

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

HUỲNH MINH NGOC

**ĐIỀU KHIỂN DỰA VÀO TÍNH THỤ ĐỘNG: CÁC BIẾN THỂ VÀ
ỨNG DỤNG**

Ngành: KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA
Mã số ngành: 9520216

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH - NĂM 2025

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM**

Người hướng dẫn: PGS. TS. Dương Hoài Nghĩa

Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Vĩnh Hảo

Phản biện độc lập:

Phản biện độc lập:

Phản biện:

Phản biện:

Phản biện:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án họp tại

.....

.....

vào lúc giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM
- Thư viện Đại học Quốc gia Tp.HCM
- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp.HCM

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

Tạp chí quốc tế

1. Minh Ngoc Huynh, Hoai Nghia Duong, and Vinh Hao Nguyen, A comparative study of nonlinear control and passivity-based control using neural networks for a bicycle robot, Journal of Robotics and Control (JRC), vol. 6, no. 2, pp. 594-604, March 2025 (Scopus, Q2, IF=0.361).

2. Minh Ngoc Huynh, Hoai Nghia Duong, and Vinh Hao Nguyen, A passivity based control combined with sliding mode control for a DC-DC boost power converter, Journal of Robotics and Control (JRC), vol. 4, no. 6, pp. 780-790, December 2023. (Scopus, Q3, IF=0.28)

Tạp chí trong nước

1. Minh Ngoc Huynh, Hoai Nghia Duong, and Vinh Hao Nguyen, A passivity-based neural control using genetic algorithm for a DC-DC boost power converter, Science and Technology Development Journal – Engineering and Technology, vol. 7, no. 3, pp. 2353-2368, 31 December 2024.

2. Huỳnh Minh Ngọc, Dương Hoài Nghĩa và Nguyễn Vĩnh Hảo, Điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC, Tạp chí Phát triển khoa học và công nghệ - Kỹ thuật và công nghệ, vol. 6, no. 2, pp. 1891-1905, 28 tháng 7 năm 2023.

3. Huỳnh Minh Ngọc, Dương Hoài Nghĩa và Nguyễn Vĩnh Hảo, Điều khiển dựa vào tính thụ động cho robot xe đạp, Tạp chí Phát triển khoa học và công nghệ - Kỹ thuật và công nghệ, vol. 5, no. 2, pp. 1520-1527, 20 tháng 8 năm 2022.

4. Dương Hoài Nghĩa và Huỳnh Minh Ngọc, Điều khiển tuyến tính hóa vào-ra robot xe đạp, Tạp chí khoa học giáo dục kỹ thuật, số 61/2020, trang 33-39, tháng 12 năm 2020.

Kỷ yếu hội nghị quốc tế

1. Duong Hoai Nghia, Minh Ngoc Huynh, and Vinh Hao Nguyen, A robust passivity-based control using genetic algorithm for a DC-DC boost power converter, in 2024 13th International Conference on Control, Automation and Information Science (ICCAIS), Ho Chi Minh City, Vietnam, 26-28 November 2024, pp. 1-6 (Scopus).

CHƯƠNG 1 MỞ ĐẦU

1.1 Mở đầu

1.1.1 Tổng quan tình hình nghiên cứu

1.1.2 Lý do chọn đề tài

1.2 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu sinh chọn đối tượng phi tuyến là robot xe đạp, hệ có hai ngõ vào và hai ngõ ra, và bộ biến đổi công suất boost DC-DC, hệ có một ngõ vào một ngõ ra.

Phạm vi nghiên cứu: đối với bộ biến đổi công suất boost DC-DC, điện trở tải R được xét là thuần trở; điện áp vào E có thể thay đổi, điện trở tải R thay đổi và điện áp mong muốn V_d thay đổi. Đối với xe đạp, phương trình trạng thái được xác định khi bỏ qua chuyển động trượt của các bánh xe.

1.3 Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu của luận án nghiên cứu phương pháp điều khiển dựa vào tính thụ động và các biến thể của nó và áp dụng vào các đối tượng phi tuyến là robot xe đạp và bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

i) Điều khiển dựa vào tính thụ động và phương pháp thụ động hóa hệ thống

- Có thể ổn định hóa hệ thống thụ động dùng luật hồi tiếp tĩnh và tối ưu hóa tham số của bộ điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền.

- Nghiên cứu tính bền vững của hệ thống điều khiển dựa vào tính thụ động, sau đó tối ưu hóa tham số bộ điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng giải thuật di truyền.

- Nghiên cứu phương pháp thụ động hóa hệ thống.

ii) Điều khiển logic mờ và điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động

- Xây dựng bộ điều khiển mờ dựa vào tính thụ động cho đối tượng phi tuyến.

- Xây dựng bộ điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa trọng số của mạng nơron dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC (cách 1). Xây dựng một giải thuật huấn luyện mạng nơron truyền thẳng và điều khiển nơron cho đối tượng phi tuyến dùng giải thuật này (cách 2).

iii) Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp các phương pháp điều khiển phi tuyến khác

- Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt và áp dụng cho đối tượng phi tuyến.

- Nghiên cứu phát triển giải thuật cuốn chiếu cho hệ thống điều khiển dựa vào tính thụ động.

-Điều khiển PI dựa vào tính thụ động.

iv)Kết quả mô phỏng được thực hiện bằng MATLAB/Simulink.

1.4 Nội dung nghiên cứu

Từ mục tiêu nghiên cứu trên, luận án đề ra định hướng các nội dung nghiên cứu cụ thể như sau và áp dụng vào đối tượng phi tuyến là robot xe đạp và bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

i)Điều khiển dựa vào tính thụ động và phương pháp thụ động hóa hệ thống

- Áp dụng điều khiển dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

- Tối ưu hóa tham số của bộ điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền và áp dụng cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

- Áp dụng điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng hàm Lyapunov và sau đó tối ưu hóa tham số bộ điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng giải thuật di truyền dùng mã hóa thập phân, và áp dụng cho đối tượng bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

- Nghiên cứu phương pháp thụ động hóa hệ thống và áp dụng cho robot xe đạp.

iii)Điều khiển logic mờ và điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động

- Thực hiện bộ điều khiển mờ dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa tham số hàm thành viên của bộ điều khiển mờ dùng giải thuật di truyền và áp dụng cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

- Thực hiện bộ điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa trọng số của mạng nơron dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC (cách 1). Một giải thuật huấn luyện mạng nơron truyền thẳng bằng cách cực tiểu hóa tiêu chuẩn điều khiển [85] được trình bày và điều khiển nơron cho robot xe đạp dùng giải thuật này (cách 2).

iii)Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp các phương pháp điều khiển phi tuyến khác

- Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt sao cho điều kiện ổn định được đảm bảo và áp dụng cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC và robot xe đạp.

- Thực hiện giải thuật điều khiển cuộn chiều kết hợp với điều khiển dựa vào tính thụ động và áp dụng cho đối tượng robot xe đạp.

- Điều khiển PI dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa tham số bộ điều khiển PI dựa vào tính thụ động được áp dụng cho robot xe đạp dùng giải thuật di truyền.

iv) Kết quả mô phỏng được thực hiện bằng MATLAB/Simulink.

1.5 Đóng góp của luận án về mặt khoa học và thực tiễn

Luận án thực hiện: Điều khiển dựa vào tính thụ động: các biến thể và ứng dụng. Đối tượng áp dụng là robot xe đạp và bộ biến đổi công suất boost DC-DC. Luận án có các đóng góp như sau:

1/Điều khiển dựa vào tính thụ động và phương pháp thụ động hóa hệ thống

a/ Luận án đã chứng minh bộ biến đổi boost DC-DC ở hệ (2-7) là thụ động và áp dụng một tiếp cận khác của điều khiển dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi boost DC-DC.

b/ Luận án đã thực hiện tối ưu hóa tham số bộ điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền dùng mã hóa thập phân và áp dụng vào bộ biến đổi boost DC-DC.

c/ Luận án đã áp dụng lý thuyết điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng hàm Lyapunov [4]. Tuy nhiên, luận án đã tìm ra hàm Lyapunov và tìm ra w^T theo phương trình (3-15). Sau đó tham số của bộ điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững được tối ưu hóa dùng giải thuật di truyền dùng mã hóa thập phân và áp dụng vào bộ biến đổi boost DC-DC.

d/ Luận án nghiên cứu phương pháp thụ động hóa hệ thống: dựa vào tuyến tính hóa vào ra [9], luận án đã tìm ra hàm Lyapunov và chứng minh tính thụ động của robot xe đạp và áp dụng luật điều khiển thụ động để thụ động hóa hệ thống robot xe đạp.

2/Điều khiển logic mờ và điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động

a/ Luận án đã áp dụng điều khiển mờ dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa tham số hàm thành viên của bộ điều khiển mờ dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

b/ Điều khiển dùng mạng nơron dựa vào tính thụ động. Cách 1: luận án đã dùng mạng nơron thực hiện bộ điều khiển dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa trọng số của mạng nơron dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC. Luận án dùng một mạng nơron Adaline có 3 ngõ vào và 1 ngõ ra. Ngoài ra, luận án dùng mạng có nơron lớp ẩn gồm 3 lớp: lớp ngõ vào có 3 ngõ vào, lớp ẩn có 3 nơron, và lớp ngõ ra có 1 nơron. Cách 2: luận án đã dùng một giải thuật huấn luyện mạng nơron truyền thẳng bằng cách cực tiểu tiêu chuẩn điều khiển [85]. Hàm Lyapunov được tìm ra và xe đạp được chứng minh là thụ động. Sau đó hệ được tuyến tính hóa vào ra thành hai hệ một ngõ vào một ngõ ra và điều khiển nơron được áp dụng cho từng hệ một ngõ vào một ngõ ra dùng giải thuật huấn luyện này.

3/Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp các phương pháp điều khiển phi tuyến khác

a/ Luận án đã đề nghị một tiếp cận khác của điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt cho bộ biến đổi boost DC-DC. Có xét 3 trường hợp: thay đổi V_d , R và E . Ngoài ra, thuật toán cũng được áp dụng cho robot xe đạp.

Dựa vào tuyến tính hóa vào ra [9], luận án đã tìm ra hàm Lyapunov và chứng minh tính thụ động của robot xe đạp và áp dụng luật điều khiển thụ động để thụ động hóa hệ thống robot xe đạp. Sau đó luật điều khiển dựa vào tính thụ động được kết hợp điều khiển trượt và áp dụng cho robot xe đạp.

b/ Điều khiển cuộn chiều: dựa vào tuyến tính hóa vào ra [9], luận án đã tìm ra hàm Lyapunov và chứng minh tính thụ động của robot xe đạp và áp dụng luật điều khiển thụ động để thụ động hóa hệ thống robot xe đạp. Sau đó luật điều khiển dựa vào tính thụ động được kết hợp điều khiển cuộn chiều và áp dụng cho robot xe đạp.

c/ Luận án đã đề nghị một tiếp cận điều khiển PI dựa vào tính thụ động cho robot xe đạp. Sau đó tham số K_p , K_i trong luật điều khiển dựa vào tính thụ động được tối ưu hóa dùng giải thuật di truyền cho robot xe đạp.

4/Kết quả mô phỏng được thực hiện bằng MATLAB/Simulink.

1.6 Bố cục của luận án

Luận án được bố cục như sau. Giới thiệu được trình bày trong chương 1. Cơ sở lý thuyết được trình bày trong chương 2. Chương 3 trình bày điều khiển dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa tham số bộ điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi boost DC-DC. Ngoài ra, tối ưu hóa tham số bộ điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi boost DC-DC cũng được trình bày trong chương 3. Phương pháp thụ động hóa hệ thống được trình bày trong chương 3. Phương pháp thụ động hóa được áp dụng cho robot xe đạp được trình bày. Hơn nữa, điều khiển logic mờ và điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi boost DC-DC được trình bày trong chương 4. Điều khiển logic mờ và tối ưu hóa tham số hàm thành viên của bộ điều khiển mờ được trình bày. Điều khiển dựa vào tính thụ động có dùng mạng nơron cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC được trình bày trong hai trường hợp: không có nơron ở lớp ẩn và có nơron ở lớp ẩn. Điều khiển nơron dựa vào tính thụ động và giải thuật huấn luyện được áp dụng cho robot xe đạp. Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp các phương pháp điều khiển phi tuyến khác được trình bày trong chương 5. Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC và cho robot xe đạp được trình bày trong chương 5. Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển cuộn chiều được trình bày trong chương 5 và áp dụng cho robot xe đạp. Chương 5 còn trình bày điều khiển PI dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa tham số bộ PI dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền. Chương 6 trình bày kết luận và nêu hướng phát triển luận án. Phần phụ lục được trình bày và gồm có các chương trình mô phỏng, tập tin Matlab, chứng minh tính chất [5] ở trang 15, tính toán suy luận mờ của bộ biến đổi boost DC-DC, tính toán ngõ ra mạng nơron có lớp ẩn cho bộ biến đổi boost DC-DC, giải thuật huấn luyện [85], mô hình toán học của bộ boost DC-DC, và mô hình toán học của hệ robot xe đạp.

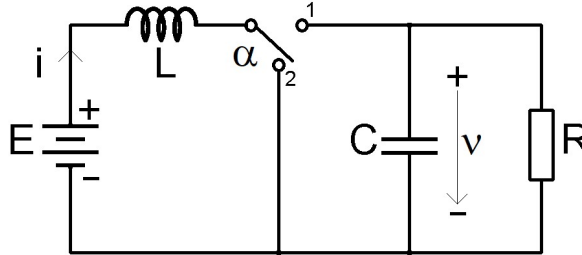
CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Phương pháp dựa vào tính thụ động

2.2 Bộ biến đổi công suất boost DC-DC

2.2.1 Mô hình toán học

Hình 2.1 trình bày bộ biến đổi công suất boost DC-DC được điều khiển chuyển mạch.



Hình 2.1 Bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

Các phần tử thụ động gồm tụ điện C, điện cảm L và điện trở R. i là dòng điện chạy qua điện cảm, v là điện áp trên tụ điện và E là điện áp nguồn. Điện áp này thường lấy từ mạch chỉnh lưu điện áp xoay chiều hay từ điện áp ra của hệ thống quang điện (photovoltaic – PV).

Điện áp E thay đổi từ 12 V đến 16.5 V. Điện trở R thay đổi từ 15 Ω đến 40 Ω .

Đặt biến trạng thái $x_1 = i, x_2 = v$, tín hiệu ra $y = x_1$ và tín hiệu điều khiển $u = \frac{1}{T} = \mu$, ta có hệ phương trình biến trạng thái [22] như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -(1-\alpha)\frac{1}{L}x_2 + \frac{E}{L} \\ \dot{x}_2 = (1-\alpha)\frac{1}{C}x_1 - \frac{1}{RC}x_2 \end{cases} \quad (2-2)$$

Tín hiệu ra $y = x_1$

Biến chuyển mạch $\alpha = 1$ khi $0 < t < T_1$ và $\alpha = 0$ khi $T_1 < t < T$.

Biến chuyển mạch $\alpha(t)$ là dạng sóng vuông có tần số cao có chu kỳ T và tỉ lệ nhiệm vụ $\mu \in (0,1)$.

Tác giả Ortega [22] sử dụng mô hình trung bình sau để thiết kế bộ điều khiển và hệ phương trình trạng thái được viết lại:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -(1-\mu)\frac{1}{L}x_2 + \frac{E}{L} \\ \dot{x}_2 = (1-\mu)\frac{1}{C}x_1 - \frac{1}{RC}x_2 \end{cases} \quad (2-4)$$

Tín hiệu ra $y = x_1$. Tín hiệu điều khiển $u = \mu$ là liên tục và $0 < \mu < 1$.

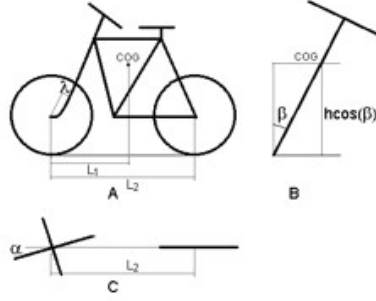
Mục tiêu điều khiển là điện áp trên tụ điện $v = x_2$ bằng V_d trong điều kiện E và R thay đổi.

2.2.2 Tính chất thụ động của bộ biến đổi công suất boost DC-DC

2.3 Robot xe đạp

2.3.1 Mô hình toán học

Mô hình robot xe đạp được trình bày ở hình 2.2.



Hình 2.2 Các thông số của robot xe đạp.

Robot được truyền động bởi 2 động cơ. Động cơ 1 được bố trí ở trục bánh sau giúp robot di chuyển với vận tốc V_T . Động cơ 2 được bố trí trên trục của phuộc để điều khiển góc bánh lái α .

Các tín hiệu ra $y = \dot{q}$, gồm có vận tốc góc bánh lái $y_1 = \dot{\alpha}$ (rad/s) và vận tốc góc nghiêng của xe $y_2 = \dot{\beta}$ (rad/s). Các tín hiệu điều khiển gồm có u_1 (Nm) là momen của động cơ quay bánh lái, và u_2 (Nm). Quan hệ giữa W_d và u_2 .

$$u_2 = d_2 \tan(\alpha) \cos(\beta) W_d - (2m_1 r + m_2 h) g \sin(\beta) \quad (2-17a)$$

$$\Rightarrow W_d = \frac{u_2 + (2m_1 r + m_2 h) g \sin(\beta)}{d_2 \tan(\alpha) \cos(\beta)} \quad (2-17b)$$

với W_d (J) là động năng của chuyển động tịnh tiến của xe. u_2 có liên quan động năng W_d .

$$W_d = \frac{(2m_1 + m_2) V_T^2}{2} \quad (2-18)$$

Mô hình trạng thái của robot xe đạp [3] được xác định như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \frac{c_2 \sin(x_3) x_4^2 + 0.5 d_4 c_1 g \sin(2x_3) + c_3 u_1 + d_3 c_1 \cos(x_3) u_2}{1 - d_1 c_1 \cos^2(x_3)} \\ \dot{x}_3 = x_4 \\ \dot{x}_4 = \frac{d_4 g \sin(x_3) + 0.5 d_1 c_2 \sin(2x_3) x_4^2 + d_1 c_3 \cos(x_3) u_1 + d_3 u_2}{1 - d_1 c_1 \cos^2(x_3)} \\ y_1 = x_2 \\ y_2 = x_4 \end{cases}$$

(2-20)

Trong đó $x_1 = \alpha$ (rad), $x_2 = \dot{\alpha}$ (rad/s), $x_3 = \beta$ (rad), $x_4 = \dot{\beta}$ (rad/s) là các biến trạng thái. x_1 là góc bánh lái, x_2 là vận tốc góc bánh lái, x_3 là góc nghiêng của xe so với phương thẳng đứng. x_4 là vận tốc góc nghiêng của xe.

Các thông số của robot xe đạp được cho ở bảng 2.2.

2.3.2 Tính chất thụ động của robot xe đạp

2.4 Giải thuật di truyền

2.5 Hệ mờ

2.6 Mạng nơron

CHƯƠNG 3 ĐIỀU KHIỂN DỰA VÀO TÍNH THỤ ĐỘNG VÀ PHƯƠNG PHÁP THỤ ĐỘNG HÓA HỆ THỐNG

3.1 Điều khiển dựa vào tính thụ động bộ biến đổi công suất boost DC-DC

3.1.1 Giới thiệu

3.1.2 Điều khiển dựa vào tính thụ động bộ biến đổi công suất boost DC-DC

Trong mục 2.2.2, bộ biến đổi boost DC-DC được chứng minh là thụ động. Luật điều khiển để ổn định hóa điểm cân bằng ở gốc tọa độ là

$$\ddot{u} = -\varphi(\tilde{y}) \text{ với } \varphi(0) = 0; \tilde{y}\varphi(\tilde{y}) > 0 \forall \tilde{y} \neq 0 \quad (3-1)$$

Ta chọn

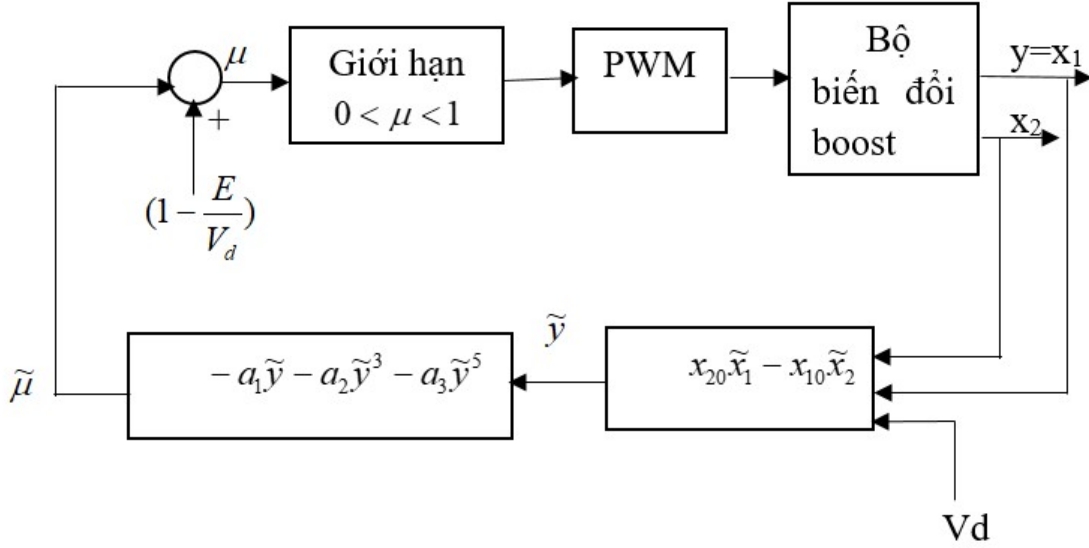
$$\varphi(\tilde{y}) = a_1 \tilde{y} + a_2 \tilde{y}^3 + a_3 \tilde{y}^5 \quad (3-2)$$

để $\varphi(0) = 0; \tilde{y}\varphi(\tilde{y}) > 0 \forall \tilde{y} \neq 0$

Vậy luật điều khiển u là:

$$u = -a_1 \left[V_d \left(x_1 - \frac{V_d^2}{ER} \right) - \frac{V_d^2}{ER} (x_2 - V_d) \right] - a_2 \left[V_d \left(x_1 - \frac{V_d^2}{ER} \right) - \frac{V_d^2}{ER} (x_2 - V_d) \right]^3 - a_3 \left[V_d \left(x_1 - \frac{V_d^2}{ER} \right) - \frac{V_d^2}{ER} (x_2 - V_d) \right]^5 + \left(1 - \frac{E}{V_d} \right) \quad (3-3)$$

Sơ đồ điều khiển được minh họa ở hình 3.1.

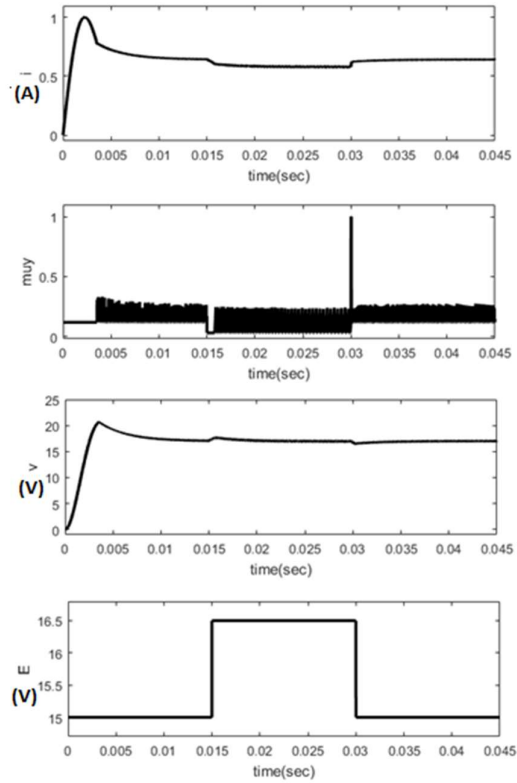


Hình 3.1 Sơ đồ điều khiển dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi boost DC-DC.

3.1.3 Kết quả mô phỏng và thảo luận

Các giá trị tham số được cho ở bảng 2.1. Điều kiện đầu: $x_1(0) = 0$, $x_2(0) = 0$. Giá trị ban đầu: $a_1 = 1.3$, $a_2 = 21.7$, $a_3 = 13$. Thời gian mô phỏng là 0.045 s.

Đáp ứng với sự thay đổi của E: Lúc bắt đầu mô phỏng $E = 15(V)$. Tại $t = 15$ ms, E tăng lên 16.5(V) và tại $t = 30$ ms, E giảm xuống còn 15(V). Kết quả được minh họa ở hình 3.2 và bảng 3.1. Hình 3.2 là kết quả dùng phương pháp PBC khi điện áp nguồn E thay đổi.



Hình 3.2 Kết quả điều khiển dùng phương pháp PBC khi E thay đổi cho bộ biến đổi boost DC-DC.

Bảng 3.1 Điện áp trên tụ v của kết quả điều khiển PBC cho bộ biến đổi boost DC-DC khi điện áp E thay đổi.

Tăng (+1.5V)		Giảm (-1.5V)		IAE
$\Delta V = V_d - x_2 $ (V)	Thời gian quá độ t_{xl} (ms)	ΔV (V)	Thời gian quá độ t_{xl} (ms)	
0.65	5	0.53	5	0.0411

Đáp ứng với sự thay đổi của R:

Đáp ứng với sự thay đổi của V_d :

3.1.4 Kết luận

3.2 Tối ưu hóa tham số bộ điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC

3.2.1 Giới thiệu

3.2.2 Tối ưu hóa tham số bộ điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC

Hệ (2-4) được điều khiển bởi luật điều khiển (3-3) trong đó a_1, a_2, a_3 là không âm để điều kiện (3-1) được thỏa mãn. Xác định a_1, a_2, a_3 sao cho hàm mục tiêu J tối thiểu với $q_1 > 0, q_2 > 0$.

$$J = \int_0^{+\infty} (q_1 \tilde{x}_1^2(t) + q_2 \tilde{x}_2^2(t) + \tilde{u}^2) dt \quad (3-5)$$

Ta dùng giải thuật di truyền với mã hóa thập phân.

3.2.2 Kết quả mô phỏng và thảo luận

Trường hợp chọn $V_d = 20$ V:

3.2.4 Kết luận

3.3 Tối ưu hóa tham số của bộ điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng giải thuật di truyền

3.3.1 Giới thiệu

3.3.2 Điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững kết hợp giải thuật di truyền cho bộ biến đổi boost DC-DC

3.3.2.1 Điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng hàm Lyapunov

Phần này trình bày điều khiển dựa vào tính thụ động dùng hàm Lyapunov [4].

Hệ (2-7) được viết ở dạng

$$\dot{\tilde{x}} = f(\tilde{x}) + g(\tilde{x})\tilde{u} \quad (3-7)$$

$$\tilde{y} = x_{20}\tilde{x}_1 - x_{10}\tilde{x}_2$$

Trong đó $f(\tilde{x})$ được cho ở (3-8); $g(\tilde{x})$ được cho ở (3-9). Xét hệ có sai số mô hình:

$$\dot{\tilde{x}} = f(\tilde{x}) + g(\tilde{x})[\tilde{u} + \delta(\tilde{x})] \quad (3-10)$$

Chọn hàm Lyapunov:

$$V_s(\tilde{x}) = \frac{L}{2} \tilde{x}_1^2 + \frac{C}{2} \tilde{x}_2^2 \quad (3-11)$$

Trường hợp có sai số mô hình, ta có:

$$\tilde{u} = -\varphi(\tilde{y}) + v_3 = -a_1\tilde{y} - a_2\tilde{y}^3 - a_3\tilde{y}^5 + v_3 \quad (3-12)$$

Giả sử sai số mô hình $\delta(\tilde{x})$ thỏa mãn

$$\|\delta(\tilde{x})\|_{\infty} \leq \rho(\tilde{x}) + m\|v_3\|_{\infty} \quad (3-13)$$

Trong đó ρ , m có giá trị dương. Thay $\tilde{u}$ ở (3-12) vào (3-10), ta có:

$$\dot{\tilde{x}} = f(\tilde{x}) + g(\tilde{x})[-\varphi(\tilde{y}) + v_3 + \delta(\tilde{x})] \quad (3-14)$$

Đặt

$$w^T = \frac{\partial V_s}{\partial \tilde{x}} g(\tilde{x}) = \tilde{y} \quad (3-15)$$

Chọn $v_3 = -\gamma \text{sign}(w) = -\gamma \text{sign}(\tilde{y})$.

Giả sử $0 < m < 1$. Chọn

$$\gamma > \frac{\rho}{1-m}$$

Suy ra: $\dot{V}_s \leq 0$.

3.3.2.2 Tối ưu hóa tham số của bộ điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng giải thuật di truyền

Ta dùng giải thuật di truyền để xác định a_1, a_2, a_3 và γ sao cho hàm mục tiêu J tối thiểu với $q_1 > 0, q_2 > 0$.

$$J = \int_0^{+\infty} (q_1 \tilde{x}_1^2(t) + q_2 \tilde{x}_2^2(t) + \tilde{u}^2) dt \quad (3-19)$$

3.3.3 Kết quả mô phỏng và thảo luận

3.3.4 Kết luận

3.4 Phương pháp thụ động hóa hệ thống

3.4.1 Giới thiệu

3.4.2 Phương pháp thụ động hóa cho robot xe đạp

Xét hệ robot xe đạp ở hình 2.2 và thông số ở bảng 2.2. Hệ robot xe đạp có mô tả toán học [3] được viết lại như sau:

Trong đó: $x_1 = \alpha, x_2 = \dot{\alpha}, x_3 = \beta, x_4 = \dot{\beta}$ là các biến trạng thái. x_1 là góc bánh lái. x_2 là vận tốc góc bánh lái. x_3 là góc nghiêng của xe so với phương thẳng đứng. x_4 là vận tốc góc nghiêng của xe.

Các tín hiệu ra y gồm có góc bánh lái $y_1 = \alpha$ (rad) và góc nghiêng của xe $y_2 = \beta$ (rad).

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \frac{c_2 \sin(x_3) x_4^2 + c_3 u_1 + d_2 d_3 c_1 \tan(x_1) \cos^2(x_3) u_2}{1 - d_1 c_1 \cos^2(x_3)} \\ \dot{x}_3 = x_4 \\ \dot{x}_4 = \frac{0.5 d_1 c_2 \sin(2x_3) x_4^2 + d_1 c_3 \cos(x_3) u_1 + d_2 d_3 \tan(x_1) \cos(x_3) u_2}{1 - d_1 c_1 \cos^2(x_3)} \\ y_1 = x_1 \\ y_2 = x_3 \end{array} \right. \quad (3-21)$$

Các tín hiệu vào điều khiển gồm có u_1 (Nm) là momen của động cơ quay bánh lái và u_2 (J) là động năng của chuyển động tịnh tiến của xe

$$u_2 = \frac{(2m_1 + m_2) V_T^2}{2} \quad (3-22)$$

Như vậy trước tiên chúng ta phải tuyến tính hóa vào ra hệ (3-21) để chuyển tín hiệu điều khiển u thành tín hiệu điều khiển v mới. Hệ sau khi tuyến tính hóa có dạng:

$$\ddot{y} = v$$

Hệ mới này là thụ động với ngõ vào v và ngõ ra $\dot{y}$.

Hệ sẽ được phân rã thành hai hệ SISO tuyến tính và ta áp dụng bộ điều khiển dựa vào tính thụ động cho từng hệ SISO này.

Mục tiêu điều khiển là giữ xe cân bằng thẳng đứng.

3.4.3 Tuyến tính hóa vào ra

3.4.4 Điều khiển dựa vào tính thụ động

Luật điều khiển thụ động cho từng hệ SISO như sau:

$$v_{1PBC} = -\varphi_1(\dot{y}_1) \text{ với } \varphi_1(0) = 0; \dot{y}_1^T \varphi_1(\dot{y}_1) > 0 \forall \dot{y}_1 \neq 0 \quad (3-37)$$

$$\text{Chọn } \varphi_1(\dot{y}_1) = a_1 \dot{y}_1 + a_2 \dot{y}_1^3 + a_3 \dot{y}_1^5 \quad (3-38)$$

$$v_{2PBC} = -\varphi_2(\dot{y}_2) \text{ với } \varphi_2(0) = 0; \dot{y}_2^T \varphi_2(\dot{y}_2) > 0 \forall \dot{y}_2 \neq 0 \quad (3-39)$$

$$\text{Chọn } \varphi_2(\dot{y}_2) = a_4 \dot{y}_2 + a_5 \dot{y}_2^3 + a_6 \dot{y}_2^5 \quad (3-40)$$

Đạo hàm $\dot{V}_3 \leq \dot{y}^T v \Rightarrow \dot{V}_3 \leq -\dot{y}^T \varphi(\dot{y}) \Rightarrow \dot{V}_3 \leq 0$ bởi vì (3-21) và (3-23). $\dot{V}_3$ là bán xác định âm.

3.4.5 Kết quả mô phỏng và thảo luận

3.4.6 Kết luận

CHƯƠNG 4 ĐIỀU KHIỂN LOGIC MỜ VÀ ĐIỀU KHIỂN MẠNG NƠON DỰA VÀO TÍNH THỤ ĐỘNG

4.1 Điều khiển logic mờ dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC

4.1.1 Giới thiệu

4.1.2 Điều khiển logic mờ dựa vào tính thụ động

4.1.2.1 Bộ điều khiển mờ

Ý tưởng dùng bộ điều khiển mờ bắt nguồn từ bộ điều khiển dựa vào tính thụ động theo phương trình (3-3). Bộ điều khiển mờ có ngõ vào $\tilde{y}$ và ngõ ra $\tilde{u}$, thỏa điều kiện (3-1), được xây dựng. Chúng ta có thể chọn $\tilde{y}$ và $\varphi(\tilde{y})$ để $\tilde{y}^T \varphi(\tilde{y}) > 0 \forall \tilde{y} \neq 0$ hay

$$\tilde{y}^T \tilde{u} = \tilde{y}^T \left(u - \left(1 - \frac{E}{V} \right) \right) < 0 \forall \tilde{y} \neq 0$$

Các tập mờ được chọn^d đối xứng qua trục tung. Chúng ta xây dựng bộ điều khiển mờ dùng công cụ fuzzy trong MATLAB.

Biến vào $\tilde{y}$ có 5 giá trị ngôn ngữ RN (rất nhỏ), N (nhỏ), Z(zero), L (lớn), RL (rất lớn). Biến ra $\tilde{u}$ có 5 giá trị ngôn ngữ RN (rất nhỏ), N (nhỏ), Z(zero), L (lớn), RL (rất lớn). Dùng hệ mờ Takagi-Sugeno (T-S) với tập ờ ngõ ra là vạch singleton. Dùng phép suy diễn là MIN. Phép kết hợp là MAX. Toán tử VÀ (AND) là PROD. Toán tử HOẶC (OR) là MAX. Giải mờ trung bình có trọng số.

4.1.1.2 Tối ưu hóa bộ điều khiển mờ dùng giải thuật di truyền

4.1.3 Kết quả mô phỏng và thảo luận

Các giá trị tham số được cho ở bảng 2.1. Điều kiện đầu: $x_1(0)=0, x_2(0)=0$.

Tập tin điều khiển mờ: conv_10122023_fis.fis. Thời gian mô phỏng là 0.045 s.

4.1.3.1 Bộ điều khiển mờ

4.1.3.2 Chỉnh tham số bộ điều khiển mờ dùng giải thuật di truyền

Trường hợp chọn $V_d=20$ V:

4.1.4 Kết luận

4.2 Điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC

4.2.1 Giới thiệu

4.2.2 Điều khiển dùng mạng nơron không có lớp ẩn

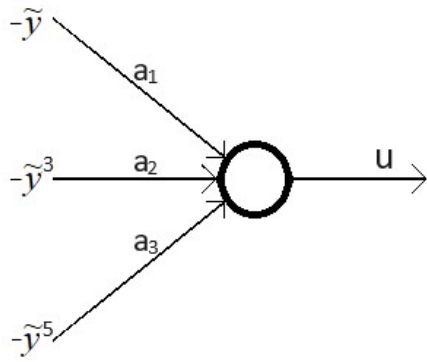
4.2.2.1 Điều khiển dùng mạng nơron

Ta đã thực hiện bộ điều khiển dựa vào tính thụ động. Luật điều khiển cho ở phương trình (3-3) và điều kiện (3-1) được thỏa mãn. Bây giờ chúng ta xây dựng mạng nơron thực hiện bộ điều khiển dựa vào tính thụ động cho ở phương trình (3-3). Mạng nơron bây giờ là bộ điều khiển. Mạng nơron adaline có 3 ngõ vào $-\tilde{y}, -\tilde{y}^3, -\tilde{y}^5$ và ngõ ra u , hàm kích hoạt ngõ ra là tuyến tính. Trong đó

Ngõ ra mạng nơron là u

$$u = a_1(-\tilde{y}) + a_2(-\tilde{y}^3) + a_3(-\tilde{y}^5) + (1 - \frac{E}{V_d}) \quad (4-5)$$

Sơ đồ mạng nơron:



Mạng nơron Adaline

Hình 4.10 Sơ đồ mạng nơron thực hiện bộ điều khiển dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi boost DC-DC.

Hình 4.10 là sơ đồ mạng nơron xấp xỉ bộ điều khiển dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi boost DC-DC.

Mạng có 2 lớp: Lớp ngõ vào có 3 ngõ vào là $-\tilde{y}, -\tilde{y}^3, -\tilde{y}^5$. Lớp ra chỉ có 1 nơron ở ngõ ra u. Hàm kích hoạt ở ngõ ra là hàm tuyến tính.

Tối ưu hóa trọng số bộ điều khiển mạng nơron dùng giải thuật di truyền:

4.2.2.2 *Chỉnh trọng số bộ điều khiển mạng nơron dùng giải thuật di truyền*

4.2.3 Điều khiển nơron có nơron ở lớp ẩn

4.2.3.1 *Điều khiển nơron có nơron ở lớp ẩn*

Tối ưu hóa trọng số bộ điều khiển nơron dùng giải thuật di truyền:

4.2.3.2 *Chỉnh trọng số bộ điều khiển nơron dùng giải thuật di truyền*

4.2.4 Kết quả mô phỏng và thảo luận

4.2.4.1 *Điều khiển dùng mạng nơron không có lớp ẩn*

4.2.4.2 *Điều khiển nơron có nơron ở lớp ẩn*

4.2.4.3 *Mô phỏng trường hợp chọn $V_d = 20$ (V)*

i) Điều khiển nơron không dùng GA:

ii) Điều khiển nơron dùng GA:

Hàm mục tiêu:

$$J = \sum_{k=1}^N q_1 \tilde{x}_1^2(k) + q_2 \tilde{x}_2^2(k) + \tilde{u}^2(k)$$

$\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{u}$ là các biến ở mẫu thứ k lấy từ Workspace trong sơ đồ mô phỏng Simulink. Hằng số $\varepsilon = 10^{-6}$. Thời gian mô phỏng là 0.045 s.

Xây dựng sơ đồ mô phỏng bộ điều khiển dùng mạng nơron để lấy dữ liệu dùng cho GA.

Trọng số ban đầu của mạng nơron là: $v_{110}=0.5, v_{210}=0.5, v_{310}=0.5, v_{120}=0.5, v_{220}=0.5, v_{320}=0.5, v_{130}=0.5, v_{230}=0.5, v_{330}=0.5, w_{10}=0.2, w_{20}=0.2, w_{30}=0.2,$

Kết quả chỉnh trọng số dùng GA:

4.2.5 Kết luận

4.3 Điều khiển nơron cho robot xe đạp

4.3.1 Giới thiệu

4.3.2 Giải thuật huấn luyện

Giải thuật huấn luyện

Giải thuật huấn luyện mạng nơron [85] được trình bày và sau đó được áp dụng vào hệ (3-28).

Hệ được trình bày ở (3-21). Sau khi tuyến tính hóa vào ra, ta được hệ (3-28): $\ddot{y} = v$

Giải thuật huấn luyện như sau (xem phần phụ lục ở trang 211-214)

$$\theta(k+1) = \theta(k) + \frac{\eta_a \left(-q \dot{y} \frac{\partial h}{\partial z} \left(\frac{\partial f}{\partial z} + \frac{\partial g}{\partial z} v \right)^{-1} g + r_1 v \right) \Phi}{1 - \sum_{i=1}^m (2i-1) a_{2i-1} \dot{y}^{2i-2} \frac{\partial h}{\partial z} \left(\frac{\partial f}{\partial z} + \frac{\partial g}{\partial z} v \right)^{-1} g} \quad (4-35)$$

Nếu chúng ta chọn $m=3, q=1, r_1=1$ thì ta có:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial z} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \frac{\partial g}{\partial z} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}; \left(\frac{\partial f}{\partial z} + \frac{\partial g}{\partial z} v \right)^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \frac{\partial h}{\partial z} \left(\frac{\partial f}{\partial z} + \frac{\partial g}{\partial z} v \right)^{-1} &= [0 \quad 0]; \frac{\partial h}{\partial z} \left(\frac{\partial f}{\partial z} + \frac{\partial g}{\partial z} v \right)^{-1} g = 0 \end{aligned}$$

Thế thì đạo hàm

$$\begin{aligned} \theta(k+1) &= \theta(k) + \eta_a r_1 v \Phi \\ \Rightarrow \dot{\theta} &= \frac{\theta(k+1) - \theta(k)}{T} = \frac{\eta_a r_1 v \Phi}{T} \end{aligned} \quad (4-36)$$

Với $\Phi = [\dot{y} \quad \dot{y}^3 \quad \dot{y}^5]^T$ và $\theta = [a_1 \quad a_3 \quad a_5]$. T là chu kì lấy mẫu.

Bây giờ ta xây dựng hai mạng nơron thực hiện luật điều khiển thụ động (4-37) và (4-38)

$$v_1 = -a_1 \dot{y}_1 - a_3 \dot{y}_1^3 - a_5 \dot{y}_1^5 \quad (4-37)$$

$$v_2 = -a_1 \dot{y}_2 - a_3 \dot{y}_2^3 - a_5 \dot{y}_2^5 \quad (4-38)$$

4.3.3 Kết quả mô phỏng và thảo luận

Kết quả mô phỏng: Hệ được mô tả bởi phương trình (3-21).

4.3.4 Kết luận

CHƯƠNG 5 ĐIỀU KHIỂN DỰA VÀO TÍNH THỤ ĐỘNG KẾT HỢP CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN PHI TUYẾN KHÁC

5.1 Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt bộ biến đổi công suất boost DC-DC

5.1.1 Giới thiệu

5.1.2 Điều khiển dựa vào tính thụ động

Luật điều khiển u dựa vào tính thụ động được cho ở phương trình (3-3).

5.1.3 Điều khiển trượt

5.1.4 Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt

Luật điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt như sau.

$$\tilde{u} = \tilde{u}_{PBC} + \tilde{u}_{SMC} = -\varphi(\tilde{y}) - K_1 \text{sign}(\tilde{y}) \quad (5-5)$$

Luật điều khiển u là

$$\begin{aligned} u = & -a_1 \left[V_d \left(x_1 - \frac{V_d^2}{ER} \right) - \frac{V_d^2}{ER} (x_2 - V_d) \right] - a_2 \left[V_d \left(x_1 - \frac{V_d^2}{ER} \right) - \frac{V_d^2}{ER} (x_2 - V_d) \right]^3 \\ & - a_3 \left[V_d \left(x_1 - \frac{V_d^2}{ER} \right) - \frac{V_d^2}{ER} (x_2 - V_d) \right]^5 \\ & - K_1 \text{sign} \left[V_d \left(x_1 - \frac{V_d^2}{ER} \right) - \frac{V_d^2}{ER} (x_2 - V_d) \right] + \left(1 - \frac{E}{V_d} \right) \end{aligned} \quad (5-6)$$

Tín hiệu điều khiển là tổng của điều khiển dựa vào tính thụ động và điều khiển trượt.

5.1.5 Kết quả mô phỏng và thảo luận

5.1.6 Kết luận

5.2 Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt cho robot xe đạp

5.2.1 Giới thiệu

5.2.2 Điều khiển dựa vào tính thụ động

5.2.3 Điều khiển trượt

5.2.4 Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt

Luật điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt như sau.

$$v_{PBC-SMC} = v_{PBC} + v_{SMC} = -\varphi(\dot{y}) - K_a \text{sign}(\dot{y}) \quad (5-15)$$

Luật điều khiển cho từng hệ SISO như sau:

$$v_{1PBC-SMC} = -\varphi_1(\dot{y}_1) - K_{a1} \text{sign}(\dot{y}_1) \quad (5-16)$$

$$\text{với } \varphi_1(0) = 0; \dot{y}_1^T \varphi_1(\dot{y}_1) > 0 \forall \dot{y}_1 \neq 0, K_{a1} > 0$$

Chọn

$$\begin{aligned} \varphi_1(\dot{y}_1) &= a_1 \dot{y}_1 + a_2 \dot{y}_1^3 + a_3 \dot{y}_1^5 \\ v_{2PBC-SMC} &= -\varphi_2(\dot{y}_2) - K_{a2} \text{sign}(\dot{y}_2) \end{aligned} \quad (5-17)$$

$$\text{với } \varphi_2(0) = 0; \dot{y}_2^T \varphi_2(\dot{y}_2) > 0 \forall \dot{y}_2 \neq 0, K_{a2} > 0$$

Chọn

$$\varphi_2(\dot{y}_2) = a_4 \dot{y}_2 + a_5 \dot{y}_2^3 + a_6 \dot{y}_2^5$$

Tín hiệu điều khiển là tổng của điều khiển dựa vào tính thụ động và điều khiển trượt.

5.2.5 Kết quả mô phỏng và thảo luận

5.2.6 Kết luận

5.3 Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển cuộn chiều cho robot xe đạp

5.3.1 Giới thiệu

5.3.2 Phương pháp điều khiển cuộn chiều cho robot xe đạp

Luật điều khiển thụ động để thụ động hóa hệ thống robot xe đạp đã được trình bày trong phần 3.4. Sau đó luật điều khiển dựa vào tính thụ động được kết hợp điều khiển cuộn chiều và áp dụng cho robot xe đạp

Phương pháp điều khiển cuộn chiều [4] được áp dụng vào hệ (3-28): $\ddot{y} = v$

Luật điều khiển cuộn chiều:

$$v_{BS} = -3z_1 - 2z_2 \quad (5-40)$$

$$v_{1BS} = -3x_1 - 2x_2 \quad (5-41)$$

$$v_{2BS} = -3x_3 - 2x_4 \quad (5-42)$$

5.3.3 Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển cuộn chiều

Vậy luật điều khiển v gồm tổng của điều khiển dựa vào tính thụ động và điều khiển cuộn chiều:

$$v = v_{PBC} + v_{BS} \quad (5-43)$$

$$v_1 = v_{1PBC} + v_{1BS} \quad (5-44)$$

$$v_2 = v_{2PBC} + v_{2BS} \quad (5-45)$$

Công thức (5-44) và (5-45) dùng (3-37), (3-39), (5-41), và (5-42)

5.3.4 Kết quả mô phỏng và thảo luận

5.3.5 Kết luận

5.4 Điều khiển PI dựa vào tính thụ động

5.4.1 Giới thiệu

Phương trình trạng thái và tính chất thụ động của robot xe đạp được trình bày ở phần 2.3.

5.4.2 Thiết kế bộ điều khiển PI dựa vào tính thụ động cho robot xe đạp

Luật điều khiển u là

$$u = G(q) - K_p \dot{q} - K_I q \quad (5-54)$$

với $G(q)$ cho bởi (2-27).

5.4.3 Tối ưu hóa tham số bộ điều khiển PI dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền cho robot xe đạp

Theo (5-54) ta có thể chỉnh K_P và K_I dùng giải thuật di truyền (GA).

5.4.4 Kết quả mô phỏng và thảo luận

5.4.4.1 Điều khiển PI dựa vào tính thụ động

5.4.4.2 Tối ưu hóa tham số của bộ điều khiển PI dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền

5.4.5 Kết luận

CHƯƠNG 6 KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

6.1 Kết luận

-Trong luận án, những vấn đề sau đã được thực hiện:

1/Điều khiển dựa vào tính thụ động và phương pháp thụ động hóa hệ thống

a/ Luận án đã chứng minh bộ biến đổi boost DC-DC ở hệ (2-7) là thụ động và áp dụng một tiếp cận khác của điều khiển dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi boost DC-DC. Nội dung này đã đạt được mục tiêu đặt ra ban đầu.

b/ Luận án đã thực hiện tối ưu hóa tham số bộ điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền dùng mã hóa thập phân và áp dụng vào bộ biến đổi boost DC-DC. Nội dung này đã đạt được mục tiêu đặt ra ban đầu.

c/ Luận án đã áp dụng lý thuyết điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững dùng hàm Lyapunov [4]. Tuy nhiên, luận án đã tìm ra hàm Lyapunov và tìm ra w^T theo phương trình (3-15). Sau đó tham số của bộ điều khiển dựa vào tính thụ động bền vững được tối ưu hóa dùng giải thuật di truyền dùng mã hóa thập phân và áp dụng vào bộ biến đổi boost DC-DC. Nội dung này đã đạt được mục tiêu đặt ra ban đầu.

d/ Phương pháp thụ động hóa hệ thống: dựa vào tuyến tính hóa vào ra [9], luận án đã tìm ra hàm Lyapunov và chứng minh tính thụ động của robot xe đạp và áp dụng luật điều khiển thụ động để thụ động hóa hệ thống robot xe đạp. Nội dung này đã đạt được mục tiêu đặt ra ban đầu.

2/ Điều khiển logic mờ và điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động

a/ Luận án đã thực hiện bộ điều khiển mờ dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa tham số hàm thành viên của bộ điều khiển mờ dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC. Nội dung này đã đạt được mục tiêu đặt ra ban đầu.

b/ Điều khiển mạng nơron dựa vào tính thụ động. Cách 1: Luận án đã áp dụng mạng nơron thực hiện bộ điều khiển dựa vào tính thụ động và tối ưu hóa trọng số của mạng nơron dùng giải thuật di truyền cho bộ biến đổi công suất boost DC-DC. Thứ nhất, dùng một mạng nơron Adaline có 3 ngõ vào và 1 ngõ ra. Thứ hai dùng mạng có nơron lớp ẩn gồm 3 lớp: lớp ngõ vào có 3 ngõ vào, lớp ẩn có 3 nơron, và lớp ngõ ra có 1 nơron. Cách 2: luận án đã áp dụng một giải thuật huấn luyện mạng [85] và áp dụng cho robot xe đạp. Hàm Lyapunov được tìm ra và xe đạp được chứng minh là thụ động. Sau đó hệ được tuyến tính hóa vào ra thành hai hệ một ngõ vào một ngõ ra và điều khiển nơron được áp dụng cho từng hệ một ngõ vào một ngõ ra dùng giải thuật huấn luyện này. Nội dung này đã đạt được mục tiêu đặt ra ban đầu.

3/ Điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp các phương pháp điều khiển phi tuyến khác

a/ Luận án đã đề nghị một tiếp cận khác của điều khiển dựa vào tính thụ động kết hợp điều khiển trượt sao cho điều kiện ổn định được đảm bảo, và áp dụng cho bộ biến đổi boost DC-DC. Có xét 3 trường hợp: thay đổi V_d , R và E . Ngoài ra, thuật toán cũng được áp dụng cho robot xe đạp. Dựa vào tuyến tính hóa vào ra [9], luận án đã tìm ra hàm Lyapunov và chứng minh tính thụ động của robot xe đạp và áp dụng luật điều khiển thụ động để thụ động hóa hệ thống robot xe đạp. Sau đó luật điều khiển dựa vào tính thụ động được kết hợp điều khiển trượt và áp dụng cho robot xe đạp. Nội dung này đã đạt được mục tiêu đặt ra ban đầu.

b/ Phương pháp điều khiển cuộn chiều cho hệ thống thụ động: Luận án đã thực hiện cách sau:

+Dựa vào tuyến tính hóa vào ra [9], luận án đã tìm ra hàm Lyapunov và chứng minh tính thụ động của robot xe đạp và áp dụng luật điều khiển thụ động để thụ động hóa hệ thống robot xe đạp.

+Điều khiển cuộn chiều: Luận án đã thực hiện điều khiển cuộn chiều cho hệ robot xe đạp ở (3-28) để ổn định điểm [0]. Sau đó luật điều khiển dựa vào tính thụ động được kết hợp (cộng) với điều khiển cuộn chiều và áp dụng cho robot xe đạp. Nội dung này đã đạt được mục tiêu nhưng luận án không làm theo tiếp cận sau: xây dựng ngõ ra thụ động để hệ động học zero là ổn định tiệm cận và ta làm theo đề qui.

c/ Luận án đã đề nghị một tiếp cận điều khiển PI dựa vào tính thụ động cho robot xe đạp. Sau đó tham số K_p , K_i trong luật điều khiển dựa vào tính thụ động được tối ưu hóa dùng giải thuật di truyền cho robot xe đạp. Nội dung này đã đạt được mục tiêu đặt ra ban đầu.

4/Kết quả mô phỏng được thực hiện bằng MATLAB/Simulink.

6.2 Hướng phát triển

-Thi công bộ điều khiển dựa vào tính thụ động cho bộ biến đổi boost DC-DC trên mô hình thực dùng vi điều khiển ARM Cortex-M4, loại STM32F407VGT6 và áp dụng vào hệ thống PV (photovoltaic system).

-Thi công mô hình robot xe đạp và áp dụng bộ điều khiển dựa vào tính thụ động cho robot xe đạp và dùng cho việc giao hàng.

-Trong nghiên cứu này, robot xe đạp được giữ cân bằng và đi thẳng. Hướng phát triển là điều khiển xe đạp bám theo quỹ đạo hay đi vòng tròn.

-Việc mô phỏng điều khiển dựa vào tính thụ động dùng giải thuật di truyền, PBC bền vững dùng GA sẽ cho các thông số tối ưu của bộ điều khiển và ta dùng các thông số này cho thực nghiệm bộ biến đổi công suất boost DC-DC.

-Việc mô phỏng bộ PI-PBC dùng GA cho các thông số tối ưu với hàm mục tiêu J được chọn và ta áp dụng các thông số này cho thực nghiệm robot xe đạp.

Thông tin nghiên cứu sinh

-Họ và tên: Huỳnh Minh Ngọc, sinh ngày 15 tháng 3 năm 1972 tại Hà nội.
Quê quán: P. Cầu kho, Q.1, Tp. HCM.

-Tốt nghiệp đại học ngành Điện tử - Tự động hóa năm 1995 (khóa 1990-1995) tại Trường Đại học Bách khoa- ĐHQG TP. HCM.

-Tốt nghiệp thạc sĩ ngành Điều khiển học kỹ thuật năm 2005 (khóa 2003-2005)(bảo vệ luận văn thạc sĩ ngày 22-12-2005). Nhận bằng thạc sĩ tháng 4 năm 2006 tại Trường Đại học Bách khoa- ĐHQG TP. HCM.

-Học và làm nghiêm cứu sinh từ tháng 7 năm 2020 đến 31/8/2025 ngành Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa tại Bộ môn Điều khiển tự động, khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Bách khoa- ĐHQG TP. HCM.

Cơ quan công tác: Trường Đại học Công nghiệp Tp. HCM, Khoa Công nghệ Điện tử, số 12 Nguyễn Văn Bảo, P.4, Q. Gò Vấp, Tp. HCM.

ĐT: 0903694384. Email: huynhminhngoc@iuh.edu.vn và hmngoc.sdh20@hcmut.edu.vn

Thông tin người hướng dẫn

Người hướng dẫn 1: PGS. TS. Dương Hoài Nghĩa sinh năm 1957.

-Tốt nghiệp đại học ngành Điện - Tự động năm 1981 (khóa 1976-1981) tại Trường Đại học Bách khoa TP. HCM.

-Tốt nghiệp thạc sĩ ngành Điều khiển tự động và Xử lý tín hiệu (từ tháng 9/1988 đến tháng 9/1989) tại Institut National Polytechnique de Grenoble, Cộng Hòa Pháp.

-Tốt nghiệp tiến sĩ ngành Điều khiển và tự động hóa năm 1993 (từ tháng 9/1989 đến tháng 6/1993) và cấp bằng năm 1995 tại Institut National Polytechnique de Grenoble, Cộng Hòa Pháp.

Cơ quan công tác: Trường Đại học Bách khoa- ĐHQG TP. HCM (hưu trí) và Đại học Quốc tế Miền Đông, Bình Dương.

ĐT: 0918416425. Email: dhoainghia@yahoo.com và nghia.duong@eiu.edu.vn

Người hướng dẫn 2: TS. Nguyễn Vĩnh Hảo sinh năm 1977.

-Tốt nghiệp đại học ngành Kỹ thuật Điện – Điện tử năm 2001 (khóa 1996-2001) tại Trường Đại học Bách khoa TP. HCM.

-Tốt nghiệp thạc sĩ ngành Điều khiển học kỹ thuật năm 2004 (khóa 2002-2004) tại Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG TP. HCM.

-Tốt nghiệp tiến sĩ ngành Kỹ thuật Điện năm 2009 (từ năm 2005 đến 2009) tại Trường Đại học Ulsan, Korea, South.

Cơ quan công tác: Trường Đại học Bách khoa- ĐHQG TP. HCM , Bộ môn Điều khiển tự động, Khoa Điện – Điện tử.

ĐT: 0938275130. Email: vinhhao@hcmut.edu.vn