

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

NGUYỄN MINH ĐIỆP

**ỨNG DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID THÍCH NGHI TRONG
ĐIỀU KHIỂN LAI VỊ TRÍ-LỰC CHO TAY MÁY**

Chuyên ngành: Tự động hóa

Mã số: 60.52.60

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng, Năm 2012

Công trình được hoàn thành tại

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: **TS. NGUYỄN HOÀNG MAI**

Phản biện 1: **TS. NGUYỄN ĐỨC THÀNH**

Phản biện 2: **TS. VÕ NHƯ TIẾN**

Luận văn được bảo vệ tại Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 9 tháng 6 năm 2012

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng.

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Ngày nay trên thế giới không có công nghệ nào phát triển nhanh và mạnh như kỹ thuật robot. Robot sẽ trở thành một trong những động lực quan trọng nhất của sự phát triển kỹ thuật. Ở nước ta, là một nước đang trong giai đoạn công nghiệp hóa hiện đại hóa đất nước, việc ứng dụng robot công nghiệp là không thể thiếu.

Robot đã và đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Tay máy được dùng chủ yếu trong các công việc như: Gắp vật liệu, hàn, lắp ráp, sơn,... Các công việc này thường yêu cầu tay máy phải có độ chính xác cao, lặp lại và thực hiện nhanh.

Hiện nay có nhiều phương pháp điều khiển tự động nhưng phương pháp điều khiển kinh điển PID vẫn đóng vai trò quan trọng. Tuy nhiên với tay máy là đối tượng có tính phi tuyến mạnh, việc sử dụng phương pháp đơn thuần PID sẽ cho các chỉ tiêu chất lượng quá độ không tốt, chịu nhiễu kém và dễ mất ổn định. Do đó, việc nghiên cứu và ứng dụng các thuật toán điều khiển hiện đại nhằm điều khiển chính xác và loại bỏ các tác động không mong muốn trong quá trình điều khiển tay máy luôn thu hút được sự quan tâm, nghiên cứu của các nhà khoa học.

Với các lý do trên, tác giả đã lựa chọn đề tài “*Ứng dụng bộ điều khiển PID thích nghi trong điều khiển lai vị trí-lực cho tay máy*” làm đề tài nghiên cứu với mong muốn đáp ứng ngõ ra và các đặc tính của hệ thống điều khiển thỏa mãn các yêu cầu đã đề ra.

2. Mục đích nghiên cứu

Mục đích nghiên cứu đề tài này là nhằm đánh giá mức độ ưu việt của bộ điều khiển PID thích nghi so với bộ điều khiển PID

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu và xây dựng điều khiển PID thích nghi để điều khiển lai vị trí-lực cho tay máy robot và áp dụng mô phỏng thuật toán điều khiển này trên mô hình tay máy 2 bậc tự do.

4. Phương pháp nghiên cứu

- + Nghiên cứu lý thuyết.
- + Mô hình thực nghiệm: Mô phỏng trên Matlab và Simulink.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- Ứng dụng để điều khiển lai vị trí-lực cho tay máy 2 DOF.
- Nâng cao được chất lượng điều khiển đối với điều khiển tay máy robot. Góp phần ứng dụng robot ngày càng phổ biến ở nước ta.

6. Cấu trúc của luận văn

Nội dung luận văn bao gồm 4 chương, trong đó:

Chương 1: Tổng quan tay máy robot. Chương này giới thiệu tổng quan về sự phát triển và thành phần cấu tạo chính tay máy robot

Chương 2: Động lực học của tay máy robot. Chương này giới thiệu động lực học lai vị trí-lực tay máy robot và mô hình thuật toán của động cơ điện một chiều (DMC)

Chương 3: Cơ sở lý thuyết điều khiển PID thích nghi và thiết kế bộ điều khiển PID thích nghi điều khiển lai vị trí-lực cho tay máy robot 2 bậc tự do. Chương này giới thiệu cơ sở lý thuyết các bộ điều khiển kinh điển, thích nghi và thiết kế bộ điều khiển PID thích nghi

Chương 4: Mô phỏng hệ thống và kết luận

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN TAY MÁY ROBOT

1.1. Lịch sử phát triển

1.2. Các định nghĩa

Định nghĩa theo RIA (Robot Institute of America)

Định nghĩa theo tiêu chuẩn AFNOR (Pháp)

Định nghĩa theo Γ OCT 25686-85 (Nga)

1.3. Cấu trúc cơ bản của Robot công nghiệp

1.4. Hệ thống dẫn động

1.5. Hệ thống cảm biến.

1.6. Kết cấu tay máy

1.7. Các phương pháp điều khiển tay máy robot

1.8. Kết luận

Chương này chúng ta tìm hiểu sơ lược về lịch sử phát triển của công nghệ robot, đặc điểm cơ bản của robot và các phương pháp điều khiển robot. Việc điều khiển cánh tay robot luôn là một trong những nhiệm vụ quan trọng đòi hỏi phải thường xuyên được nghiên cứu, phát triển và hoàn thiện theo hướng tối ưu hơn.

CHƯƠNG 2

ĐỘNG LỰC HỌC CỦA TAY MÁY ROBOT

2.1. Phương trình động học của Robot

2.1.1. Phương trình động học thuận của Robot

2.1.1.1. Tham số của thanh nối và khớp

2.1.1.2. Lập bảng thông số (DH) Danevit-Hartenberg

2.1.2. Phương trình động học ngược của Robot

2.1.2.1. Các điều kiện của bài toán động học ngược

2.1.2.2. Lời giải theo phép quay Euler

2.1.2.3. Lời giải của phép quay Roll, Pitch, Yaw

2.2. Phương trình động lực học của robot

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + g(q) = \tau \quad (2.10)$$

(2.10) là phương trình động lực học của tay máy có n-DOF

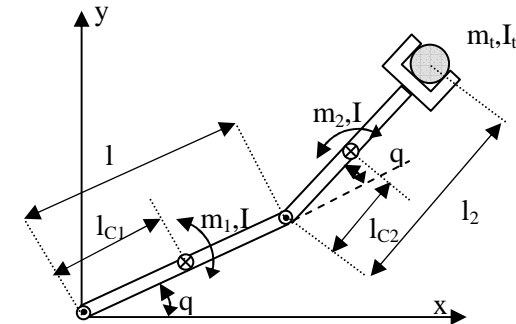
2.2.1. Các tính chất của mô hình động lực học tay máy robot

2.2.1.1. Ma trận quán tính $M(q)$

2.2.1.2. Ma trận lực ly tâm và lực Coriolis

2.2.1.3. Vector moment trọng lực

2.2.2. Mô hình động lực học cho tay máy hai bậc tự do



Hình 2.3: Cấu trúc động học của tay máy hai bậc tự do

2.2.2.1. Động học thuận

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \phi(q_1, q_2) \quad (2.23)$$

Với tay máy robot 2 DOF, mô hình động học được cho bởi:

$$\begin{aligned} x &= l_1 \cos(q_1) + l_2 \cos(q_1 + q_2) \\ y &= l_1 \sin(q_1) + l_2 \sin(q_1 + q_2) \end{aligned} \quad (2.24)$$

2.2.2.2. Động học ngược

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{bmatrix} = \phi^{-1}(x, y) \quad (2.27)$$

2.2.2.3. Động lực học tay máy hai bậc tự do

Hàm Lagrange của tay máy robot đã cho hình 2.3, được xác định bởi:

$$L(q, \dot{q}) = K(q, \dot{q}) - P(q)$$

Phương trình Lagrange-Euler chính là lực tổng quát tác động lên khâu thứ i . Lực tổng quát chính là moment τ được xác định bởi:

$$\tau_i = \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial L(q, \dot{q})}{\partial \dot{q}} \right] - \frac{\partial L(q, \dot{q})}{\partial q}; i = 1; 2$$

Chọn hệ trục toạ độ Oxy như trên hình 2.3. Ta sẽ tính được mô men lực khớp 1 và khớp 2

Mô hình trạng thái của tay máy robot:

$$\begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} \ddot{q} + \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} \dot{q} + \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \end{bmatrix} = \tau$$

2.3. Điều khiển lai vị trí-lực tay máy

2.3.1. Tổng quan điều khiển lai vị trí-lực tay máy robot

2.3.2. Điều khiển lai vị trí-lực tay máy 2 bậc tự do

Phương trình động lực học lai vị trí-lực tay máy [8]:

$$\tau = M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) + D(\dot{q}) + J^T(q)f \quad (2.47)$$

Mô men ngoại lực tác dụng vào tay máy có phương trình động lực sau [8]:

$$\tau_f = J^T(q)f \quad (2.48)$$

$J(q)$ được xác định (2.25)

2.4. Động cơ điện một chiều trong điều khiển tay máy robot

2.4.1. Mô tả toán học động cơ điện một chiều

2.4.1.1. Chế độ xác lập của động cơ điện một chiều

2.4.1.2. Chế độ quá độ của động cơ điện một chiều

2.4.2. Các hàm truyền

2.4.2.1. Hàm truyền bộ chỉnh lưu

2.4.2.2. Hàm truyền bộ biến dòng đo lường

2.4.2.3. Hàm truyền máy phát tốc

2.4.2.4. Hàm truyền bộ cảm biến vị trí

2.4.2.5. Bảng thông số động cơ

2.5. Kết luận chương 2

Trong chương này tác giả đã nghiên cứu lý thuyết động lực học của robot công nghiệp cùng như mô hình thuật toán của động cơ điện một chiều và áp dụng cho robot hai bậc tự do.

Nghiên cứu động lực học robot là công việc cần thiết khi phân tích cũng như tổng hợp quá trình điều khiển chuyển động để đưa ra các phương trình động lực học lai vị trí-lực tay máy. Từ đó giải phương trình động lực học đưa ra mô hình trạng thái tay máy. Kết quả tìm được sẽ được mô phỏng tay máy trong chương 4.

CHƯƠNG 3
CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN PID THÍCH NGHI
VÀ THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID THÍCH NGHI
ĐIỀU KHIỂN LAI VỊ TRÍ-LỰC CHO TAY MÁY ROBOT
2 BẬC TỰ DO

3.1. Tổng quan

3.2. Các bộ điều khiển kinh điển

3.2.1. Bộ điều khiển tỉ lệ sai lệch (PE: Proportional Error)

3.2.2. Bộ điều khiển tỉ lệ đạo hàm (PD: Proportional Derivative)

3.2.3. Bộ điều khiển tỉ lệ – tích phân – đạo hàm (PID: Proportional – Integral - Derivative)

3.2.4. Bộ điều khiển tính mô men (Computed - Torque Controller)

3.3. Điều khiển thích nghi

3.3.1. Giới thiệu chung

3.3.2. Hệ thống điều khiển thích nghi tự chỉnh

3.3.3. Hệ thống điều khiển thích theo mô hình mẫu

3.3.4. Luật thích nghi

3.3.4.1. Phương pháp hàm nhảy (luật MIT)

3.3.4.2. Gradient và phương pháp bình phương bé nhất dựa trên tiêu chí đánh giá hàm chi phí sai số

3.3.4.3. Hàm Lyapunov

3.4. Thiết kế bộ điều khiển PID thích nghi cho điều khiển lai vị trí-lực cho tay máy robot

Động lực học cho tay máy phi tuyến có dạng:

$$\tau = M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) + D(t) = u \quad (3.9)$$

$D(t) \in R^n$ là nhiễu

Ta có thể viết: $u = M(q)\ddot{q} + k(q, \dot{q})$

Trong đó:

$$k(q, \dot{q}) = C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q)$$

$$a(q, \dot{q}) = -M^{-1}(q)k(q, \dot{q})$$

$$B(q) = -M^{-1}(q)$$

$$\text{Suy ra: } \ddot{q} = a(q, \dot{q}) + B(q)u + D(t) \quad (3.10)$$

Xét hệ thống phi tuyến biểu diễn phương trình trạng thái của tay máy (3.10):

Trong đó $u \in R^n$ là vector các lực tổng quát

Giả thuyết rằng [6]:

$$\left. \begin{aligned} \|a\| &\leq A \\ \|B^{-1}\| = \|H\| &\leq h_m \\ \|d\| &\leq D \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

Gọi $q_d \in R^n$ là vector quỹ đạo mong muốn, $e = q_d - q$; $\dot{e} = \dot{q}_d - \dot{q}$ là vector sai lệch bám và đạo hàm của chúng.

Chọn $\sigma_i = C_i e_i + \dot{e}_i$

Trong đó $C = \text{diag}(C_1, C_2, \dots, C_n)$; $C_i \in R$; $C_i > 0$; $i = 1, \dots, n$

Chọn $u = K \text{sgn}(\sigma)$ (3.12)

Trong đó $K = \text{diag}(K_1, K_2, \dots, K_n)$; $K_i = K > 0$; $i = 1, \dots, n$

$$\text{sgn}(\sigma) = [\text{sgn}(\sigma_1), \text{sgn}(\sigma_2), \dots, \text{sgn}(\sigma_n)]^T$$

Cho hệ thống (3.10) thỏa mãn giả thiết (3.11) với u chọn theo (3.12), trong đó: $K = H(A + D + \eta + \|C\dot{e} + \ddot{q}_d\|)$; $\eta > 0$ thì sai lệch bám của hệ thống e sẽ hội tụ về 0.

Chứng minh:

Đạo hàm của σ là: $\dot{\sigma} = C\dot{e} + \ddot{q}_d - \ddot{q}$

$$\sigma = Ce + q_d - a(q, \dot{q}) - B(q)K \operatorname{sgn}(\sigma) - d(t)$$

Chọn, $V_1 = \frac{1}{2} \sigma^T \sigma \geq 0$ $\dot{V}_1 = \sigma^T \cdot \dot{\sigma} = \sigma^T (C\dot{e} + \ddot{e})$

$$\dot{V}_1 = \sigma^T \cdot \dot{\sigma} = \sigma^T [C\dot{e} + \ddot{q}_d - a(q, \dot{q}) - B(q)K \operatorname{sgn}(\sigma) - d(t)]$$

$$\dot{V}_1 = \sigma^T B(q) [B^{-1}(C\dot{e} + \ddot{q}_d - a(q, \dot{q}) - d(t)) - K \operatorname{sgn}(\sigma)]$$

$$\dot{V}_1 \leq \sigma^T B(q) \operatorname{sgn}(\sigma) [H(\|C\dot{e} + \ddot{q}_d\| + \|a(q, \dot{q})\| + \|d(t)\|) - K]$$

Rõ ràng $\dot{V}_1 \leq 0$ nếu $K \geq H(A + D + \eta + \|C\dot{e} + \ddot{q}_d\|)$ với η là một hằng số dương nhỏ bất kỳ.

Theo tiêu chuẩn ổn định Lyapunov thì: $V_1 = \frac{1}{2} \sigma^T \sigma \geq 0$

có $\dot{V}_1 \leq 0$, sẽ đảm bảo hệ thống có $\sigma \rightarrow 0$.

Khi $\sigma = 0 = Ce + \dot{e}$ tương đương với $C_i e_i + \dot{e}_i = 0; i = 1, \dots, n$

Với $C_i > 0$ thì $e_i \rightarrow 0$ khi $t \rightarrow \infty$ mà tốc độ hội tụ phụ thuộc vào giá trị của C_i .

Từ cách chứng minh như trên ta thấy rằng $e \rightarrow 0$ khi $\dot{e} \rightarrow 0$ và \ddot{q}_d có giới hạn vì tính chất vật lý của hệ thống nên có thể tìm được một hằng số E sao cho:

$$\|C\dot{e} + \ddot{q}_d\| \leq E. \quad (3.13)$$

Từ đó ta có thể chọn $K = (A + D + \eta + E)h_m$ là hằng số.

Hệ quả: Cho hệ thống (3.10) với giả thiết (3.11), (3.13) thỏa mãn, u chọn theo (3.12), Trong đó: $K = (A + D + \eta + E)h_m = K_{const}$ (3.14) thì sai lệch bám của hệ thống e sẽ hội tụ về 0.

Từ luật điều khiển (3.12), ta thấy hàm $\operatorname{sgn}(\sigma)$ sẽ gây ra sự thay đổi của u từ $+K$ sang $-K$ một cách rất nhanh khi $\sigma \approx 0$ [6]. Điều này trong thực tế sẽ làm cho u_{dk} thay đổi nhanh giữa $\pm K$, làm động cơ mau hư. Ta làm mềm u bằng cách thay dấu signum bằng hàm bão hòa sat. Khi thay hàm signum bằng hàm tỉ lệ - tích phân- đạo hàm (PID) bão hòa, ta có thể khử chattering cho các tín hiệu điều khiển mà không gây ra sự sai lệch trong hoạt động của hệ thống [1].

Như vậy $u = K_{const} \cdot \operatorname{sat}(\sigma/\phi)$

$$\text{Hay } u = \begin{cases} -K_{const} & \text{khi } \sigma < -\phi \\ K_{const} \cdot \frac{\sigma}{\phi} = \frac{K_{const}}{\phi} \cdot C \cdot e + \frac{K_{const}}{\phi} \cdot \dot{e} & \text{khi } -\phi \leq \sigma \leq \phi \\ K_{const} & \text{khi } \sigma > \phi \end{cases}$$

Luật điều khiển được làm mềm hoá này thực chất là một bộ điều khiển PD với $K_p = \frac{K_{const}}{\phi} \cdot C$ và $K_D = \frac{K_{const}}{\phi}$

Vì bộ điều khiển là khâu PD để điều khiển một đối tượng phi tuyến, nên luôn luôn tồn tại sai lệch e. Trên quỹ đạo pha của sai lệch (e, \dot{e}) , hệ thống sẽ hội tụ lại một vùng quanh gốc tọa độ của $(e=0, \dot{e}=0)$. Rõ ràng một khâu I được đưa vào bộ điều khiển PD có thể làm sai lệch $e \rightarrow 0$. Từ đó ta có thể xây dựng một luật điều khiển PID như sau:

$$u = \begin{cases} -K_{const} & \text{khi } \sigma < -\phi \\ \frac{K_{const}}{\phi} \cdot C \cdot e + \frac{K_{const}}{\phi} \cdot \dot{e} + I \int_0^t \frac{\sigma}{\phi} dt & \text{khi } -\phi \leq \sigma \leq \phi \\ K_{const} & \text{khi } \sigma > \phi \end{cases}$$

Hay

$$u = \begin{cases} -K_{const} & \text{khi } \sigma < -\varphi \\ \frac{K_{const} \cdot C + I}{\varphi} \cdot e + \frac{K_{const}}{\varphi} \cdot \dot{e} + \frac{C \cdot I}{\varphi} \int_0^t e dt & \text{khi } -\varphi \leq \sigma \leq \varphi \\ K_{const} & \text{khi } \sigma > \varphi \end{cases} \quad (3.15)$$

Ở đây: $K_p = \frac{K_{const} \cdot C + I}{\varphi}; K_i = \frac{C \cdot I}{\varphi}; K_D = \frac{K_{const}}{\varphi}$

Từ kết quả thiết kế và xây dựng luật điều khiển PID thích nghi tổng quát như trên, tác giả áp dụng cho tay máy 2 bậc tự do

Khớp 1: Luật điều khiển PID thích nghi K_p, K_i, K_D

$$K_{p1} = \frac{K_{const} \cdot C_i + I_i}{\varphi_i}; K_{i1} = \frac{C_i \cdot I_i}{\varphi_i}; K_{D1} = \frac{K_{const}}{\varphi_i}; i = 1 \div 3$$

Khớp 2: Luật điều khiển PID thích nghi K_p, K_i, K_D

$$K_{p2} = \frac{K_{const} \cdot C_i + I_i}{\varphi_i}; K_{i2} = \frac{C_i \cdot I_i}{\varphi_i}; K_{D2} = \frac{K_{const}}{\varphi_i}; i = 1 \div 3$$

3.5. Kết luận chương 3

Chương này giới thiệu các bộ điều khiển kinh điển và điều khiển hiện đại cho tay máy robot. Áp dụng để thiết kế bộ điều khiển PID thích nghi cho tay máy robot. Qua đó xác định đây là một phương pháp khoa học để lựa chọn và tính được các hệ số K_p, K_i, K_D thông qua các thông số K_{const}, C, I và φ . Điều này sẽ được chứng minh bằng mô phỏng trong chương 4.

CHƯƠNG 4

MÔ PHỎNG HỆ THỐNG VÀ KẾT LUẬN

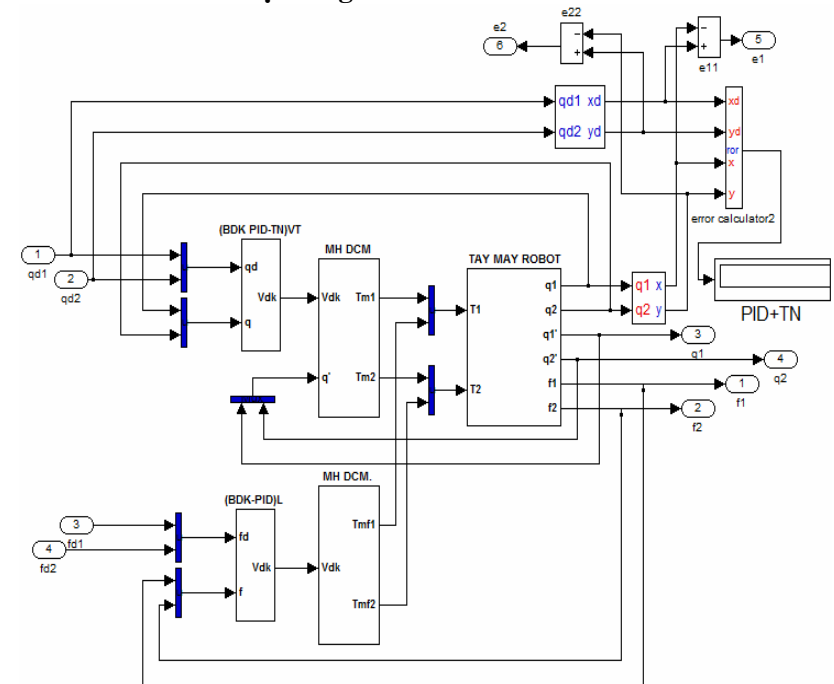
4.1. Mô hình hóa tay máy robot

4.2. Mô hình hóa động cơ điện một chiều

4.3. Mô hình hóa bộ điều khiển PID thích nghi với các tham số

thích nghi là $K_{p_i} = \frac{K_{const} \cdot C_i + I_i}{\varphi_i}; K_{i_i} = \frac{C_i \cdot I_i}{\varphi_i}; K_{D_i} = \frac{K_{const}}{\varphi_i}$

4.4. Mô hình hóa hệ thống

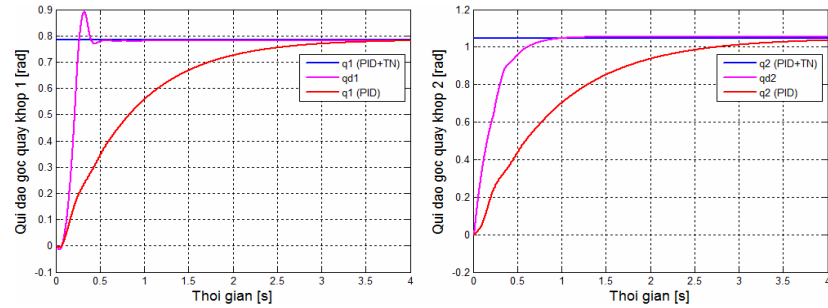


Hình 4.4: Sơ đồ mô hình hóa dùng bộ điều khiển PID thích nghi điều khiển lại vị trí-lực cho tay máy 2 DOF

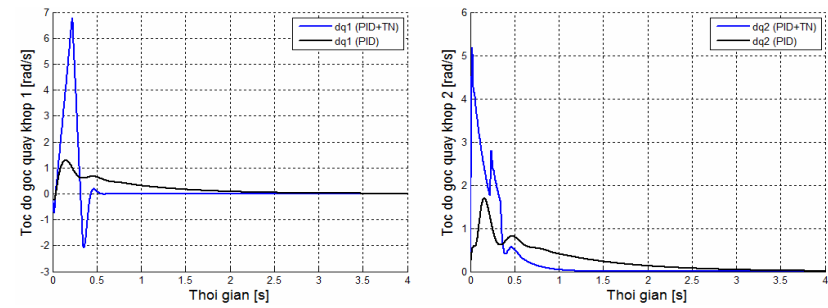
4.5. Kết quả mô phỏng và phân tích nhận xét

4.5.1. Kết quả mô phỏng so sánh giữa bộ điều khiển PID thích nghi và PID

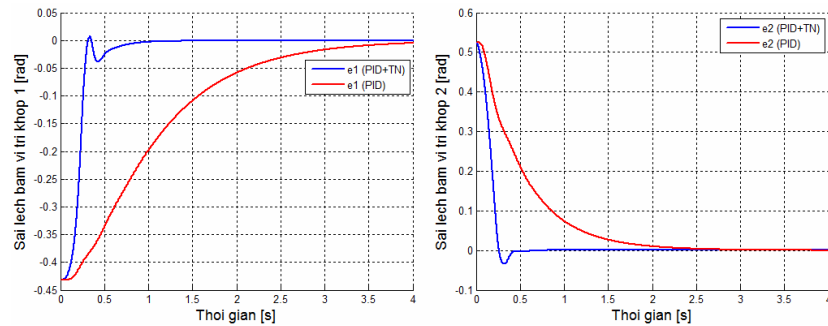
Khi có tải với vị trí góc $q_{d1}=\pi/4(\text{rad})$, $q_{d2}=\pi/3(\text{rad})$ và lực đặt $f_{d1}, f_{d2}=\text{const}$



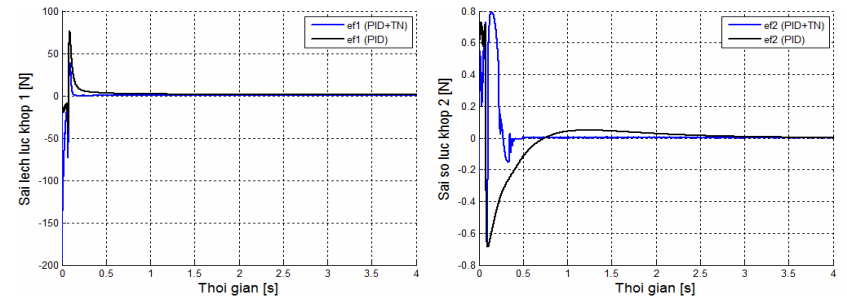
Hình 4.8: Quỹ đạo theo góc quay q_1, q_2



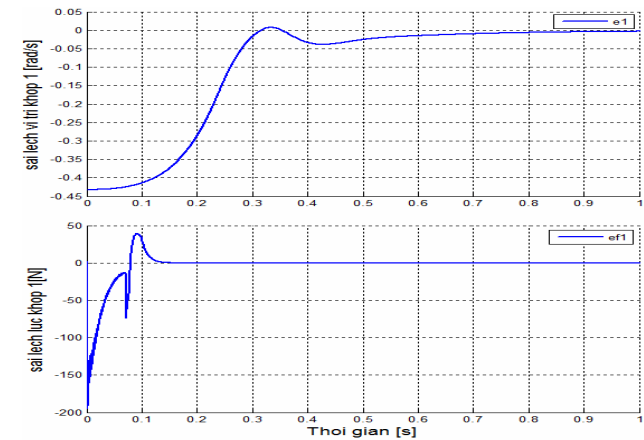
Hình 4.9: Sai lệch vận tốc góc quay q_1, q_2



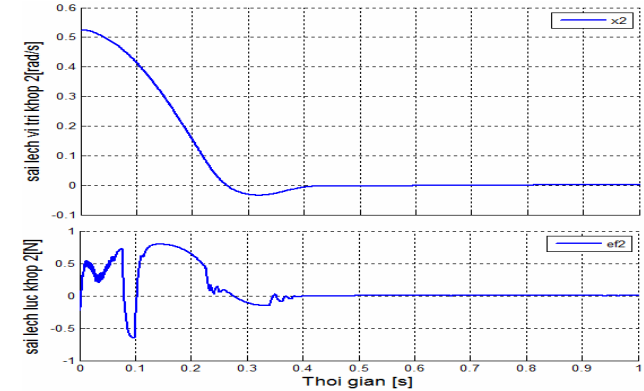
Hình 4.10: Sai lệch bám vị trí khớp 1,2



Hình 4.11: Sai lệch bám lực khớp 1,2



Hình 4.12: Sai lệch lại vị trí-lực khớp 1(PID-TN)



Hình 4.13: Sai lệch lại vị trí-lực khớp 2(PID-TN)

Bảng 4.1: Bảng số liệu mô phỏng PID thích nghi và PID

Bộ Điều Khiển	Khớp i	Sai lệch tĩnh	Thời gian xác lập
		Vị trí	Vị trí
PID-TN	Khớp 1	-0.1047	1
	Khớp 2	0.08324	0.4
PID	Khớp 1	-0.4883	4.1
	Khớp 2	0.2854	2.7

Nhận xét:

Từ bảng số liệu và kết quả mô phỏng hiển thị trên đồ thị hình 4.8, hình 4.9, hình 4.10, hình 4.11, hình 4.12, hình 4.13 ta thấy:

*) Về sai lệch góc quay: Hình 4.8, hình 4.10

- Bộ điều khiển PID-TN: Có sự dao động nhỏ và thời gian bám tới quỹ đạo đặt nhanh hơn so với bộ điều khiển PID.

- Bộ điều khiển PID: Dao động lớn và thời gian tiến tới xác lập hay thời gian bám theo quỹ đạo đặt chậm

*) Về sai lệch vận tốc góc quay: Hình 4.9

- Bộ điều khiển PID-TN: Mặc dầu thời gian đầu có sự dao động nhưng thời gian tiến đến xác lập nhanh hơn bộ điều khiển PID.

- Bộ điều khiển PID: Dao động ít nhưng thời gian tiến tới xác lập chậm hơn bộ PID-TN.

*) Về sai lệch lực: Hình 4.11

So với bộ PID thì bộ PID-TN có thời gian đến xác lập cao hơn. Tuy nhiên ở khớp 2 sự dao động của bộ PID-TN có phần lớn.

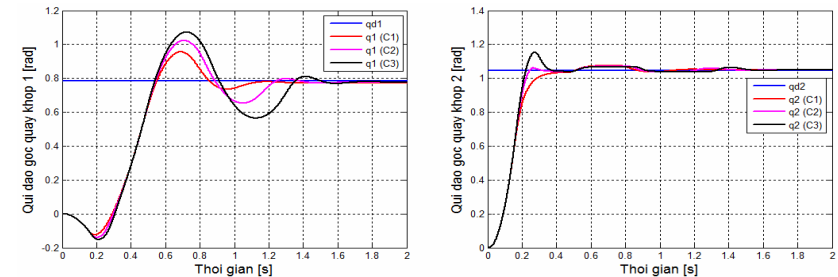
*) Về sai lệch vị trí-lực: Hình 4.12, hình 4.13

Nhìn vào đồ thị ta thấy: Trong cùng thời gian điều khiển, khi vị trí góc quay ở chế độ quá độ thì lực của tác dụng theo chế độ quá độ

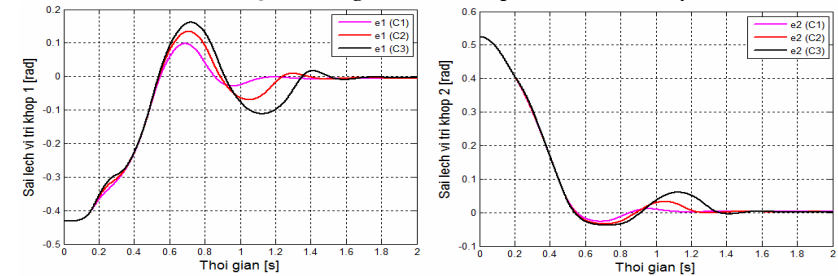
của vị trí góc quay. Khi vị trí góc quay đến chế độ xác lập thì lực thôi tác dụng.

4.5.2. Kết quả mô phỏng khi thay đổi các hệ số K_{const} , ϕ , I_b , C_i của bộ điều khiển

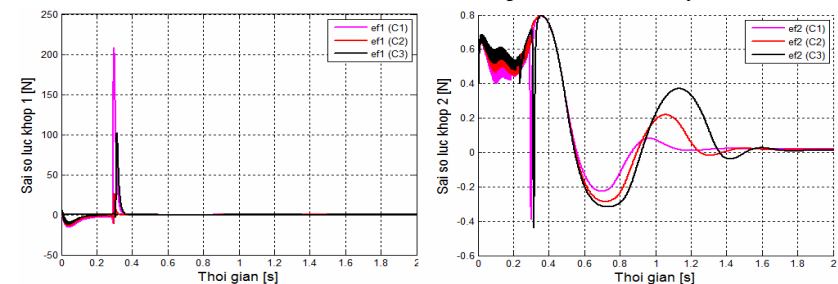
a) Với K_{const} , I , ϕ là hằng số và C_i lần lượt là $C_1 < C_2 < C_3$ ($C_1=20$, $C_2=25$, $C_3=30$)



Hình 4.14: Quỹ đạo góc theo khớp 1,2 khi C_i thay đổi



Hình 4.15: Sai lệch bám vị trí khớp 1,2 khi C_i thay đổi



Hình 4.16: Sai lệch lực khớp 1,2 khi C_i thay đổi

Bảng 4.2: Bảng số liệu mô phỏng PID thích nghi khi C_i thay đổi

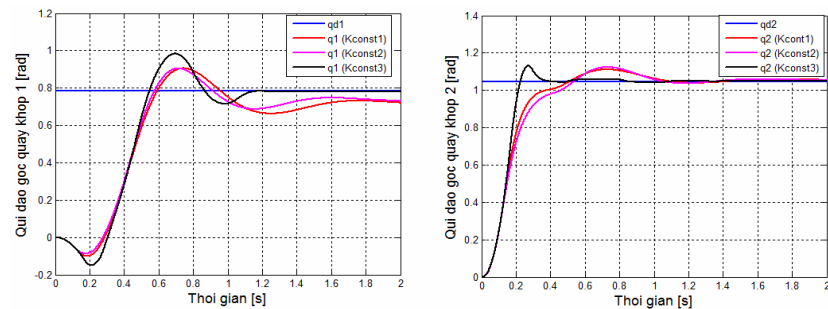
Các tham số		Khớp i	Sai số tĩnh	Thời gian xác lập
$\phi = 0,5$ $K_{const} = 75$ $I = 0,5$	$C_1 = 20$	Khớp 1	-0.1498	1.1
		Khớp 2	0.1646	1.1
	$C_2 = 25$	Khớp 1	-0.1454	1.5
		Khớp 2	0.1661	1.4
	$C_3 = 30$	Khớp 1	-0.1494	1.7
		Khớp 2	0.1731	1.6

Nhận xét:

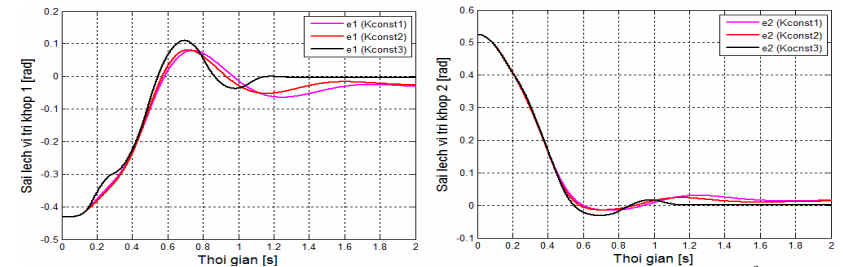
Từ bảng 4.2, hình 4.14, hình 4.15, hình 4.16 ta thấy:

Khi C_i nhỏ quỹ đạo của các khâu bám được quỹ đạo chuẩn nhanh hơn so với C_i lớn hơn, C_i càng lớn sai lệch bám quỹ đạo càng chậm. Đồng thời sai lệch lực cũng tăng theo chiều tăng của C_i . C_i ảnh hưởng đến sự tác động nhanh của hệ.

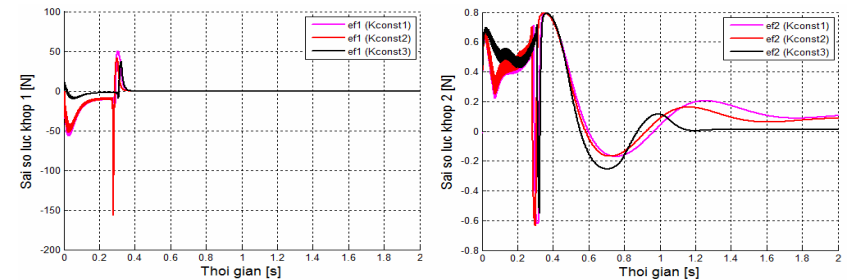
b) Với C, I, ϕ là hằng số và K_{const} lần lượt là $K_{const1} < K_{const2} < K_{const3}$ ($K_{const1}=15, K_{const2}=18, K_{const3}=150$)



Hình 4.17: Qũy đạo góc quay theo khớp 1,2 khi K_{const} thay đổi



Hình 4.18: Sai lệch bám vị trí khớp 1,2 khi K_{const} thay đổi



Hình 4.19: Sai lệch lực khớp 1,2 khi K_{const} thay đổi

Bảng 4.3: Bảng số liệu mô phỏng PID thích nghi khi K_{const} thay đổi

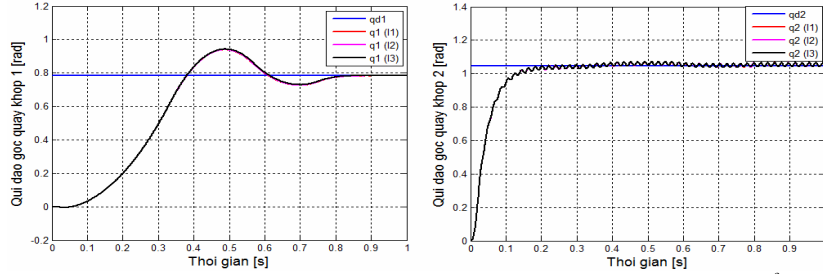
Các tham số		Khớp i	Sai số tĩnh	Thời gian xác lập
$\phi_i = 0,5$ $C_i = 20$ $I_i = 0,5$	$K_{const1} = 15$	Khớp 1	-0.188	1.15
		Khớp 2	0.1851	1.15
	$K_{const2} = 18$	Khớp 1	-0.18	1.8
		Khớp 2	0.1797	1.5
	$K_{const3} = 150$	Khớp 1	-0.1453	2.2
		Khớp 2	0.1645	2

Nhận xét: Từ bảng 4.3, hình 4.17, hình 4.18, hình 4.19 ta thấy:

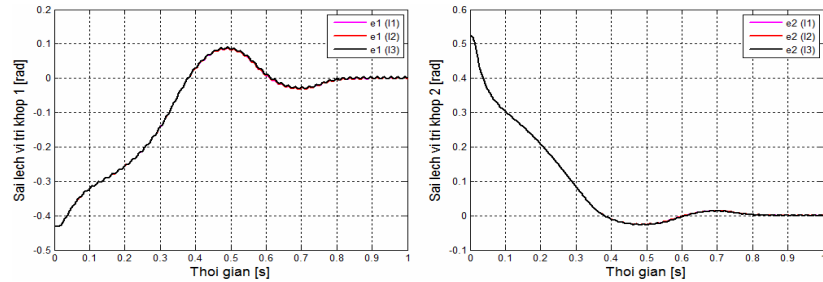
Khi K_{const} lớn hệ có dao động bám theo quỹ đạo tốt hơn khi K_{const} nhỏ. Khi K_{const} càng nhỏ thì xu hướng lệch quỹ đạo chuyển động càng lớn. K_{const} lớn cũng làm cho tín hiệu điều khiển có sự thay

đổi của u rất nhanh. K_{const} nhỏ làm cho sai số lực bám theo lực đặt lớn. Tóm lại K_{const} ảnh hưởng đến sự ổn định của hệ.

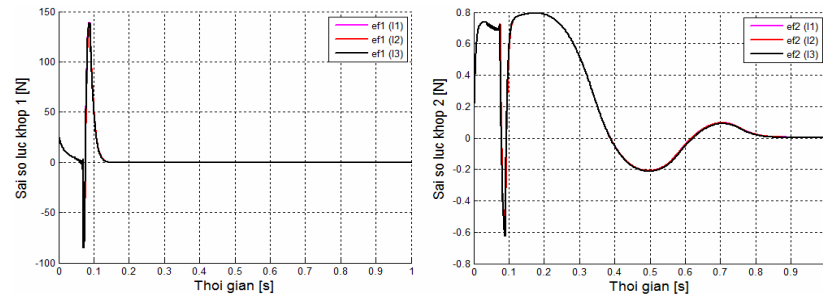
c) Với C, K_{const}, ϕ là hằng số và I_i lần lượt là $I_1 < I_2 < I_3$ ($I_1=0.01, I_2=0.8, I_3=5$)



Hình 4.20: Quỹ đạo góc quay theo khớp 1,2 khi I_i thay đổi



Hình 4.21: Sai lệch bám vị trí khớp 1,2 khi I_i thay đổi



Hình 4.22: Sai lệch lực khớp 1,2 khi I_i thay đổi

Bảng 4.4: Bảng số liệu mô phỏng PID thích nghi khi I_i thay đổi

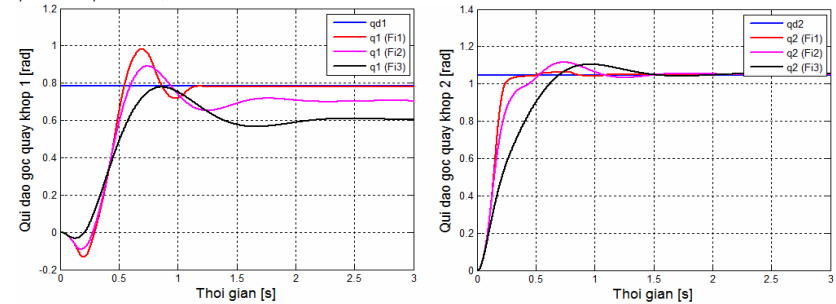
Các tham số		Khớp i	Sai số tĩnh	Thời gian xác lập
$\phi = 0,08$ $K_{const} = 500$ $C = 25$	$I_1 = 0.01$	Khớp 1	-0.08438	0.85
		Khớp 2	0.08089	0.85
	$I_2 = 0.8$	Khớp 1	-0.08421	0.85
		Khớp 2	0.08083	0.85
	$I_3 = 5$	Khớp 1	-0.0833	0.85
		Khớp 2	0.08054	0.85

Nhận xét:

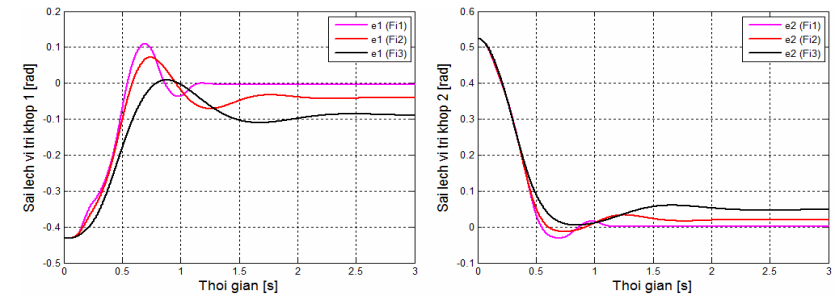
Từ bảng 4.4 và hình 4.20, hình 4.21, hình 4.22 ta thấy:

I_i ít ảnh hưởng nhiều đến sự ổn định của hệ thống

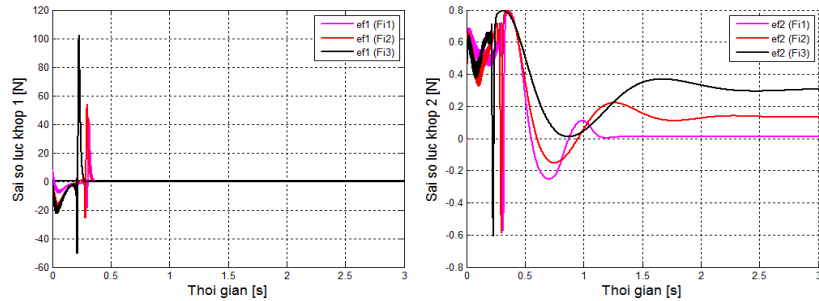
d) Với C_i, K_{const}, I_i là hằng số và ϕ_i lần lượt là $\phi_1 < \phi_2 < \phi_3$ ($\phi_1=0.5, \phi_2=5, \phi_3=10$)



Hình 4.23: Quỹ đạo bám theo khớp 1,2 khi ϕ_i thay đổi



Hình 4.24: Sai lệch bám vị trí khớp 1,2 khi ϕ_i thay đổi



Hình 4.25: Sai số lực khớp 1,2 khi ϕ_i thay đổi

Bảng 4.5: Bảng số liệu mô phỏng PID thích nghi khi ϕ_i thay đổi

Các tham số		Khớp i	Sai số tĩnh	Thời gian xác lập
$K_{const} = 150$ $C = 20$ $I = 0.5$	$\phi_1 = 0,5$	Khớp 1	-0.1502	1.2
		Khớp 2	0.1656	1.1
	$\phi_2 = 5$	Khớp 1	-0.2405	2.1
		Khớp 2	0.2089	1.8
	$\phi_3 = 10$	Khớp 1	-0.3687	3
		Khớp 2	0.2751	2.7

Nhận xét:

Từ bảng 4.5 và hình 4.23, hình 4.24, hình 4.25 ta thấy:

Khi ϕ_i nhỏ quỹ đạo của các khớp bám được quỹ đạo đặt tốt hơn so với ϕ_i lớn hơn. Sai số lực cũng biến thiên theo, khi ϕ_i nhỏ sai lệch bám quỹ đạo ít nên sai lệch lực cũng ít hơn khi ϕ_i lớn. Khi ϕ_i lớn độ bám quỹ đạo không tốt nên sai lệch lực lớn. Đồng thời ϕ_i lớn tín hiệu điều khiển từ lúc dao động đến lúc ổn định mất thời gian nhiều hơn khi ϕ_i nhỏ. Tóm lại, ϕ_i ảnh hưởng đến mức độ ổn định của hệ thống và sự tác động nhanh của hệ.

e) Nhận xét chung

Kết quả mô phỏng cho thấy: Khi dùng bộ điều khiển PID thích nghi để điều khiển lai vị trí-lực cho tay máy robot thì độ ổn định và tác động nhanh của hệ thống tốt hơn so với dùng bộ điều khiển PID thông thường.

Với kết quả đã chứng minh trong thiết kế bộ điều khiển PID thích nghi ở chương 3

$$K_{Pi} = \frac{K_{const} \cdot C_i + I_i}{\phi_i}; K_{Ii} = \frac{C_i \cdot I_i}{\phi_i}; K_{Di} = \frac{K_{const}}{\phi_i}$$

thì sự hội tụ và sai lệch của hệ thống sẽ thay đổi khi các thông số

$K_{const}, I_i, \phi_i, C_i$ ($i = 1 \div 3$) thay đổi. Cụ thể:

- C_i ảnh hưởng đến sự tác động nhanh của hệ thống. C_i càng lớn sai lệch bám theo quỹ đạo và lực càng chậm.
- K_{const} ảnh hưởng đến sự ổn định của hệ. Khi K_{const} càng nhỏ thì xu hướng lệch quỹ đạo và lực càng lớn. Nếu K_{const} quá nhỏ sẽ làm hệ thống mất ổn định.
- I_i ảnh hưởng không đáng kể đến sự ổn định của hệ thống
- ϕ_i ảnh hưởng đến độ ổn định và sự tác động nhanh của hệ.

4.6. Kết luận chương 4

- Nếu hệ kết hợp bộ điều khiển PID được chỉnh định theo điều khiển thích nghi thì tốc độ đạt đến giá trị đặt nhanh hơn khi hệ chỉ được điều khiển bằng bộ điều khiển PID.

- Trong cùng một thời gian điều khiển, PID thích nghi có khả năng chính xác và đi đến vị trí mong muốn (x_d, y_d) cao hơn hệ chỉ sử dụng bộ điều khiển PID.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Với phạm vi nghiên cứu đã xác định, luận văn tập trung nghiên cứu kết hợp bộ điều khiển PID thích nghi vào việc điều khiển lai vị trí-lực cho tay máy 2 bậc tự do. Qua quá trình thực hiện tác giả nhận thấy rằng việc sử dụng bộ điều khiển PID thích nghi cho hệ thống tự động có nhiều thuận lợi như: Đơn giản, dễ thay đổi và hiệu chỉnh tham số thông qua luật thích nghi PID đã thiết kế sẵn.

Từ những kết quả nghiên cứu lý thuyết. Cụ thể là qua phần mô phỏng bộ điều khiển PID thích nghi cho tay máy 2 bậc tự do ta có những kết luận:

- Nếu hệ kết hợp bộ điều khiển PID với bộ điều khiển thích nghi thì tốc độ đạt đến giá trị đặt nhanh hơn khi hệ chỉ được điều khiển bằng bộ điều khiển PID.

- Trong cùng một thời gian điều khiển (thời gian mô phỏng), hệ kết hợp bộ điều khiển PID với bộ điều khiển thích nghi có khả năng hội tụ đến zero nhanh hơn nhiều so với PID. Điều đó có nghĩa khi sử dụng bộ điều khiển PID thích nghi thì hệ thống sẽ tác động nhanh và ổn định hơn với PID

Như vậy luận văn đã giải quyết được các yêu cầu đặt ra là thiết kế bộ điều khiển PID thích nghi từ đó áp dụng mô phỏng bằng mô hình hóa trên Matlab & Simulink. Qua kết quả mô phỏng ở chương 4 cho phép ta khẳng định rằng phương pháp điều khiển cho đối tượng là phù hợp, có thể áp dụng làm cơ sở nghiên cứu để thiết kế bộ điều khiển mới, góp phần giải quyết những vấn đề trong lĩnh vực điều khiển học hiện nay.

Tuy vậy, trong phạm vi vấn đề đặt ra và thời gian hạn chế, luận văn chưa đề cập và giải quyết nhiều vấn đề liên quan, chẳng hạn như: Việc điều khiển điểm tác động cuối của robot theo quỹ đạo, lực yêu cầu hay vấn đề tối ưu năng lượng trong quá trình dịch chuyển của các khâu, liệu việc sử dụng kết quả nghiên cứu để điều khiển động cơ cho robot n-DOF có tối ưu hay không, kết quả thực nghiệm trên mô hình thực sẽ thế nào,... Đó là những vấn đề mà tác giả cũng mong muốn tiếp tục nghiên cứu trong thời gian tới.