ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

Nguyễn Thị Thúy

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ LAI ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ FPGA

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

LUẬN VĂN THẠC SĨ KHOA HỌC
KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
TS. Bùi Thị Hải Linh

Thái Nguyên – Năm 2020

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu và Công nghệ thông tin – ĐHTN http://lrc.tnu.edu.vn

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: Nguyễn Thị Thúy

Sinh ngày: 16/7/1987

Học viên lớp cao học **CH K21 - KTĐK & TĐH**- Trường Đại học kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên.

Hiện nay tôi đang công tác tại: Trường Cao đẳng Công nghệ và Nông lâm Đông Bắc

Xin cam đoan: Đề tài "***Thiết kế bộ điều khiển Mờ lai điều khiển tốc độ động cơ một chiều ứng dụng công nghệ FPGA***" do Cô giáo **TS. Bùi Thị Hải Linh** hướng dẫn là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Tất cả tài liệu tham khảo đều có nguồn gốc, xuất xứ rõ ràng.

Tác giả xin cam đoan tất cả những nội dung trong luận văn đúng như nội dung trong đề cương và yêu cầu của cô giáo hướng dẫn. Nếu sai tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm trước hội đồng khoa học và trước pháp luật.

Thái Nguyên, ngày tháng năm 2020

TÁC GIẢ LUẬN VĂN

Nguyễn Thị Thuý

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu và Công nghệ thông tin – ĐHTN http://lrc.tnu.edu.vn

LỜI CẢM ƠN

Sau một thời gian nghiên cứu và làm việc nghiêm túc, được sự động viên, giúp đỡ và hướng dẫn tận tình của Cô giáo hướng dẫn **TS. Bùi Thị Hải Linh**, luận văn với đề tài "***Thiết kế bộ điều khiển Mờ lai điều khiển tốc độ động cơ một chiều ứng dụng công nghệ FPGA***" đã hoàn thành.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến:

Cô giáo hướng dẫn **TS. Bùi Thị Hải Linh** đã tận tình chỉ dẫn, giúp đỡ tôi hoàn thành luận văn này.

Cũng qua đây, tôi xin được gửi lời cảm ơn sâu sắc và kính trọng đến các thầy giáo trong khoa Điện - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên đã giúp đỡ cho tôi trong suốt thời gian học tập và nghiên cứu để hoàn thành luận văn. Tôi cũng xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến các thầy cô giáo, các đồng nghiệp trong Khoa Điện- Điện tử trường Cao đẳng Công nghệ và Nông lâm Đông Bắc đã đóng góp những ý kiến quý báu về chuyên môn, quan tâm, tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ về công việc và thời gian để tôi làm bài luận văn này.

Tôi xin chân thành cảm ơn bạn bè, đồng nghiệp và gia đình đã động viên, khích lệ, tạo điều kiện giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập, thực hiện và hoàn thành luận văn.

Tuy nhiên, với nhiều khó khăn do vấn đề thời gian, kinh nghiệm và năng lực bản thân còn nhiều hạn chế nên nội dung luận văn không tránh khỏi những sai sót. Tôi rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến quý báu của các Thầy, Cô để luận văn này được hoàn thiện hơn.

TÁC GIẢ LUẬN VĂN

Nguyễn Thị Thuý

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu và Công nghệ thông tin – ĐHTN http://lrc.tnu.edu.vn

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN 1

LỜI CẢM ƠN 2

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....7

MỞ ĐẦU.....13

1. Lý do chọn đề tài.....13

2. Tính cấp thiết của đề tài luận văn 13

3. Phạm vi, đối tượng và phương pháp nghiên cứu 14

4. Mục tiêu của luận văn 15

5. Những đóng góp mới về lý luận và thực tiễn của luận văn 15

6. Bố cục của luận văn 16

CHƯƠNG 1 17

TỔNG QUAN VỀ ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU 17

1.1. Cấu tạo, phân loại động cơ điện một chiều.....17

1.1.1. Cấu tạo động cơ điện một chiều.....17

1.1.2. Phân loại, ưu nhược điểm của động cơ điện một chiều 19

1.1.3. Nguyên tắc hoạt động của động cơ điện một chiều 20

1.2. Đặc tính động cơ điện một chiều 22

1.2.1. Phương trình đặc tính cơ.....22

1.2.2. Đường đặc tính cơ.....25

1.3. Xây dựng mô hình toán học cho động cơ một chiều. 26

1.4. Kết luận chương 1 28

CHƯƠNG 2 29

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu và Công nghệ thông tin – ĐHTN http://lrc.tnu.edu.vn

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ LAI ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU.....29

2.1. Tổng quan về Logic Mờ.....29

2.1.1. Quá trình phát triển của Logic Mờ.....29

2.1.2. Khái niệm về tập Mờ.....29

2.2. Tìm hiểu về hệ thống điều khiển Mờ.....32

2.2.1. Cấu trúc hệ thống điều khiển tự động.....32

2.2.2. Cấu trúc của bộ điều khiển Mờ.....32

2.2.3. Bộ điều khiển mờ tĩnh.....33

2.2.4. Bộ điều khiển mờ động.....37

2.3. Hệ thống điều khiển Mờ lai và đề xuất cấu trúc điều khiển Mờ lai cho bài toán ổn định tốc độ động cơ một chiều.....39

2.3.1. FLC được mắc song song với PID kinh điển.....40

2.3.2. FLC làm nhiệm vụ một khóa mờ.....40

2.3.3. Đề xuất cấu trúc điều khiển Mờ lai cho bài toán ổn định tốc độ động cơ một chiều.....41

2.4. Kết luận chương 2.....42

CHƯƠNG 3.....42

MÔ PHỎNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ LAI TRÊN PHẦN MỀM MATLAB SIMULINK.42

3.1. Thiết kế hệ thống điều khiển tốc độ sử dụng hai mạch vòng.....42

3.1.1. Thiết kế bộ điều chỉnh dòng điện.....43

3.1.2. Thiết kế bộ điều chỉnh tốc độ.....46

3.2. Mô phỏng cấu trúc điều khiển Mờ lai ổn định tốc độ động cơ một chiều có kể đến yếu tố nhiễu tác động.....49

3.2.1. Thuật toán điều khiển Mờ lai cho mạch vòng tốc độ.....50

3.2.2. Mô phỏng thuật toán điều khiển mờ lai cho mạch vòng tốc độ.....54

3.3. Kết luận chương 3 59

CHƯƠNG 4 60

GIỚI THIỆU VỀ CÔNG NGHỆ FPGA VÀ ỨNG DỤNG CỦA FPGA TRONG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU 60

4.1. Tổng quan về FPGA.....60

4.1.1. Khái quát chung 60

4.1.2. Cấu trúc của FPGA 61

4.2. Ngôn ngữ VHDL.....64

4.2.1. Giới thiệu về VHDL.....64

4.2.2. Cấu trúc một mô hình hệ thống sử dụng VHDL.....65

4.2.3. Mô hình kiểm tra hoạt động (Testbench).....69

4.2.4. Các đối tượng và các kiểu dữ liệu trong VHDL 69

4.2.5. Giới thiệu Broad DE2 - 115 72

4.3. Ứng dụng công nghệ FPGA để điều chỉnh tốc độ động cơ một chiều 83

4.4. Kết luận chương 4 85

CHƯƠNG 5 86

HỆ THỐNG THÍ NGHIỆM ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ LAI ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ FPGA 86

5.1. Sơ đồ khối kết nối vật lý điều khiển tốc độ động cơ một chiều sử dụng thuật toán mờ lai trên FPGA 86

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu và Công nghệ thông tin – ĐHTN http://lrc.tnu.edu.vn

5.1.1. Sơ đồ khối hệ thống thí nghiệm 86

5.1.2. Lựa chọn thiết bị cho hệ thống thí nghiệm 88

5.2. Kết quả chạy thực nghiệm điều khiển tốc độ động cơ một chiều sử dụng thuật toán mờ lai trên FPGA 93

5.3. Kết luận chương 5 97

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....98

TÀI LIỆU THAM KHẢO.....99

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu và Công nghệ thông tin – ĐHTN http://lrc.tnu.edu.vn

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Danh mục các ký hiệu

$U_ư$	là điện áp phần ứng động cơ (V)
$E_ư$	là sức điện động phần ứng động cơ (V)
R_u	là điện trở cuộn dây phần ứng (Ω)
R_p	là điện trở phụ mạch phần ứng (Ω)
$I_ư$	là dòng điện phần ứng động cơ. (A)
$r_ư$	Điện trở cuộn dây phần ứng (Ω)
r_{ct}	Điện trở tiếp xúc giữa chổi than và phiến góp
r_{cb}	Điện trở cuộn bù (Ω)
r_{cp}	Điện trở cuộn phụ (Ω)
ω	là vận tốc góc của rô to (rad/s)
ϕ	là từ thông chính đi qua cực từ
p	là số đôi cực từ chính
N	là số thanh dẫn tác dụng của cuộn ứng
a	là mạch nhánh song song của cuộn ứng
K_E	là hệ số sức điện động, phụ thuộc vào kết cấu của động cơ
n_0	là tốc độ không tải lý tưởng của động cơ điện một chiều
n	là tốc độ của động cơ điện một chiều
M	Mô men điện từ
D	Dải điều chỉnh

Danh mục các chữ viết tắt tiếng việt

BĐK	Bộ điều khiển
FLC	Bộ điều khiển Mờ

PDL	Bộ điều khiển
F-PID	Bộ điều khiển Mờ lai
DUT	Mô hình VHDL cần kiểm tra

Danh mục các chữ viết tắt tiếng anh

ASIC	Application Specific Integrated Circuit
ALU	Arithmetic Logic Unit
CPLD	Complex Programmable Logic Device
CPU	Central Processing Unit
EMF	Sức điện động cảm ứng Electromotive force (EMF)
CEMF	Sức phản điện động counter-EMF
CLB	Configurable Logic Blocks
DSP	Digital Signal Processing
FPGA	Field Programmable Gate Array
HDL	Hardware Description Language
IC	Integrated Circuit
SoPC	System-on-a-Programizable-Chip

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu và Công nghệ thông tin – ĐHTN http://lrc.tnu.edu.vn

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Hoạt động của động cơ DC. 21

Hình 1.2: Động cơ điện một chiều 22

Hình 1. 3: Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập 26

Hình 1. 4: Sơ đồ cấu trúc của động cơ một chiều 27

Hình 2.1: Hàm phụ thuộc $\mu_A(x)$của tập kinh điển A 30

Hình 2. 2: Hàm liên thuộc $\mu_B(x)$ của tập "mờ" B 30

Hình 2. 3: Độ cao, miền xác định, miền tin cậy của tập mờ 31

Hình 2. 4: Các dạng hàm liên thuộc của tập mờ 32

Hình 2. 5: Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển tự động 32

Hình 2. 6: Các khối chức năng của bộ điều khiển mờ 33

Hình 2. 7: Đặc tính vào - ra cho trước 35

Hình 2. 8: a,b: Hàm liên thuộc của các biến ngôn ngữ vào, ra 36

Hình 2. 9: a,b: Hệ điều khiển mờ theo luật PI 38

Hình 2. 10: Hệ điều khiển mờ theo luật PD 38

Hình 2. 11: Hệ điều khiển Mờ theo luật PID 39

Hình 2. 12: a) Nguyên lý điều khiển mờ lai; b) Vùng tác động của các bộ điều khiển 40

Hình 2. 13: Vùng tác động của các bộ điều khiển 41

Hình 2. 14: Cấu trúc hệ mờ lai điều khiển tốc độ động cơ sử dụng Switch chuyển mạch 42

Hình 3.1: Sơ đồ cấu trúc trạng thái động của hệ thống điều khiển tốc độ động cơ ..43

Hình 3.2: Sơ đồ cấu trúc trạng thái động của mạch vòng dòng điện 44

Hình 3.3: Sơ đồ cấu trúc trạng thái động của mạch vòng dòng điện 45

Hình 3.4: Bộ điều chỉnh dòng điện kiểu PI với bộ lọc trước và bộ lọc phản hồi 46

Số hóa bởi Trung tâm Học liệu và Công nghệ thông tin – ĐHTN http://lrc.tnu.edu.vn