

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**BÁO CÁO TÓM TẮT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP ĐẠI HỌC**

**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO HỆ THỐNG XÁC ĐỊNH CHÍNH
XÁC VỊ TRÍ CỦA ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH TRONG CÁC HỆ THỐNG
CHUYỂN ĐỘNG THẲNG**

Mã số: ĐH2016 -TN02 – 04

Chủ nhiệm đề tài: TS. Cao Xuân Tuyền

Thái Nguyên, 02/2019

NHỮNG NGƯỜI THAM GIA THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

1. TS. Vũ Quốc Đông - Khoa Quốc tế – Trường ĐHKT Công nghiệp.
2. TS. Vũ Ngọc Kiên – Khoa Điện – Trường ĐHKT Công nghiệp.
3. ThS. Nguyễn Tiến Dũng – Khoa Điện – Trường ĐHKT Công nghiệp.
4. ThS. Vũ Xuân Tùng – Khoa Điện – Trường ĐHKT Công nghiệp.

ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH

1. Viện Nghiên cứu Phát triển Công nghệ cao
2. Trung tâm Thí nghiệm – Trường ĐHKT Công nghiệp.

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH VẼ - BẢNG BIỂU	iv
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT	v
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	vii
MỞ ĐẦU	1
1. Tính khoa học và cấp thiết của đề tài	1
2. Mục tiêu của đề tài	1
3. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu	2
4. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu	2
CHƯƠNG 1. ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH VÀ ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ HỆ TRUYỀN ĐỘNG SỬ DỤNG ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH	3
CHƯƠNG 2. XÂY DỰNG PHẦN CỨNG	3
2.1. Phần cứng mạch động lực	3
2.2. Phần cứng mạch điều khiển	4
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM	5
3.1. Thiết kế bộ điều khiển dòng điện cho động cơ tuyến tính ba pha kiểu đồng bộ	5
3.1.1. Mô hình toán học động cơ tuyến tính ba pha kích thích vĩnh cửu	5
3.1.2 Thiết kế bộ điều khiển dòng điện theo phương pháp Backstepping cho động cơ tuyến tính	5
3.1.2.1. Thiết kế bộ điều chỉnh thành phần i_{rd} trên miền liên tục	6
3.1.2.2. Thiết kế bộ điều chỉnh thành phần i_{rq} trên miền liên tục	7
3.1.2.3. Tính ổn định của hệ có bộ điều chỉnh dòng Backstepping	7
3.1.2.4. Số hoá bộ điều chỉnh dòng Backstepping cơ bản	7
3.1.2.5. Khắc phục sai lệch tĩnh	8
3.2. Thiết kế bộ điều khiển vận tốc	8
3.3. Thiết kế bộ điều khiển PID mờ cho mạch vòng điều chỉnh vị trí	9
3.3.1. Xác định các biến ngôn ngữ vào và ra	9
3.3.2. Xác định dạng các hàm liên thuộc và các giá trị của biến ngôn ngữ	9
3.3.3. Xây dựng các luật điều khiển “ nếu .. thì “	10
3.3.4. Chọn luật hợp thành và giải mờ	10
3.4. Xây dựng sơ đồ Matlab/Simulink tạo code nạp vào DSP TMS320F2812	10
3.5. Lập trình DSPTMS320F2812 từ Matlab/Simulink và CCS	10
CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM, ĐÁNH GIÁ, KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	12
4.1. Kết quả thử nghiệm	12
4.1.1. Thử nghiệm ở tốc độ cao	12

4.1.2. Thử nghiệm ở tốc độ thấp	12
4.1.3. Thử nghiệm với quỹ đạo đặt $s^* = 0,2t$	13
4.1.4. Thử nghiệm với quỹ đạo đặt là hình sin $x = 0,6\sin 3t$	13
4.2. Đánh giá, kết luận và kiến nghị	14
4.2.1. Đánh giá khả năng làm việc của hệ thống	14
4.2.2. Kết luận	14
4.2.3. Kiến nghị	15

DANH MỤC HÌNH VẼ - BẢNG BIỂU

Hình 2.1. Sơ đồ khối hệ thống	3
Hình 2.2. Sơ đồ cấu trúc phần cứng mạch lực cho động cơ tuyến tính đồng bộ ba pha kích thích vĩnh cửu	4
Hình 2.9. DSP TMS320F2812	4
Hình 2.19. Sơ đồ mạch Ghép nối TMS320 F2812 với module công suất thông minh FSBB30CH60C	4
Hình 2.20. Board mạch lực hệ thống	4
Hình 2.21. Board mạch giao tiếp điều khiển hệ thống	4
Hình 2.22. Hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng	5
Hình 2.23. Kết nối hệ thống với PLC và máy tính PC	5
Hình 3.1. Cấu trúc điều khiển ĐCTT loại ĐB - KTVC 3 pha sử dụng phương pháp Backstepping	6
Hình 3.5. Cấu trúc bộ điều khiển vị trí kiểu PID mờ	9
Hình 3.6. Dạng các hàm liên thuộc và giá trị các biến ngôn ngữ vào SLVT(ΔS)	9
Hình 3.7. Dạng các hàm liên thuộc và giá trị các biến ngôn ngữ vào VT(Δe)	9
Hình 3.8. Dạng các hàm liên thuộc và giá trị các biến ngôn ngữ ra v^*	10
Hình 3.39. Sơ đồ Matlab/Simulink tạo code nạp vào DSP TMS320F2812	11
Hình 3.44. Kết nối máy tính PC với Board nạp code cho TMS320F2812	11
Hình 3.45. Thực hiện lệnh tạo code cho mô hình	11
Hình 4.1. Thử nghiệm ở tốc độ cao	12
Hình 4.2. Thử nghiệm ở tốc độ thấp	12
Hình 4.3. Thử nghiệm với quỹ đạo đặt $s^* = 0.2t$	13
Hình 4.4. Thử nghiệm với quỹ đạo đặt hình sin: $S^* = 0.6\sin 3t$	14

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

STT	KÝ HIỆU	ĐƠN VỊ	Ý NGHĨA
1	L_{rd}, L_{rq}	H	Điện cảm phần động dọc trục và ngang trục
2	i_{rd}, i_{rq}	A	Thành phần dòng điện phần động trên trục d và q của hệ toạ độ (d,q) chuyển động với vận tốc của phần động (tương đương với hệ toạ độ quay với tốc độ rotor)
3	V	m/s	Vận tốc cơ phần động
4	S	m	Quãng đường dịch chuyển của phần động động cơ
5	τ	m	Bước cực của động cơ
6	ψ_p	Wb	Từ thông của một cực từ
7	u_{rd}, u_{rq}	V	Các thành phần điện áp phần động trên trục d,q
8	m	kg	Khối lượng phần động
9	F, F_c	N	Lực điện từ và lực cản động cơ
10	R_r	Ω	Điện trở cuộn dây pha phần động

STT	CHỮ VIẾT TẮT	Ý NGHĨA
1	(d,q)	Hệ toạ độ tựa theo cực từ chuyển động tịnh tiến theo phần động [2]
2	REC	Bộ chỉnh lưu
3	FLC	Bộ điều khiển mờ
4	NLNA	ngịch lưu nguồn áp
5	SVPWM	Điều chế vec tơ không gian
6	BĐK	Bộ điều khiển
7	FLC	Bộ điều khiển logic mờ
8	DSP	Bộ xử lý tín hiệu số
9	SLVT(ΔS)	Sai lệch vị trí
10	VT(Δe)	Đạo hàm sai lệch vị trí
11	JTAG	Joint Tool Action Group
12	PID	Tỉ lệ, tích phân, đạo hàm
13	IGBT	Transistor có cực điều khiển cách ly
14	CCS	Code Composer Studio
15	PC	Máy tính cá nhân

16	ĐB-KTVC	Động cơ đồng bộ 3 pha kích thích vĩnh cửu
17	ĐCTT ĐB-KTVC	động cơ tuyến tính 3 pha kiểu đồng bộ kích thích vĩnh cửu
18	(a,b)	Hệ tọa độ cố định với phần động the tài liệu [2]
19	CNC	Computer Numerical Control
20	ĐCTT	Động cơ tuyến tính
21	DC	Dòng một chiều
22	μ C, DSP	vi điều khiển/vi xử lý tín hiệu số
23	IPM	Intelligent Power Modules
24	LV ASIC	Low voltage Application Specific Integrated Circuit
25	HV ASIC	High voltage Application Specific Integrated Circuit
26	ASIPM	Modul công suất thông minh chuyên dụng (Application Specific IPM)
27	HVIC	High Voltage Integrated Circuit
28	PWM	Điều chế độ rộng xung

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung

- Tên đề tài: Nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng
- Mã số: ĐH2016 -TN02 – 04
- Chủ nhiệm đề tài: TS. Cao Xuân Tuyền.
- Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên.
- Thời gian thực hiện: từ 01/8/2016 đến 28/2/2019.

2. Mục tiêu

Nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng

3. Tính mới, tính sáng tạo

Tính mới, tính sáng tạo của đề tài được thể hiện ở các khía cạnh sau:

- Thứ nhất, cho đến nay, ở Việt nam chưa có nhà chế tạo nào chế tạo ra thiết bị điều khiển vị trí cho động cơ tuyến tính đồng bộ ba pha kích thích vĩnh cửu nói riêng và động cơ tuyến tính nói chung. Đề tài này là đề tài đầu tiên ở Việt Nam thực hiện chế tạo loại thiết bị này, tuy ở mức công suất nhỏ, nhưng đây là cơ sở để tiến tới chế tạo thiết bị ở các mức công suất lớn hơn.

- Thứ hai, đề tài đã áp dụng phương pháp điều khiển hiện đại là phương pháp điều khiển vector với bộ điều khiển dòng điện phi tuyến và bộ điều khiển mờ PID cho mạch vòng vị trí để nâng cao tính chính xác trong điều khiển vị trí của hệ thống.

4. Kết quả nghiên cứu

- Tài liệu báo cáo về tính toán thiết kế, xây dựng mạch động lực của hệ thống.
- Tài liệu báo cáo về tính toán thiết kế, xây dựng mạch điều khiển của hệ thống.
- Tài liệu báo cáo về viết thuật toán, viết phần mềm điều khiển hệ thống.
- Sơ đồ mô phỏng trên matlab/Simulink dùng để tạo code chương trình nạp vào DSP TMS320F2812.
- Chế tạo hoàn chỉnh hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng với các kết quả kiểm nghiệm hệ thống đạt yêu cầu như thuyết minh.

5. Sản phẩm

5.1. Sản phẩm khoa học:

1. Cao Xuân Tuyền, Vũ Quốc Đông, Vũ Ngọc Kiên, Nguyễn Tiến Dũng, Vũ Xuân Tùng (2019), *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng*, tài liệu tham khảo Khoa Điện, trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – Đại học Thái Nguyên.

2. Cao Xuân Tuyền, Nguyễn Thị Hương (2018), “Áp dụng phương pháp điều khiển Backstepping và bộ điều khiển PID mờ để điều khiển vị trí động cơ chạy thẳng (tuyến tính) xoay chiều ba pha kích thích nam châm vĩnh cửu”, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ- Đại học Thái Nguyên*, 178(02), tr. 55-60.

5.2. Sản phẩm đào tạo:

1. Nguyễn Văn Quyết (2016), *Nghiên cứu điều khiển tốc độ, vị trí và đảo chiều động cơ tuyến tính theo phương pháp điều chế vector không gian ứng dụng trong hệ chuyển động thẳng*, Luận văn thạc sĩ Khoa học Kỹ thuật chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển & tự động hóa, trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – Đại học Thái Nguyên.

2. Nguyễn Ngọc Quyết (2016), *Nghiên cứu điều khiển tốc độ, vị trí và đảo chiều động cơ tuyến tính theo phương pháp điều chế độ rộng xung ứng dụng trong hệ thống chuyển động thẳng*, Luận văn thạc sĩ Khoa học Kỹ thuật chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển & tự động hóa, trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – Đại học Thái Nguyên.

5.3. Sản phẩm ứng dụng:

Stt	Tên sản phẩm	Số lượng	Yêu cầu khoa học	Địa chỉ ứng dụng
1	Thiết bị và tài liệu báo cáo về hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng	01	Điện áp nguồn 220V, một pha; Công suất: 0,25kW; Độ chính xác vị trí: 10-4 m	Hệ thống mà modul cơ sở dùng để chế tạo các robot, máy gia công CNC, các tàu điện cao tốc, ... trong các hệ thống gia công chính xác chuyển động thẳng.

6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu

- Sản phẩm thiết bị hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng là sản phẩm hữu ích có thể được áp dụng trong các lĩnh vực công nghiệp hiện đại yêu cầu điều khiển vị trí với độ chính xác cao, như các máy CNC, robot,...

- Tài liệu tham khảo dưới dạng báo cáo tổng kết là nguồn tham khảo trên cơ sở đó để tiến tới chế tạo thiết bị ở các mức công suất lớn hơn.

- Kết quả nghiên cứu, phương pháp nghiên cứu, hướng nghiên cứu của đề tài làm cơ sở cho việc phát triển nghiên cứu, đào tạo trình độ đại học và sau đại học tại trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – Đại học Thái Nguyên hiện tại và trong tương lai.

Ngày 11 tháng 02 năm 2019

Tổ chức chủ trì
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG

Chủ nhiệm đề tài

PGS.TS. Vũ Ngọc Pi

TS. Cao Xuân Tuyền

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information

- Project title: Research, design and manufacture a accurately position determining system using the linear motor in linear motion systems.
- Code number: ĐH2016 -TN02 – 04
- Project Director: Dr. Cao Xuan Tuyen
- Organization: TNU - Thai Nguyen University of Technology
- Duration: From August 2015 to February 2019

2. Objective: Research, design and manufacture a accurately position determining system using the linear motor in linear motion systems

3. Creativeness and innovativeness: The creativeness and innovativeness of the topic are expressed in the following aspects:

- Firstly, until now, no manufacturer in Vietnam has produced a position control device for permanent magnetic three-phase synchronous linear motor in particular and linear motors in general. This project is the first project in Vietnam to implement this type of device, although at a small capacity, but this is the basis for making equipment at larger capacity levels.

- Secondly, the project has applied modern control method which is vector control method with nonlinear current controller and PID fuzzy controller for position loop circuit to improve the control of position control of system.

4. Research results: Reporting material on design, building the power circuit of the system, reporting material on design, building the control circuit of the system, reports on writing algorithms, writing system control software, simulation model on matlab / Simulink used to create program code loaded into TMS320F2812 DSP, design and manufacture a accurately position determining system using the linear motor in linear motion systems with system test results meeting the requirements on the project.

5. Products

5.1. Scientific products:

1. Cao Xuan Tuyen, Vu Quoc Đong, Vu Ngoc Kien, Nguyen Tien Dung, Vu Xuan Tung (2019), *Research, design and manufacture a accurately position determining system using the linear motor in linear motion systems*.

2. Cao Xuan Tuyen, Nguyen Thi Huong (2018), "Applying the Backstepping control method and fuzzy PID controller to control the position of permanent magnet three phase AC linear motors", *Journal of science and technology – Thai Nguyen University*, 178(02), pp. 55-60.

5.3. Training products: .

1. Nguyen Van Quyet (2016), *Study the control of speed, position and reverse of linear motors using the space vector modulation method in linear motion systems*, Science master thesis in Control & Automation, TNU - Thai Nguyen University of Technology.

2. Nguyen Ngoc Quyet (2016), *Study the control of speed, position and reverse of linear motors using the pulse width modulation method in linear motion systems*, Science master thesis in Control & Automation, TNU - Thai Nguyen University of Technology.

5.2. Application product:

Numerical order	Name of product	quantity	Science requirement	Application address
1	A accurately position determining system using the linear motor in linear motion systems	01	Source voltage : Single phase AC 220 V, 0.25 kW, Position accuracy: 10-4 m	Basic module in robots. CNC, high-speed trams, ... in linear motion precision machining systems .

6. Transfer alternatives, application institutions, impacts and benefits of research results:

- The device of accurately position determining system using the linear motor in linear motion systems is a useful product that can be applied in modern industrial fields that require position control with high precision, such as CNC machines, robots, ...

- References in the form of summarized reports are reference sources on that basis to proceed to manufacture equipment at larger capacity levels.

- Research results, research methods, research directions of the project serve as a basis for the development of research and training at the undergraduate and postgraduate levels in TNU - Thai Nguyen University of Technology now and in the future.

MỞ ĐẦU

Trong thực tế sản xuất hiện nay, chuyển động thẳng là dạng chuyển động phổ biến, xuất hiện nhiều, đặc biệt trong lĩnh vực cơ khí. Xuất phát từ công nghiệp chế tạo máy với những dịch chuyển của bàn gá, mũi khoan,... trong các máy gia công cho đến sự ra đời của máy CNC đã dẫn đến nhu cầu đòi hỏi tạo ra chuyển động thẳng có chất lượng cao. Ngoài ra những chuyển động thẳng này còn tồn tại nhiều trong các thiết bị khác như Robot công nghiệp hay máy móc phục vụ ngành công nghiệp bán dẫn,... và nó còn xuất hiện ở cả những lĩnh vực tưởng chừng xa lạ như ngành giao thông vận tải với tàu đệm từ trường ở các nước phát triển (Đức, Nhật,...).

Cho đến nay việc tạo ra các chuyển động thẳng hầu hết được thực hiện một cách gián tiếp thông qua các động cơ quay tròn với những ưu thế như bền vững, không nhạy với nhiễu, độ tin cậy cao,... Tuy nhiên đối với những hệ thống này do phải bổ sung các cơ cấu chuyển đổi trung gian như hộp số, trục vít,... nên dẫn đến sự phức tạp về kết cấu cơ khí, tiềm ẩn bên trong nó những dao động riêng, tổn hao năng lượng cũng như ảnh hưởng đến chất lượng chuyển động của hệ thống. Việc sử dụng loại động cơ có khả năng tạo chuyển động thẳng trực tiếp (động cơ tuyến tính) cho phép loại bỏ những nhược điểm nói trên và những nghiên cứu về loại động cơ này hy vọng sẽ phần nào khắc phục được những đặc điểm đó.

Xuất phát từ thực tế nêu trên, nhóm tác giả đã đề xuất và thực hiện đề tài “**Nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng**”.

1. Tính khoa học và cấp thiết của đề tài

Động cơ tuyến tính là một giải pháp công nghệ mới hiện được ứng dụng nhiều trong sản xuất công nghiệp, ứng dụng trong gia công cắt gọt, tạo hình bề mặt phức tạp như máy gia công CNC và cả giao thông vận tải (dùng ở loại tàu đệm từ cao tốc). So với truyền động cơ khí kiểu truyền thống, giải pháp công nghệ động cơ tuyến tính có nhiều ưu điểm hơn, chẳng hạn như có thể đạt được mức dịch chuyển với tốc độ cao; giảm ma sát trong truyền động; có tuổi thọ rất dài... Hiện nay, tại các nước phát triển, giải pháp công nghệ động cơ tuyến tính được sử dụng rất phổ biến. Mặc dù có nhiều ưu điểm về tính năng, hiệu quả khi sử dụng nhưng do giá thành còn khá cao nên giải pháp công nghệ động cơ tuyến tính vẫn chưa có mặt ở Việt Nam.

Một lĩnh vực ứng dụng quan trọng khác của hệ truyền động động cơ tuyến tính là sự tham gia của nó trong các máy Robot gia công các bề mặt phức tạp của các miếng vá sọ não, các bề mặt khớp gối, khớp vai... trong y học.

Các hướng nghiên cứu nêu trên đề thuộc các định hướng nghiên cứu trọng điểm quốc gia của nhà nước.

Với giải pháp công nghệ động cơ tuyến tính ứng dụng trong các máy gia công cắt gọt, tạo hình bề mặt phức tạp như máy gia công CNC, robot, nhằm nâng cao độ chính xác trong gia công, thì yêu cầu về điều khiển chính xác vị trí của động cơ tuyến tính là vấn đề mấu chốt. Vấn đề này đã được các hãng sản xuất nước ngoài thực hiện tốt, nhưng ở Việt Nam thì chưa có hang sản xuất nào sản xuất động cơ tuyến tính cũng như thiết bị điều khiển nó.

Vì vậy, đề tài được đặt ra với mục đích tạo ra sản phẩm trong nước, là thiết bị “cơ sở” sử dụng để chế tạo các máy gia công cắt gọt, tạo hình bề mặt phức tạp như máy gia công CNC, robot, nhằm nâng cao độ chính xác trong gia công cơ khí công nghệ cao.

2. Mục tiêu của đề tài

Nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng

3. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu

Động cơ tuyến tính đồng bộ ba pha kích thích vĩnh cửu và hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính đồng bộ ba pha kích thích vĩnh cửu trong các hệ thống chuyển động thẳng.

-Phạm vi nghiên cứu

Mạch động lực, mạch điều khiển và thuật toán điều khiển cho hệ thống xác định chính xác vị trí động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng

4. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

- Cách tiếp cận

Tính toán thiết kế xây dựng mô hình mô phỏng trên máy tính và mô hình thí nghiệm; thiết kế chế tạo hệ thống thực và thử nghiệm trên hệ thống thực.

- Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng phương pháp phân tích, tổng hợp, so sánh và đánh giá :Nghiên cứu tài liệu về thiết kế, chế tạo các động cơ tuyến tính, về các phương pháp điều khiển động cơ tuyến tính; tìm hiểu, phân tích, đánh giá một số hệ thống điều khiển vị trí động cơ tuyến tính đã có trên thế giới để thiết kế hệ thống xác định vị trí phù hợp với điều kiện trong nước về sản xuất và ứng dụng.

Mô hình hóa và mô phỏng để kiểm tra khả năng làm việc và chỉ tiêu kỹ thuật của thiết bị (hệ thống) đã thiết kế;

Chế tạo, thử nghiệm thiết bị thực đã chế tạo.

CHƯƠNG 1. ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH VÀ ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ HỆ TRUYỀN ĐỘNG SỬ DỤNG ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH

Trong chương này, đề tài trình bày lịch sử phát triển động cơ tuyến tính; cấu tạo và phân loại động cơ tuyến tính, trên cơ sở phân tích các tính năng kỹ thuật., mức độ phổ biến và giá thành, đề tài lựa chọn đối tượng của thiết bị điều khiển là động cơ tuyến tính đồng bộ ba pha kích thích vĩnh cửu dạng phẳng đơn, từ đó đề tài làm rõ hơn về nguyên lý làm việc của động cơ tuyến tính đồng bộ ba pha kích thích vĩnh cửu dạng phẳng đơn.

Để làm cơ sở cho việc lựa chọn phương pháp điều khiển, đề tài phân tích các nguyên tắc chung điều khiển ĐCTT-KTVC, từ đó lựa chọn ra phương pháp điều khiển cho ĐCTT-KTVC là phương pháp điều khiển vector.

CHƯƠNG 2. XÂY DỰNG PHẦN CỨNG

Trong chương này, đề tài đưa ra sơ đồ khối, sơ đồ cấu trúc phần cứng mạch lực cho động cơ tuyến tính đồng bộ ba pha kích thích vĩnh cửu; phân tích lựa chọn, xây dựng phần cứng mạch động lực.

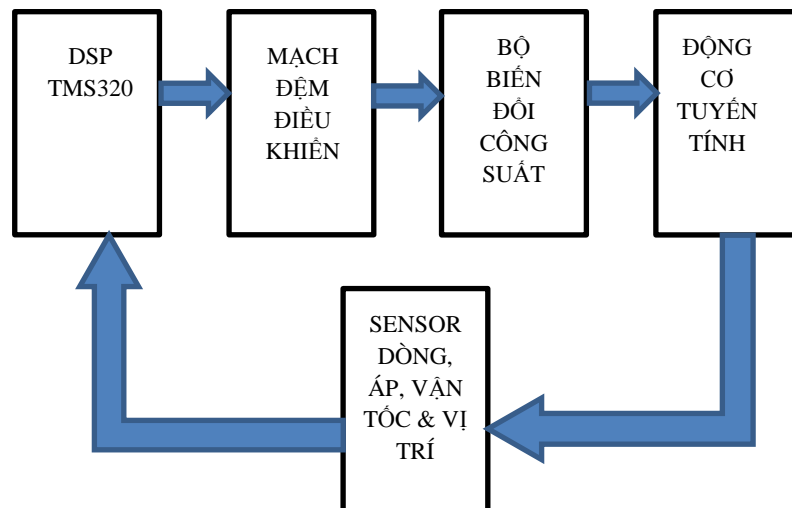
Trên cơ sở đó, đề tài lựa chọn phần cứng mạch động lực là các IC tích hợp cho các phần cứng mạch chỉnh lưu và phần cứng mạch nghịch lưu.

Cũng trong chương này, trên cơ sở phân tích các tính năng kỹ thuật của DSP TMS320F2812, đề tài lựa chọn phần cứng cho mạch điều khiển là DSP TMS320F2812 và thực hiện kết nối giữa DSP TMS320F2812 với phần cứng mạch lực hệ thống.

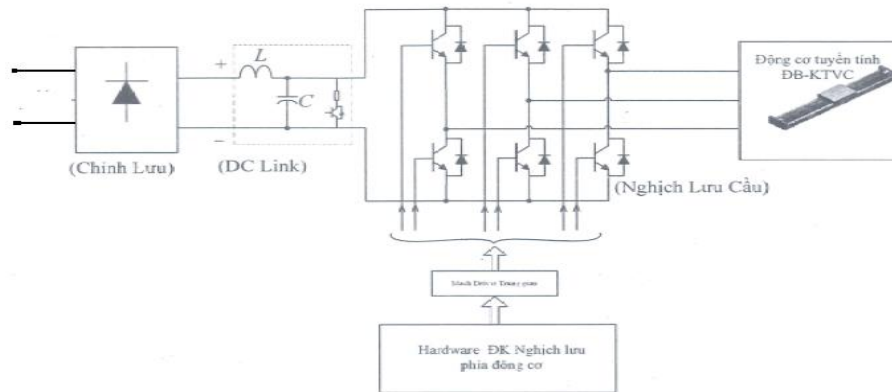
2.1. Phần cứng mạch động lực

Phần cứng mạch nghịch lưu là modul công suất thông minh chuyên dụng ASIPM loại FSBB30CH60C của hãng Fairchild

Căn cứ vào thông số của các bộ chỉnh lưu cầu một pha tích hợp hiện có trên thị trường của các hãng SHANGHAI SUNRISE ELECTRONICS CO., LTD, đề tài chọn bộ chỉnh lưu cầu một pha tích hợp loại KBPC 2504.



Hình 2.1. Sơ đồ khối hệ thống



Hình 2.2. Sơ đồ cấu trúc phần cứng mạch lực cho động cơ tuyến tính đồng bộ ba pha kích thích vĩnh cửu

2.2. Phần cứng mạch điều khiển

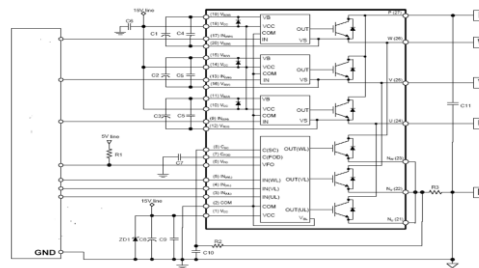
Trên cơ sở phân tích các đặc tính kỹ thuật, tính phổ biến, gia thành và tính khả thi khi thực hiện, đề tài lựa chọn phần cứng mạch điều khiển là DSP TMS320F2812.

Tiếp đến, đề tài xây dựng hoàn chỉnh phần cứng mạch điều khiển bao gồm: Khối nguồn mạch điều khiển; Mạch Reset; Mạch tạo dao động; Mạch ghép nối bộ nhớ bộ nhớ RAM IS61LV 25616AL, 256Kx16 bit; Mạch ghép nối bộ nhớ bộ nhớ FLASH SST39VF800, 512Kx16bit; Mạch DSP JTAG; Ghép nối TMS320 F2812 với module công suất thông minh FSBB30CH60C

Trên cơ sở các mạch nguyên lý, đề tài thực hiện chế tạo phần cứng cho hệ thống được thể hiện thông qua các hình 2.9,



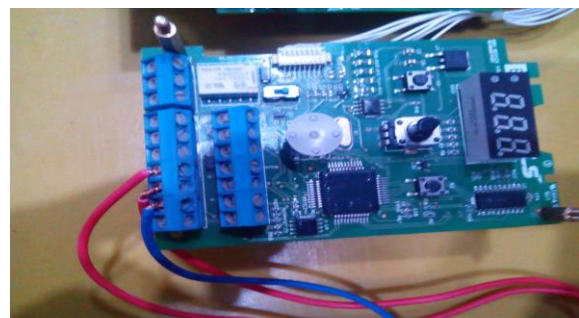
Hình 2.9. DSPTMS320F2812



Hình 2.19. Sơ đồ mạch Ghép nối TMS320 F2812 với module công suất thông minh FSBB30CH60C



Hình 2.20. Board mạch lực hệ thống



Hình 2.21. Board mạch giao tiếp điều khiển hệ thống



Hình 2.22. Hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng



Hình 2.23. Kết nối hệ thống với PLC và máy tính PC

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM

3.1. Thiết kế bộ điều khiển dòng điện cho động cơ tuyến tính ba pha kiểu đồng bộ

3.1.1. Mô hình toán học động cơ tuyến tính ba pha kích thích vĩnh cửu

Theo [2], ta có hệ phương trình toán học mô tả ĐCTT-KTVC như sau:

$$\begin{cases} \frac{di_{rd}}{dt} = -\frac{1}{T_{rd}}i_{rd} + \left(\frac{2\pi}{\tau}v\right)\frac{L_{rq}}{L_{rd}}i_{rq} + \frac{1}{L_{rd}}u_{rd} \\ \frac{di_{rq}}{dt} = -\left(\frac{2\pi}{\tau}v\right)\frac{L_{rd}}{L_{rq}}i_{rd} - \frac{1}{T_{rq}}i_{rq} + \frac{1}{L_{rq}}u_{rq} - \left(\frac{2\pi}{\tau}v\right)\frac{\psi_p}{L_{rq}} \\ \frac{dS}{dt} = v \end{cases} \quad (3.1)$$

Theo [2] lực điện từ của ĐCTTKTVC được xác định như (3.2) và phương trình chuyển động của động cơ như (3.3)

$$F = \frac{3\pi}{\tau}(\psi_p i_{rq} + (L_{rd} - L_{rq})i_{rd}i_{rq}) \quad (3.2)$$

$$F - F_c = m \frac{dv}{dt} \quad (3.3)$$

3.1.2 Thiết kế bộ điều khiển dòng điện theo phương pháp Backstepping cho động cơ tuyến tính.

Để nâng cao được chất lượng điều khiển của hệ thống, cần tập trung nâng cao chất lượng của bộ điều chỉnh dòng cho động cơ, bằng cách áp dụng phương pháp thiết kế phi tuyến Backstepping để tổng hợp bộ điều khiển dòng. Sơ đồ cấu trúc điều khiển phía động cơ trong đó khâu điều chỉnh dòng được thiết kế theo phương pháp phi tuyến Backstepping. Nội dung của phần tổng hợp bộ điều chỉnh dòng phía động cơ bao gồm các công việc chính sau:

- Tổng hợp khâu điều chỉnh dòng Backstepping cơ bản phía động cơ: bao gồm tổng hợp các bộ điều chỉnh thành phần i_{rd} và i_{rq} trên miền liên tục, sau đó số hoá bộ điều chỉnh dòng để có thể thực hiện việc cài đặt bộ điều chỉnh trên hệ thống xử lý tín hiệu số DSP. Qua bộ điều chỉnh dòng cơ bản, ta sẽ thấy được bộ điều chỉnh đã thực hiện được việc tách kênh thông qua bù các thành phần liên kết ngang $\frac{2\pi v}{\tau}i_{rd}$ và $\frac{2\pi v}{\tau}i_{rq}$, việc bù trực tiếp điện áp nguồn (điện áp đặt vào phần chuyển

Với k_1 là hằng số dương.

3.1.2.2. Thiết kế bộ điều chỉnh thành phần i_{rq} trên miền liên tục

Chọn i_{rq} là biến điều khiển, giá trị mong muốn của nó i_{rq}^* được lấy từ bộ điều chỉnh công suất thông qua khâu tính toán giá trị đặt TSP. Gọi sai lệch giữa i_{rq} và giá trị đặt i_{rq}^* là :

$$z_2 = i_{rq} - i_{rq}^* \quad (3.7)$$

Chọn hàm điều khiển Lyapunov là : $v_2 = \frac{1}{2} z_2^2$ và để đảm bảo đạo hàm của hàm điều khiển Lyapunov là âm, ta thiết kế được bộ điều khiển dòng (3.11)

$$\frac{1}{L_{rq}} u_{rq} = \left(\frac{2\pi}{\tau} v \right) \frac{L_{rd}}{L_{rq}} i_{rd} + \frac{1}{T_{rq}} i_{rq} + \left(\frac{2\pi}{\tau} v \right) \frac{\psi_p}{L_{rq}} + \frac{di_{rq}^*}{dt} - k_2 z_2 \quad (3.11)$$

Với k_2 là hằng số dương.

Nhận xét: Bộ điều chỉnh dòng Backstepping đã thực hiện được các vấn đề sau:

- Thực hiện tách kênh thông qua bù thành phần liên kết ngang $\frac{2\pi}{\tau} v i_{rd}$ và $\frac{2\pi}{\tau} v i_{rq}$.
- Bù điện áp lưới.; Bù từ thông.; Bù vận tốc phần chuyển động v.
- Tuy nhiên, do bộ điều chỉnh không có thành phần tích phân, nên sẽ gây sai lệch tĩnh.

3.1.2.3. Tính ổn định của hệ có bộ điều chỉnh dòng Backstepping

Với các khâu điều chỉnh (3.6) và (3.11), thay chúng vào các phương trình (3.5) và (3.10), ta được các phương trình mô tả mô hình dòng của ĐCTT-KTVC trên không gian các biến trạng thái mới z_1 và z_2 như sau :

$$\begin{cases} \dot{z}_1 = -k_1 z_1 \\ \dot{z}_2 = -k_2 z_2 \end{cases} \quad (3.12)$$

Có thể viết hệ ở dạng sau:

$$\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -k_1 & 0 \\ 0 & -k_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

Hệ có điểm cân bằng : $(z_1, z_2)^T = (0, 0)^T$

Chọn hàm điều khiển Lyapunov : $v = \frac{1}{2} z_1^2 + \frac{1}{2} z_2^2$. Lấy đạo hàm của v, ta có:

$\dot{v} = z_1 \dot{z}_1 + z_2 \dot{z}_2 = -k_1 z_1^2 - k_2 z_2^2 \leq 0$, ta kết luận, hệ ổn định tại điểm cân bằng $(z_1, z_2)^T = (0, 0)^T$. Bộ điều khiển đã thiết kế đảm bảo yêu cầu ổn định toàn cục và $i_{rd} \rightarrow i_{rd}^*$, $i_{rq} \rightarrow i_{rq}^*$.

3.1.2.4. Số hoá bộ điều chỉnh dòng Backstepping cơ bản.

Sau khi thực hiện số hoá các thành phần đạo hàm ta được bộ điều khiển (3.15) và (3.18)

$$\begin{aligned} \frac{1}{L_{rd}} u_{rd}(k) &= \frac{1}{T_{rd}} i_{rd}(k) - \left(\frac{2\pi}{\tau} v(k) \right) \frac{L_{rq}}{L_{rd}} i_{rq}(k) + \\ &+ \frac{1}{2T} [3i_{rd}^*(k) - 4i_{rd}^*(k-1) + i_{rd}^*(k-2)] - k_1 [i_{rd}(k) - i_{rd}^*(k)] \end{aligned} \quad (3.15)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{L_{rq}} u_{rq}(k) &= \left(\frac{2\pi}{\tau} v(k) \right) \frac{L_{rd}}{L_{rq}} i_{rd}(k) + \frac{1}{T_{rq}} i_{rq}(k) + \left(\frac{2\pi}{\tau} v(k) \right) \frac{\psi_p(k)}{L_{rq}} + \\ &+ \frac{1}{2T} [3i_{rq}^*(k) - 4i_{rq}^*(k-1) + i_{rq}^*(k-2)] - k_2 [i_{rq}(k) - i_{rq}^*(k)] \end{aligned} \quad (3.18)$$

3.1.2.5. Khắc phục sai lệch tĩnh

Với bộ điều chỉnh dòng Backstepping cơ bản, do trong bộ điều chỉnh chưa có thành phần tích phân nên sẽ có sai lệch tĩnh, ngoài ra nguyên nhân dẫn đến có sai lệch tĩnh còn do ảnh hưởng của tần số lấy mẫu, các tham số của động cơ trong quá trình làm việc. Để khắc phục sai lệch tĩnh, mục đích đặt ra là phải đưa được thành phần tích phân vào thuật toán backstepping cơ bản. Thành phần tích phân được thêm vào mô hình đối tượng, và sau đó trượt về phía phương trình bộ điều khiển. Để thực hiện được mục đích trên, ta xem xét lại bản chất của bộ điều chỉnh dòng backstepping cơ bản trên quan điểm tuyến tính hóa và tách kênh trực tiếp[1] của phương pháp backstepping, trên cơ sở đó, đưa ra một cách áp dụng mới để tổng hợp bộ điều chỉnh dòng Backstepping cho động cơ tuyến tính kiểu đồng bộ kích thích vĩnh cửu.

Sau khi thực hiện khắc phục sai lệch tĩnh ta được các bộ điều khiển dòng điện cho động cơ như (3.39) và (3.56)

$$w_1(z) = \frac{(1+k_{11}k_{12})Tz^{-1}}{1-z^{-1}} [y_1^*(z) - x_{11}(z)] + (k_{11}+k_{12}) [y_1^*(z) - x_{11}(z)] + \frac{1-z^{-1}}{T^*z^{-1}} y_1^*(z) \quad (3.39)$$

$$w_2(z) = \frac{(1+k_{21}k_{22})Tz^{-1}}{1-z^{-1}} [y_2^*(z) - x_{21}(z)] + (k_{21}+k_{22}) [y_2^*(z) - x_{21}(z)] + \frac{1-z^{-1}}{T^*z^{-1}} y_2^*(z) \quad (3.56)$$

Trên cơ sở xây dựng biểu thức định thức của hệ số các phương trình sai lệch (3.57)

$$\begin{bmatrix} \mathcal{E}_1 \\ \mathcal{E}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_{11} & 1 \\ -1 & -k_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \varepsilon_{12} \end{bmatrix} = \mathbf{A}_{10} \varepsilon_1 \quad (3.57)$$

Và (3.62)

$$\begin{bmatrix} \mathcal{E}_1 \\ \mathcal{E}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_{21} & 1 \\ -1 & -k_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{21} \\ \varepsilon_{22} \end{bmatrix} = \mathbf{A}_{20} \varepsilon_2 \quad (3.62)$$

ta có được các điểm cực là:

$$p_{11} = -k_{11}, p_{12} = -k_{12}, \text{ với điều kiện: } k_{11}k_{12} \gg 1$$

$$p_{21} = -k_{21}, p_{22} = -k_{22}, \text{ với điều kiện: } k_{21}k_{22} \gg 1$$

Từ đó cho ta cách lựa chọn các hệ số $k_{11}, k_{12}, k_{21}, k_{22}$.

3.2. Thiết kế bộ điều khiển vận tốc

Áp dụng tiêu chuẩn mô đun đối xứng, ta tìm được bộ điều khiển vận tốc như (3.68)

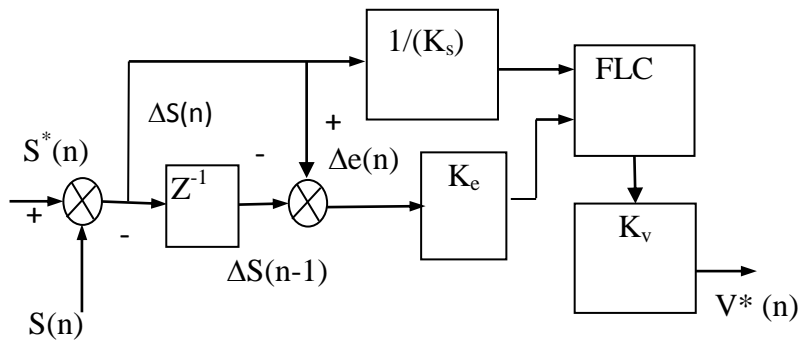
$$R_v(s) = \frac{\tau m (s^2 + k_{p2}s + k_{i2})}{6\pi\tau_\sigma\psi_p (k_{p2}s + k_{i2})(1 + \tau_\sigma s)} \quad (3.68)$$

3.3. Thiết kế bộ điều khiển PID mờ cho mạch vòng điều chỉnh vị trí

3.3.1. Xác định các biến ngôn ngữ vào và ra

Với mục đích chính của hệ thống điều khiển là đạt được vị trí yêu cầu với độ chính xác cao, theo kinh nghiệm thực tế, ta chọn các biến ngôn ngữ vào là sai số vị trí (quãng đường) ΔS và đạo hàm sai số vị trí Δe , biến ngôn ngữ đầu ra là vận tốc yêu cầu v^* , do đó quan hệ hàm của FLC là:

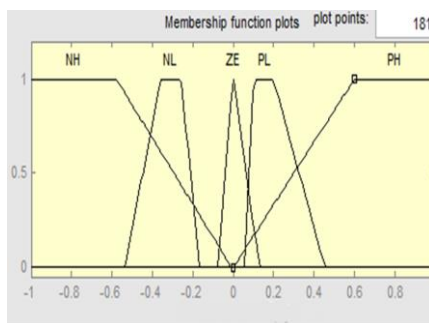
$V^*(n) = f(\Delta e(n), \Delta S(n))$. Trong đó: $\Delta e(n) = \Delta S(n) - \Delta S(n-1)$ là đạo hàm sai số vị trí, $\Delta S(n) = S^*(n) - S(n)$ là mẫu hiện tại của sai số vị trí, $\Delta S(n-1)$ là mẫu quá khứ của sai số vị trí, $S(n)$ là mẫu hiện tại của vị trí thực, $S^*(n)$ là mẫu hiện tại của vị trí yêu cầu, f là kí hiệu của hàm phi tuyến. Cấu trúc bộ điều khiển vị trí kiểu PID mờ được thể hiện như hình 3.5. Các hệ số K_e , K_s được chọn sao cho các giá trị được chuẩn hoá của sai số vị trí $\Delta S(n)$, và đạo hàm sai số vị trí $\Delta e(n)$ biến thiên trong khoảng $[-1, +1]$. Hệ số K_v được chọn sao cho đầu ra của bộ điều khiển là vận tốc định mức yêu cầu. Ở đây, các hệ số được lấy là: $K_s = S^*$ (vị trí đặt), $K_e = 10$, $K_v = 12,5$.



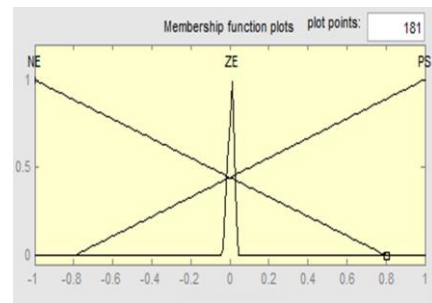
Hình 3.5. Cấu trúc bộ điều khiển vị trí kiểu PID mờ.

3.3.2. Xác định dạng các hàm liên thuộc và các giá trị của biến ngôn ngữ.

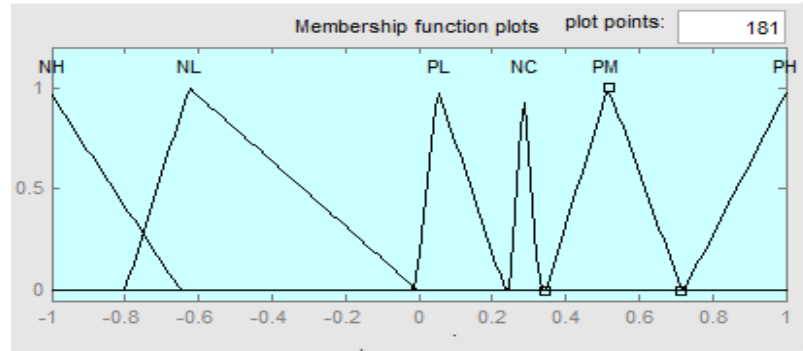
Ở đây, để đơn giản ta lựa chọn hàm liên thuộc dạng hình thang và hình tam giác, là dạng hàm liên thuộc có mức chuyển đổi tuyến tính. Dạng các hàm liên thuộc và giá trị của các biến ngôn ngữ đầu vào và ra được chỉ ra ở hình 3.6, 3.7, 3.8.



Hình 3.6. Dạng các hàm liên thuộc và giá trị các biến ngôn ngữ vào SLVT(ΔS)



Hình 3.7. Dạng các hàm liên thuộc và giá trị các biến ngôn ngữ vào VT(Δe)



Hình 3.8. Dạng các hàm liên thuộc và giá trị các biến ngôn ngữ ra v*

3.3.3. Xây dựng các luật điều khiển “nếu .. thì”.

Căn cứ vào bản chất vật lý, số liệu và kinh nghiệm, ta chọn 7 luật như sau:

- Luật 1: if SLVT is PH (dương cao), then V^* is PH (dương cao);
 Luật 2: if SLVT is PL (dương thấp), then V^* is PM (dương trung bình);
 Luật 3: if (SLVT is ZE (bằng 0)) and (VT is PS (dương)), then V^* is PL (dương thấp);
 Luật 4: if (SLVT is ZE (bằng 0)) and (VT is NE (âm)), then V^* is NC (không thay đổi);
 Luật 5: if (SLVT is ZE (bằng 0)) and (VT is ZE (bằng 0)), then V^* is NC (không thay đổi);
 Luật 6: if SLVT is NL (âm thấp), then V^* is NL (âm thấp);
 Luật 7: if SLVT is NH (âm cao), then V^* is NH (âm cao).

3.3.4. Chọn luật hợp thành và giải mờ.

Ở đây, ta chọn luật hợp thành max-min và giải mờ theo phương pháp điểm trọng tâm.

3.4 Xây dựng sơ đồ Matlab/Simulink tạo code nạp vào DSP TMS320F2812

Sơ đồ Matlab/Simulink tạo code nạp vào DSP TMS320F2812 toàn bộ hệ thống bao gồm: Khâu điều chế vector không gian, Khối tạo kết nối MatLab/Simulink với phần mềm tạo code và nạp code cho TMS320F2812, Khối tạo kết nối MatLab/Simulink với phần mềm tạo code và nạp code cho TMS320F2812, Khối tạo xung đưa vào các cực điều khiển của các IGBT sử dụng TMS320F2812, khối simulink mạch hãm động năng, simulink bộ điều khiển dòng điện, khối simulink bộ điều khiển vận tốc, khối simulink bộ điều khiển vị trí, các khối chuyển hệ tọa độ, Khâu đọc vận tốc từ sensor của TMS320F2812, Khâu đọc dòng điện ba pha từ sensor dòng điện, đọc giá trị đặt của vị trí và đọc giá trị điện áp một chiều trung gian của TMS320F2812 (khâu ADC)

3.5. Lập trình DSPTMS320F2812 từ Matlab/Simulink và CCS

Bước 1: Gõ lệnh “xmakefilesetup” từ dấu nhắc của Matlab, matlab sẽ xuất ra hộp hội thoại XMakefile User Configuration và thiết lập cấu hình thích hợp cho hộp thoại

Bước 2: Tạo mô File Mô hình bằng lệnh: File/new/Model

Bước 3: Chọn khối Target Preferences từ thư viện Simulink đưa vào File Model, thiết lập cấu hình cho khối

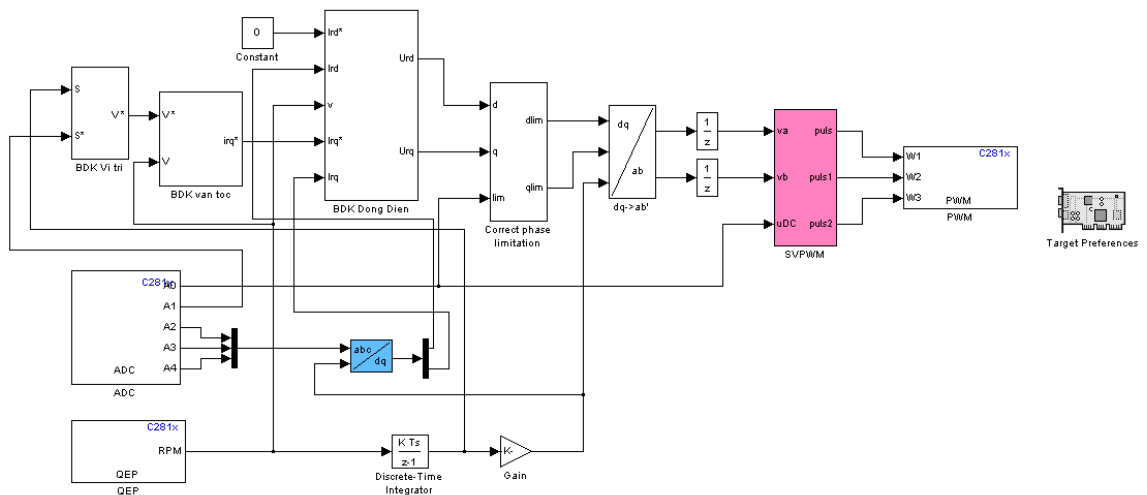
Bước 4: Xây dựng các khối Simulink cho các bộ điều khiển dòng điện, vận tốc, vị trí, , khối điều chế vector không gian, khối tạo xung đưa vào các cực điều khiển của các IGBT sử dụng TMS320F2812, các khối chuyển tọa độ, khối đọc vận tốc từ sensor của TMS320F2812, khối đọc dòng điện ba pha từ sensor dòng điện, đọc giá trị đặt của vị trí và đọc giá trị điện áp một chiều trung gian của TMS320F2812 (khâu ADC) ở file MODEL như hình 3.39.

Bước 5: Thiết lập cấu hình cho file Model

Bước 6: Khởi tạo phần mềm Code Composer Setup, thiết lập cấu hình hệ thống

Bước 7: Khởi tạo phần mềm Code Composer Studio và kết nối với Board nạp code cho TMS320F2812 sau khi đã nối cổng giao tiếp DSP JTAG của Board nạp code với cổng USB của máy tính thông qua thiết bị XDS100USB DSP EMULATOR và cấp nguồn cho Board nạp code.

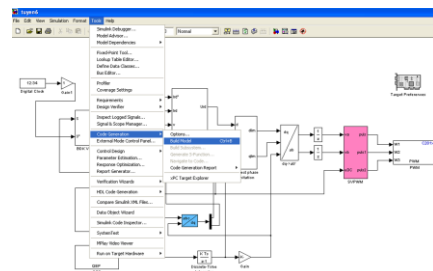
Bước 9: Thực hiện lệnh tạo code cho mô hình, chương trình sẽ tự chuyển từ mô hình Simulink sang mã chương trình ngôn ngữ C cho TMS320F2812, dịch mã nguồn và tự động nạp vào bộ nhớ của TMS320F2812.



Hình 3.39. Sơ đồ Matlab/Simulink tạo code nạp vào DSP TMS320F2812



Hình 3.44. Kết nối máy tính PC với Board nạp code cho TMS320F2812

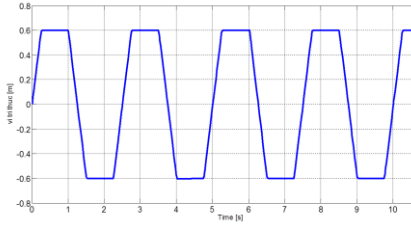


Hình 3.45. Thực hiện lệnh tạo code cho mô hình

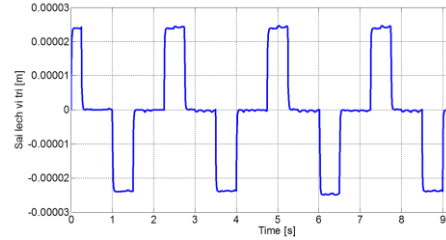
CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM, ĐÁNH GIÁ, KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết quả thử nghiệm

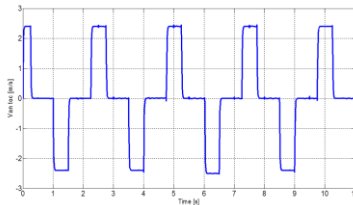
4.1.1. Thử nghiệm ở tốc độ cao



a) Vị trí đặt ở tốc độ cao



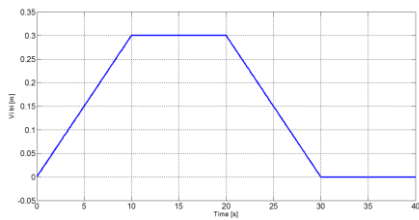
b) Sai lệch vị trí ở tốc độ cao



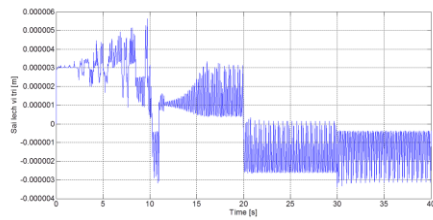
c) Đáp ứng vận tốc

Hình 4.1. Thử nghiệm ở tốc độ cao

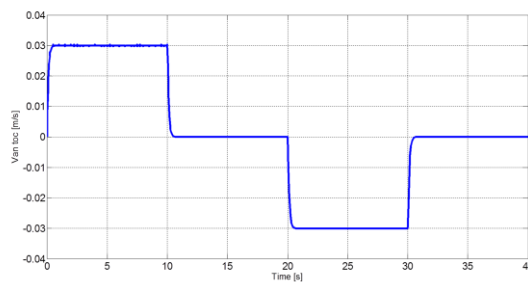
4.1.2. Thử nghiệm ở tốc độ thấp



a) Vị trí đặt



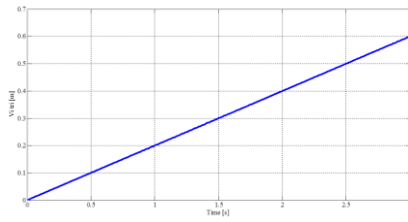
b) Sai lệch



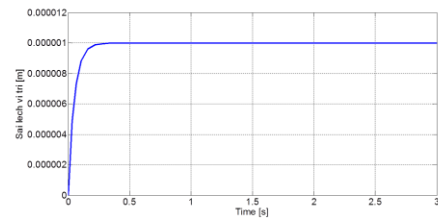
c) Đáp ứng vận tốc

Hình 4.2. Thử nghiệm ở tốc độ thấp

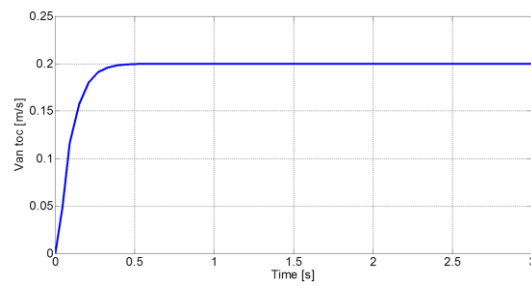
4.1.3. Thử nghiệm với quỹ đạo đặt $s^* = 0,2t$



a) Quỹ đạo thực



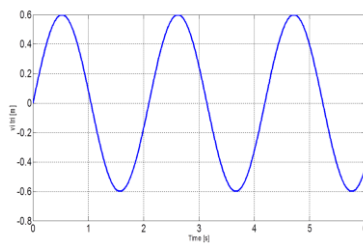
b) Sai lệch quỹ đạo



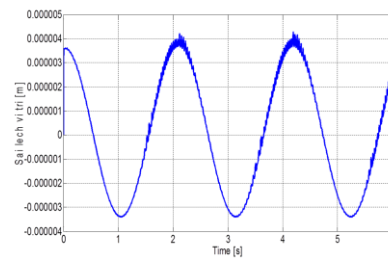
c) Đáp ứng vận tốc

Hình 4.3. Thử nghiệm với quỹ đạo đặt $s^* = 0.2t$

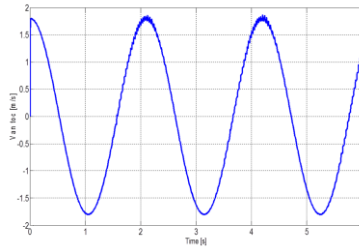
4.1.4. Thử nghiệm với quỹ đạo đặt là hình sin $x = 0,6\sin 3t$



a) Quỹ đạo thực



b) Sai lệch quỹ đạo



c) Đáp ứng vận tốc

Hình 4.4. Thử nghiệm với quỹ đạo đặt hình sin: $S^* = 0.6\sin 3t$

4.2. Đánh giá, kết luận và kiến nghị

4.2.1. Đánh giá khả năng làm việc của hệ thống.

Hệ thống đã được thử nghiệm với các quỹ đạo đặt và vận tốc chuyển động nhanh chậm khác nhau để đánh giá mức độ bám vị trí của hệ thống. Cụ thể:

- Khi thử nghiệm hệ thống từ vị trí 0 đến vị trí 0.6m, dừng, rồi đảo chiều chuyển động đến vị trí -0.6m với tốc độ 2,4 m/s, kết quả bám vị trí đặt với sai số là $2,4 \cdot 10^{-5}$ m. Kết quả này chứng tỏ khả năng bám vị trí chính xác của hệ thống ở tốc độ cao.

- Khi thử nghiệm hệ thống từ vị trí 0 đến vị trí 0.3m, dừng, rồi đảo chiều chuyển động trở lại vị trí ban đầu (vị trí 0) với tốc độ thấp $v=0.03$ m/s, kết quả bám vị trí đặt với sai số là $5,5 \cdot 10^{-6}$ m. Kết quả này chứng tỏ khả năng bám vị trí chính xác của hệ thống ở tốc độ thấp với sai số nhỏ hơn ở tốc độ cao.

- Khi thử nghiệm hệ thống với quỹ đạo đặt là $x = 0,2.t$, chuyển động từ vị trí 0 ban đầu đến vị trí 0,6m, hệ thống đã bám chính xác quỹ đạo đặt với sai số $1 \cdot 10^{-6}$ m, với vận tốc không đổi là 0,2 m/s. Kết quả này cũng khẳng định khả năng bám vị trí chính xác của hệ thống theo quỹ đạo đặt là đường thẳng.

- Khi thử nghiệm với quỹ đạo đặt là hình sin $x=0,6\sin 3t$, hệ thống đã bám theo quỹ đạo đặt với sai số vị trí là $4 \cdot 10^{-6}$ m . Kết quả này cũng khẳng định khả năng bám vị trí chính xác của hệ thống theo quỹ đạo đặt là hình sin.

Các thử nghiệm trên đã khẳng định khả năng bám vị trí chính xác của hệ thống ở các quỹ đạo đặt khác nhau.

4.2.2. Kết luận

Với mục tiêu nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ thống xác định chính xác vị trí của động cơ tuyến tính trong các hệ thống chuyển động thẳng , đề tài đã đạt được những kết quả sau:

- Thiết kế và chế tạo phần cứng của hệ thống trên cơ sở sử dụng DSP TMS320F2812.
- Đã đề xuất phương pháp điều khiển phi tuyến Backstepping và bộ điều khiển PID mờ để thiết kế bộ điều khiển cho hệ thống.
- Thiết kế được phần mềm điều khiển hệ thống trên cơ sở áp dụng phần mềm MatLab/Simulink và code composer Studio để tạo code nạp vào DSP TMS 320 F2812.

Các kết quả của đề tài đã được công bố thông qua 01 bài báo đăng tại tạp chí khoa học và công nghệ đại học Thái Nguyên, hướng dẫn thành công 02 học viên cao học tại trường đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

4.2.3. Kiến nghị

Triển khai nhân rộng với các động cơ tuyến tính khác, như động cơ tuyến tính không đồng bộ, động cơ tuyến tính kiểu động cơ bước với các công suất khác nhau và áp dụng các hệ thống đó vào thực tế sản xuất.

Tiếp tục phát triển đề tài theo hướng nghiên cứu và áp dụng các phương pháp điều khiển mới để nâng cao hơn nữa độ chính xác bám vị trí của hệ thống.

Tiếp tục nghiên cứu về lý thuyết hiệu ứng đầu cuối (end effect) để bổ sung vào cấu trúc điều khiển, qua đó nâng cao hơn nữa chất lượng của hệ thống và nâng cao khả năng áp dụng của hệ thống trong các máy công nghiệp, robot yêu cầu độ chính xác cao trong điều khiển vị trí.