

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

---

**TRẦN MẠNH TIẾN**

**ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH  
HÓA CHÍNH XÁC ĐỂ ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ TUYẾN  
TÍNH TRONG CÁC MÁY CNC**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**  
**CHUYÊN NGÀNH KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA**

**Thái Nguyên - 2015**

<b>MỤC LỤC</b>	Trang
Mục lục.....	i
Lời cam đoan:.....	iv
Lời cảm ơn:.....	v
Danh mục ký hiệu và chữ viết tắt.....	vi
Mục lục hình vẽ .....	ix
<b>MỞ ĐẦU.....</b>	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ CẤU TẠO, NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ PHẠM VI ỨNG DỤNG CỦA ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH TRONG CÁC MÁY CNC.....</b>	<b>41.</b>
1. CẤU TẠO.....	4
1.1.1. Phân loại.....	4
1.1.2. Cấu tạo động cơ chạy thẳng kích thích vĩnh cửu (ĐCCTĐBKTV.....	4
1.2. Nguyên lý làm việc.....	5
1.2.1. Đặc điểm của một hệ chuyển động thẳng.....,	7
1.2.2. Xác định vận tốc tối ưu cho động cơ.....	8
1.3. Phạm vi ứng dụng của động cơ tuyến tính với các máy công cụ CNC.....	9
1.3.1. Máy tiện.....	9
1.3.2. Máy phay .....	11
1.3.4. Máy mài.....	16
1.4. Kết luận.....	22
<b>CHƯƠNG 2 MÔ TẢ TOÁN HỌC ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH LOẠI ĐB – KTVC.....</b>	<b>23</b>
2.1. So sánh giữa động cơ đồng bộ kích thích vĩnh cửu (ĐB-KTVC) và động cơ chạy thẳng kiểu đồng bộ kích thích vĩnh cửu (ĐCCTĐB-KTVC) .....	23

2.1.2. Nguyên lý làm việc.....	23
2.1.3. Hệ tọa độ biểu diễn đại lượng vật lý ĐCĐB- KTVC.....	24
2.2. Mô hình toán học đối tượng MĐĐB-KTVC.....	25
2.2.1. Biểu diễn vector không gian các đại lượng 3 pha.....	25
2.2.2. Mô hình trạng thái liên tục của MĐĐB-KTVC.....	30
2.2.3. Mô hình toán học động cơ chạy thẳng kiểu đồng bộ kích thích vĩnh cửu (ĐCCT-ĐBKTV C).....	33
2.2.4. Mô hình ĐCCT loại ĐB - KTVC có xét đến hiệu ứng đầu cuối.....	34
2.4. Kết luận chương 2.....	36
<b>CHƯƠNG 3 ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH HÓA CHÍNH XÁC THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ CHO ĐỘNG CƠ TUYẾN TÍNH.....</b>	<b>38</b>
3.1. Cấu trúc điều khiển theo phương pháp tuyến tính hóa chính xác (phương pháp phi tuyến).....	38
3.2. Cấu trúc điều khiển phản hồi trạng thái theo phương pháp tuyến tính hóa chính xác.....	39
3.3. Tổng hợp các bộ điều khiển PI (Mạch vòng dòng điện, mạch vòng vận tốc).....	44
3.3.1. Tổng hợp mạch vòng ĐC vector dòng điện.....	44
3.3.2. Tổng hợp vòng ĐC vận tốc .....	45
3.4. Kết luận chương 3.....	47
<b>CHƯƠNG 4 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG, THỰC NGHIỆM VÀ KẾT LUẬN.....</b>	<b>48</b>
4.1. Sơ đồ và tham số mô phỏng.....	48
4.1.1. Sơ đồ mô phỏng với bộ điều khiển TTHCX.....	48
4.1.2. Sơ đồ simulink khối điều khiển TTHCX.....	48
4.1.3. Các thông số mô phỏng:.....	49

4.2. Kết quả mô phỏng.....	49
4.2.1. Kết quả mô phỏng với bộ điều khiển TTHCX và PI thường.....	49
4.2.2 Nhận xét kết quả mô phỏng.....	57
4.3. Hệ thống thí nghiệm và kết quả.....	58
4.3.1.Thiết bị thí nghiệm.....	58
4.3.2. Cấu trúc hệ thống điều khiển trong sơ đồ thí nghiệm.....	60
4.3.3. Kết quả thí nghiệm.....	66
4.4. Kết luận chương 4.....	71
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	72
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	73

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: ***Trần Mạnh Tiến***

Sinh ngày: 28 tháng 08 năm 1981

Học viên lớp cao học khóa K15 - Tự động hóa - Trường Đại học kỹ thuật công nghiệp - Đại học Thái Nguyên.

Hiện đang công tác tại: Trường Cao Đẳng Công Nghệ Và Kinh Tế Công Nghiệp.

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu nêu trong luận văn là trung thực. Những kết luận trong luận văn chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào. Mọi thông tin trích dẫn trong luận văn đều chỉ rõ nguồn gốc.

**Tác giả luận văn**

**Trần Mạnh Tiến**

## LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian thực hiện luận văn, tác giả đã nhận được sự quan tâm rất lớn của nhà trường, các khoa, các phòng ban, các thầy cô giáo và đồng nghiệp.

Tác giả xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành nhất đến TS. Cao Xuân Tuyền đã tận tình hướng dẫn trong quá trình thực hiện luận văn.

Tác giả xin chân thành cảm ơn đến các thầy cô giáo ở Trung tâm Thí nghiệm, phòng thí nghiệm Khoa Điện - Trường Đại Học Kỹ thuật công nghiệp Thái Nguyên đã giúp đỡ và tạo điều kiện để tác giả hoàn thành thí nghiệm trong điều kiện tốt nhất.

Mặc dù đã rất cố gắng, song do trình độ và kinh nghiệm còn hạn chế nên có thể luận văn còn những thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được những ý kiến đóng góp từ các thầy cô giáo và các bạn đồng nghiệp để luận văn được hoàn thiện và có ý nghĩa hơn trong thực tế.

## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
$L_{sd}, L_{sq}$	H	Điện cảm dọc trục và ngang trục của stato
$m$	Kg	Khối lượng của bộ phận sơ cấp (stator)
$\underline{u}_s, \underline{i}_s$	V, A	Vector điện áp, dòng stator
$R_s$	$\Omega$	Điện trở stator
$v, v_e$	m/s	Vận tốc cơ, điện
$F_m, F_{fc}$	N	Lực đẩy do động cơ sinh ra, lực cản do ma sát.
$i_{sd}, i_{sq}$	A	Dòng điện trục d,q
$u_{sd}, u_{sq}$	v	Điện áp trục d,q
$\tau$	mm	Bước cực
$p$		Số đôi cực
$\Psi_p$	Wb	Từ thông cực từ
$\Omega_e, \Omega_m$	Rad/s	Vận tốc góc điện, cơ
$x_p, X$	mm	Vị trí đỉnh cực, vị trí tương đối giữa phần sơ cấp và thứ cấp của động cơ tuyến tính
$J_m, J_l, J_s, J_p$	Kgm <sup>2</sup>	Mômen quán tính của động cơ, tải, trục truyền chuyển động, trục vít vô tận.
$T_{fc}$	Rad/s <sup>2</sup>	Hệ số ma sát Coulomb
$B_m, B_l$	1/s	Hệ số ma sát nhớt của động cơ, tải
$T_{trans}(\theta)$	Nm	Mômen truyền từ động cơ đến tải
$T_{fcm}, T_{fcl}, T_{fcp}$	Nm	Mômen ma sát tại vị trí động cơ, tải, trục vít vô tận
$T_{pos}(\theta_m), T_{pos}(\theta_l)$	Nm	Thành phần mômen bất định gây ra đối với động cơ, tải
$F_{pos}(x)$	N	Nhiều lực đẩy tác động lên động cơ
$\Phi_g$	Wb	Từ thông khe hở không khí
$R$	A.vòng/Wb	Từ trở khe hở không khí

$F_{abc}(x,t)$	A.vòng	Sức từ động của mỗi pha (phụ thuộc vị trí và thời gian)
$F(xt)$	A.vòng	Sức từ động tổng được tạo bởi thành phần sơ cấp trong máy điện.
$k_{olv}$		Hệ số dây quấn của sóng hài bậc $v$
$l^*$	m	Chiều dài của $p$ bước cực
$l/3$	m	Khoảng cách giữa trục dây quấn của 2 pha khác nhau
$L_{sa}, \Phi_{sa}, \psi_{sa}, B_{sa}$	H, Wb, Tesla	Điện cảm tự cảm, từ thông móc vòng qua 1 vòng dây, từ thông móc vòng qua 1 pha, mật độ từ thông do dòng điện chảy qua pha $a$ sinh ra
$B, B_p$	Wb/m <sup>2</sup> (Tesla)	Mật độ từ thông nói chung, mật độ từ thông do thành phần nam châm vĩnh cửu của bộ phận thứ cấp trong ĐCTT sinh ra
$B_{sm}, B_{pm}$	Wb/m <sup>2</sup> (Tesla)	Mật độ từ thông tại vị trí đạt giá trị lớn nhất do thành phần sơ cấp và thứ cấp sinh ra
$\Psi_p$	Wb	Từ thông do nam châm vĩnh cửu của bộ phận thứ cấp trong ĐCTT sinh ra
$N$		Số vòng dây của mỗi pha
$f_s$		Tần số mạch điện stator
$i_{rd}, i_{rq}, i_{sd}, i_{sq}$ tọa độ $dq$		Các thành phần dòng rotor, stator thuộc hệ



<b>Chữ viết tắt</b>	<b>Ý nghĩa</b>
TTHCX	Tuyến tính hoá chính xác
ĐB-KTVC	Đồng bộ - kích thích vĩnh cửu
ĐCD	Điều chỉnh dòng
ĐC, ĐK	Động cơ, điều khiển
TKTT	Tách kênh trực tiếp
PHTT	Phản hồi trạng thái
TĐTT	Tọa độ trạng thái
VĐK	Vi điều khiển
SVM	Điều chế vectơ không gian
MIMO	Multiinput – multioutput
ĐCTT	Động cơ tuyến tính
T4R	Tựa từ thông rotor

## MỤC LỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Từ trường là nam châm vĩnh cửu xếp liên tiếp nhau

Hình 1.2 Mạch từ gồm 36 rãnh

Hình 1.3 Dây quấn động cơ

Hình 1.4 Chiều chuyển động của từ trường và của phần động

Hình 1.5 Hệ chuyển động thẳng trực tiếp sử dụng ĐCTT loại ĐB - KTVC

Hình 1.6 Hình ảnh ĐCTT thu được khi trải dài động cơ quay tròn

Hình 1.7 Vận tốc tối ưu cho động cơ

Hình 1.8 Máy tiện TAKISAWA TNR200-CNC

Hình 1.9 Máy phay CNC

Hình 1.10 Máy bào giường

Hình 1.11 Nguyên lý máy bào giường

Hình 1.12 Đồ thị tốc độ cho một chu kỳ

Hình 1.13 Máy mài tròn ngoài

Hình 1.14 Máy mài tròn trong

Hình 1.15 Máy mài phẳng

Hình 1.16 Máy bào phẳng CNC

Hình 2.1 Xây dựng vector không gian dòng stator từ các đại lượng pha

Hình 2.2 Biểu diễn dòng điện stator dưới dạng vector không gian trên hệ tọa độ  $\alpha\beta$

Hình 2.3 Vector dòng stator trên 3 hệ tọa độ  $\alpha\beta$ ,  $ab$  và  $dq$

Hình 2.4 Chuyển hệ tọa độ cho vector không gian bất kỳ  $\underline{V}$

Hình 2.5 Mô tả ảnh hưởng của hiệu ứng đầu cuối đối với ĐCTT loại KĐB.

Hình 2.6 (a. Cấu trúc ĐCTT loại ĐB - KTVC, b. Mạch từ tương đương mô tả ảnh hưởng của hiệu ứng đầu cuối)