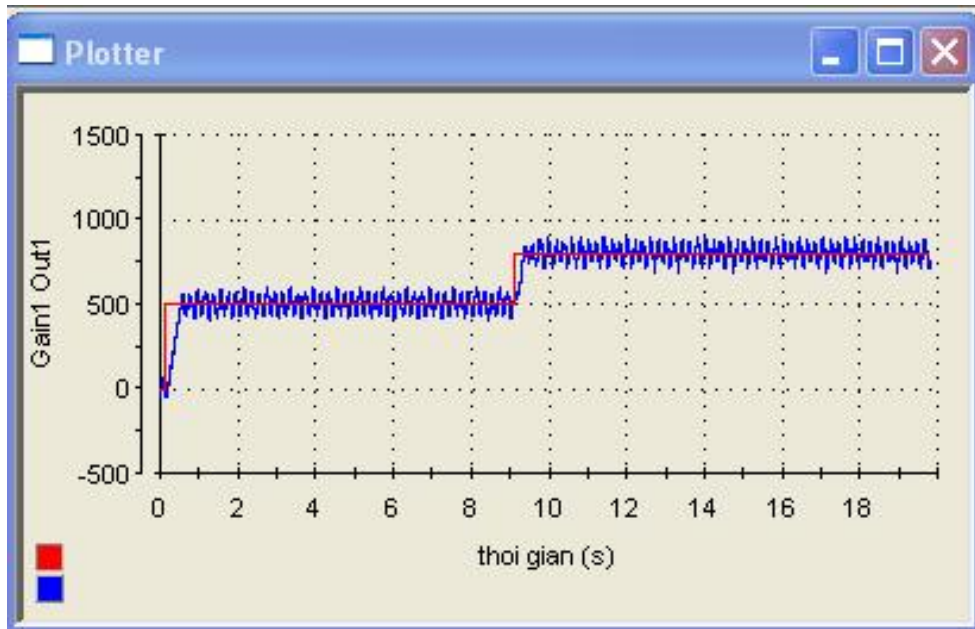
Cấu trúc điều khiển được xây dựng trên Matlab/simulink kết nối với phần mềm Control Desk



Hình 4.10: Cấu trúc điều khiển với bộ điều khiển PID xây dựng trên Matlab/simulink

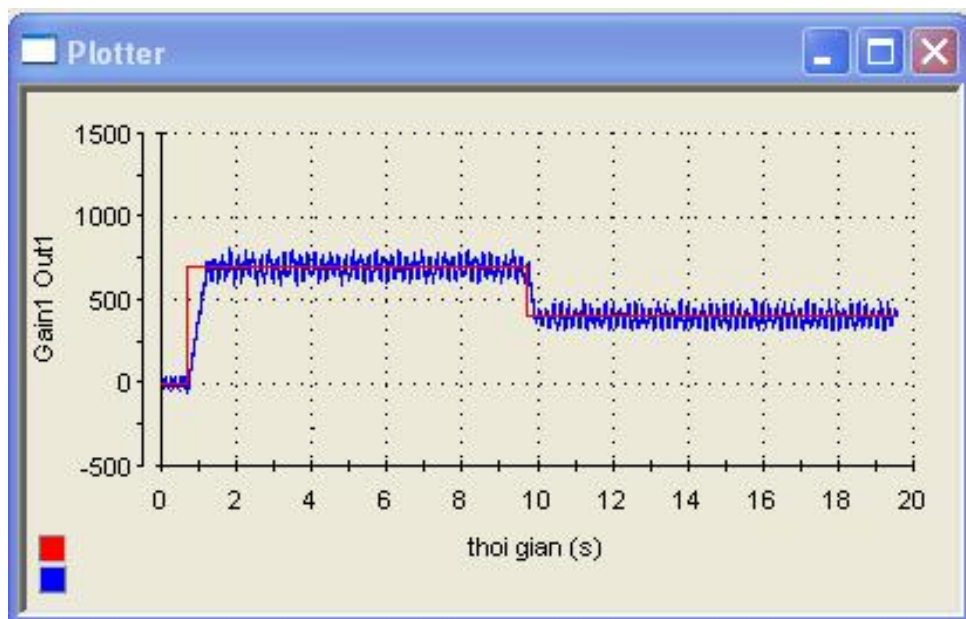
Kết quả thí nghiệm

- Trường hợp thay đổi tốc độ đặt của động cơ từ 0 lên 500 v/ph sau đó tiếp tục tăng lên 820v/ph, ta được:



Hình 4.11: Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển PID (1)

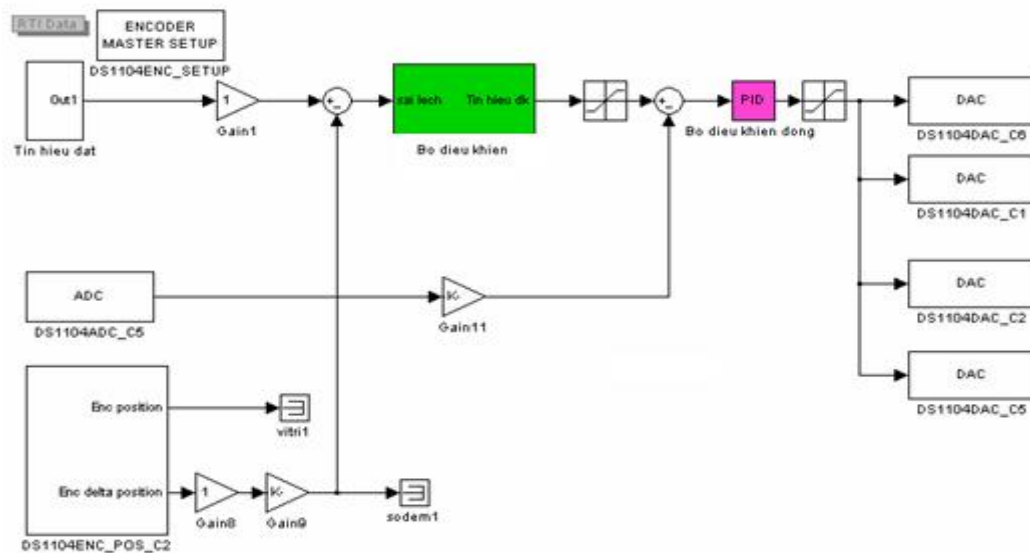
- Trường hợp thay đổi tốc độ đặt của động cơ từ 0 lên 720 v/ph sau đó tiếp tục giảm về 420v/ph:



Hình 4.12: Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển PID (2)

4.5. Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển mờ lai

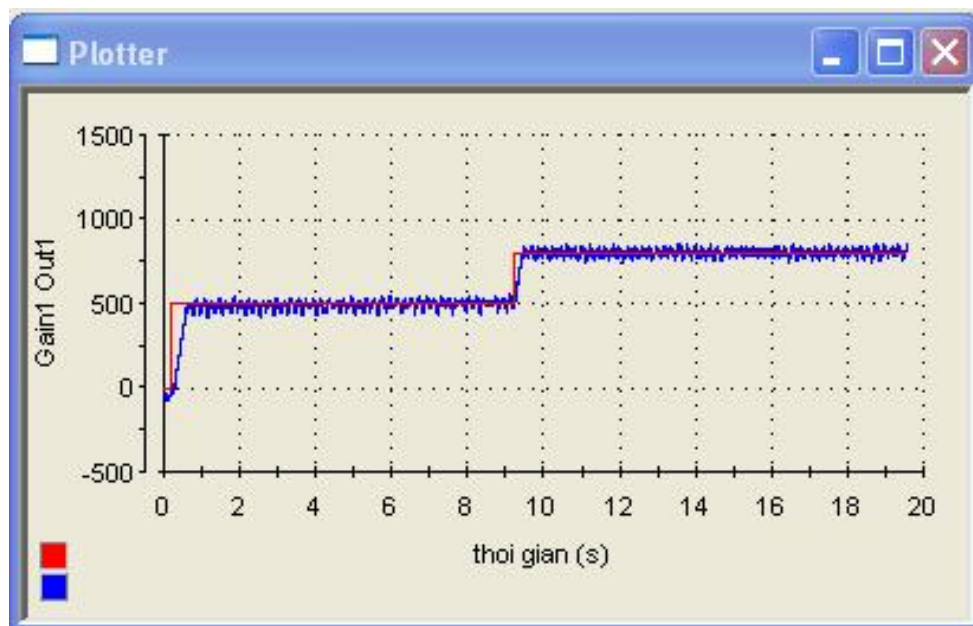
Cấu trúc điều khiển được xây dựng trên Matlab/simulink kết nối với phần mềm Control Desk



Hình 4.13: Cấu trúc điều khiển với bộ điều khiển mờ lai xây dựng trên Matlab/simulink

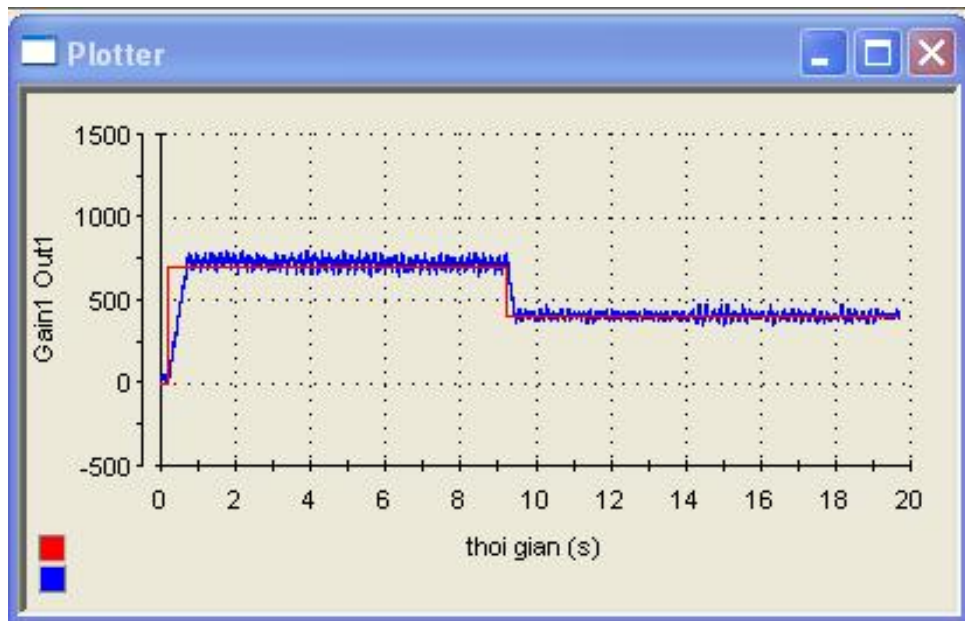
Kết quả thí nghiệm

- Trường hợp thay đổi tốc độ đặt của động cơ từ 0 lên 500 v/ph sau đó tiếp tục tăng lên 820v/ph:



Hình 4.14: Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển mờ lai (1)

- Trường hợp thay đổi tốc độ đặt của động cơ từ 0 lên 720 v/ph sau đó tiếp tục giảm về 420v/ph:



Hình 4.15: Kết quả thí nghiệm với bộ điều khiển mờ lai (2)

4.6. Nhận xét kết quả thí nghiệm

- Từ kết quả thí nghiệm trên hình 4.11 và 4.12 cho thấy chất lượng làm việc của hệ thống với bộ điều khiển PID đã được đảm bảo, đáp ứng của hệ thống luôn bám tốt giá trị đặt kể cả khi giá trị đặt thay đổi theo chiều tăng hoặc giảm. Tuy nhiên hệ thống còn dao động mạnh chạy chưa êm.

- Kết quả thí nghiệm hệ thống với bộ điều khiển mờ lai thể hiện trên các hình 4.14 và hình 4.15 cho thấy chất lượng của hệ thống đã được cải thiện đáng kể so với bộ điều khiển PID (hình 4.11 và hình 4.12). Nó được thể hiện về mặt thời gian quá độ và mức độ dao động của hệ truyền động đã được giảm đáng kể, hệ thống chạy êm hơn. Điều này đã kiểm chứng được tính đúng đắn của thuật toán điều khiển mờ lai.

4.7. Kết luận chương 4

Chương 4 đã giải quyết được một số vấn đề sau:

- Giới thiệu về Card điều khiển **DS110**
- Cấu trúc hệ thống thí nghiệm.

- Xây dựng hệ thống mô phỏng trên **Matlab/simulink** có kết nối với phần mềm **Control Desk** của hệ thống thí nghiệm.
- Tiến hành thí nghiệm lấy kết quả.
- Đánh giá chất lượng hệ thống điều khiển hệ truyền động bánh răng bằng bộ điều khiển mờ lai so với bộ điều khiển PID.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận:

Nội dung cơ bản của luận văn tập trung vào nghiên cứu ứng dụng các phương pháp điều khiển để điều khiển hệ thống truyền động có khe hở (cụ thể là hệ truyền động bánh răng). Nhiệm vụ cụ thể là Cải thiện chất lượng điều khiển hệ thống truyền động có khe hở bằng bộ điều khiển mờ lai.

Với mục tiêu đặt ra, nội dung luận văn đã hoàn thành các chương sau:

Chương 1: Tổng quan hệ truyền động có khe hở

Chương 2: Cấu trúc điều khiển hệ truyền động có khe hở

Chương 3: Cải thiện chất lượng điều khiển hệ truyền động có khe hở bằng bộ điều khiển mờ lai.

Chương 4: Kết quả thí nghiệm.

Kết quả của luận văn đã đạt được là:

- Xây dựng được cấu trúc điều khiển hệ truyền động có khe hở
- Thiết kế được bộ điều khiển cho hệ truyền bằng bộ điều khiển mờ lai nhằm cải thiện chất lượng điều khiển hệ thống, được kiểm chứng bằng mô phỏng và thí nghiệm. Với kết quả này cho thấy tính đúng đắn của thuật toán điều khiển đã được thiết kế để điều khiển hệ thống.
- Với kết quả thí nghiệm cho thấy chất lượng của hệ thống được nâng cao thể hiện qua hệ thống chạy êm hơn so với bộ điều khiển PID.

2. Kiến nghị:

Với thời gian nghiên cứu còn ít, kiến thức và kinh nghiệm về thực tiễn có hạn, cho nên nội dung luận văn còn một số hạn chế. Tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện để có thể áp dụng tốt kết quả nghiên cứu vào công tác chuyên môn sau này, nhất là áp dụng các bộ điều khiển hiện đại vào các đối tượng trong thực tế sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1]. Đinh Gia Tường , Nguyễn Xuân Lạc, Trần Doãn Tiên; " *Nguyên Lý máy* "; NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp Hà Nội 2010.
- [2]. Huỳnh Văn Đông; "*Tổng hợp điều khiển thích nghi dựa trên phương pháp backstepping cho hệ truyền động có đàn hồi, khe hở và ma sát khô phi tuyến*"; Luận án tiến sĩ kỹ thuật (2009)
- [3].Lại Khắc Lãi, Lê Thu Hà, Lê thị Nguyệt; " *Khảo sát chất lượng hệ điều khiển có khe hở*" Tạp chí Khoa học Công nghệ - Đại học Thái Nguyên; số 3 (2009)
- [4] Lại Khắc Lãi (2003), "*Một số phương pháp tổng hợp bộ điều khiển trên cơ sở logic mờ và thích nghi*", Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường đại học Bách khoa Hà Nội.
- [5]. Lê Thị Thu Hà; "*Một số giải pháp nâng cao chất lượng hệ truyền động có khe hở trên cơ sở hệ mờ và mạng nơron*" Luận án tiến sĩ kỹ thuật (2013)
- [6] Nguyễn Phùng Quang: "Matlab & Simulink", *NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006.*
- [7] Nguyễn Doãn Phước (2002), *Lý thuyết điều khiển tuyến tính*, Xưởng in ĐHTC - Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [8] Nguyễn Doãn Phước & Phan Xuân Minh & Hán Thành Trung (2003), *Lý thuyết điều khiển phi tuyến*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [9] Phan Xuân Minh & Nguyễn Doãn Phước (1999), *Lý thuyết điều khiển mờ*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.

Tiếng Anh

- [10] Akira Chiba, adashi Fukao, Osamu Ichikawa, Masahide Oshima, asatsugu Takemoto and David G. Dorrell, "Magnetic Bearings and Bearingless Drives", *Newnes, 2005.*

- [11] J.Schmied “Experience with magnetic bearings support in gas pipeline compressor”, *Proc. Of the 10th International Symposium on Magnetic Bearings, August 2006, Martigny, Switzerland, pp. 292-297.*
- [12] Chen, K.-Y. et al., A self-tuning fuzzy PID-type controller design for unbalance compensation in an active magnetic bearing, *Expert Systems with Applications* (2009), doi:10.1016/j.eswa.2008.10.055.
- [13] B. Lu et al., Linear parameter-varying techniques for control of a magnetic bearing system, *Control Engineering Practice* 16 (2008) 1161–1172.
- [14] Z. Gosiewski, A. Mystkowski, Robust control of active magnetic suspension: Analytical and experimental results, *Mechanical Systems and Signal Processing* 22 (2008) 1297–1303.
- [15] Hardware Installation and Configuration For Release 5.0.