

ỨNG DỤNG STATEFLOW TRONG MÔ PHÒNG ĐỘNG LỰC HỌC HỆ THỐNG PHANH THỦY LỰC CÓ BỘ CHỐNG HÃM CỨNG BÁNH XE

STATEFLOW APPLICATION IN DYNAMIC SIMULATION OF AN ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM

Nguyễn Mạnh Hùng
 Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Hệ thống chống bó cứng bánh xe khi phanh (ABS) là một trong những tính năng an toàn quan trọng nhất trên xe hiện đại. Nó tích hợp các hệ thống điện tử, hệ thống thủy lực và các thành phần cơ khí phức tạp. Bài báo này phát triển một mô hình toán học phi tuyến tính của hệ thống chống bó cứng phanh (ABS). Stateflow, một ứng dụng có trong phần mềm Matlab/Simulink sẽ được sử dụng để mô phỏng thuật toán điều khiển. Bằng việc ứng dụng Stateflow, các trạng thái làm việc của ABS sẽ được điều khiển linh hoạt, đảm bảo bánh xe không bị hãm cứng khi phanh.

Từ khóa: Hệ thống chống bó cứng phanh; Phi tuyến tính.

ABSTRACT

The Anti-lock Braking System (ABS) is one of the modern vehicles' most important safety features. It integrates complicated electronic systems, hydraulic systems, and mechanical components. This paper develops a non-linear mathematical model of the anti-lock braking system (ABS). Stateflow will be used to simulate the control algorithm, an application included in Matlab/Simulink software. By applying Stateflow, the functional status of ABS will be flexibly controlled, ensuring the wheel is not locked when braking.

Keywords: The Anti-lock Braking System; Non-linear.

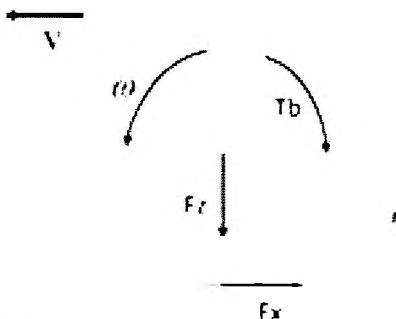
1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Hệ thống phanh ABS được nghiên cứu trên cơ sở điều khiển độ trượt của bánh xe khi phanh. Tham số đặc trưng cho sự khác nhau của vận tốc xe và vận tốc bánh xe được gọi là độ trượt bánh xe [1]. Ký hiệu là:

$$\lambda = \frac{v - \omega \cdot r}{v} 100\% \quad (1)$$

Trong đó: ω là vận tốc góc của bánh xe; v - Vận tốc thực của xe; r - Bán kính bánh xe.

ABS duy trì độ trượt bánh xe trong khoảng 10%-30% thì cho hiệu quả phanh cao nhất, vì vậy, mục tiêu của điều khiển là giảm sát và duy trì độ trượt bánh xe luôn nằm trong khoảng giá trị mong muốn bằng cách thay đổi áp suất phanh. Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu phương pháp điều khiển ABS bằng phương pháp điều khiển phi tuyến trên cơ sở mô hình động lực học một bánh xe phanh. Đầu tiên, phân tích động lực học của ba trạng thái điều khiển ABS, bao gồm tăng áp suất, giữ áp suất và giảm áp suất. Thứ hai, chu trình điều khiển phi tuyến của ABS được đưa vào bằng cách sử dụng các ngưỡng gia tốc góc bánh xe khác nhau ở các giai đoạn khác nhau và được mô phỏng bằng Stateflow.



Hình 1. Mô hình động lực học một bánh xe khi phanh

$$J\dot{\omega} = F_x \cdot r - T_b \tag{2}$$

$$F_x = \mu_b \cdot F_z \tag{3}$$

Trong đó: F_x : Lực kéo dọc theo bám của bánh xe; F_z : Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên bánh xe; T_b : Mô men phanh; r : Bán kính bánh xe; ω - Vận tốc góc bánh xe; μ_b : Hệ số bám.

Phân tích động lực học ba trạng thái hoạt động của ABS [2].

- Trạng thái tăng áp:

$$\frac{dP_a}{dt} = \frac{C_T A_T}{KV} (P_m - P_a)^k \tag{4}$$

Với P_a là áp suất dầu trong xi lanh phanh công tác; P_m là áp suất dầu trong xi lanh chính; V là tổng thể tích của xi lanh phanh và ống dẫn dầu; C_T là hệ số lưu lượng của van thường mở; A_T là diện tích tiết lưu của van thường mở; k là chỉ số của van điện từ thường mở; K là mô đun bulk của dầu phanh.

- Trạng thái giảm áp:

$$\frac{dP_a}{dt} = \frac{C_B A_B}{KV} P_a^n \tag{5}$$

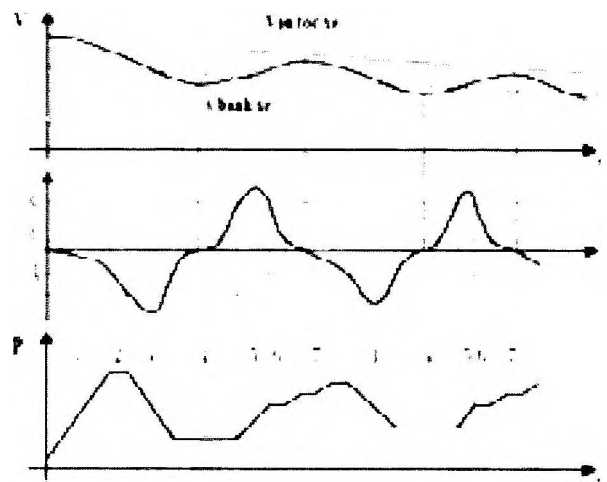
Với C_B là hệ số lưu lượng của van thường đóng; A_B là diện tích tiết lưu của van thường đóng; n là chỉ số của van điện từ thường đóng.

- Trạng thái giữ áp:

$$\frac{dP_a}{dt} = 0 \tag{6}$$

Mô men phanh có thể được xác định:

$$T_b = K_{pb} P_a \text{ với } K_{pb} \text{ là hệ số hiệu quả phanh.}$$



Hình 2. Đồ thị thuật toán điều khiển ABS

Với A_1 là ngưỡng gia tốc góc bánh xe của lần giảm áp suất đầu tiên, A_2 là ngưỡng gia tốc góc bánh xe của trạng thái giảm áp suất đến giữ áp suất, A_3 là ngưỡng gia tốc góc bánh xe của trạng thái giữ áp đến tăng áp suất. Bảng 1, thể hiện các pha điều khiển với các điều kiện chuyển giữa các trạng thái áp suất [4].

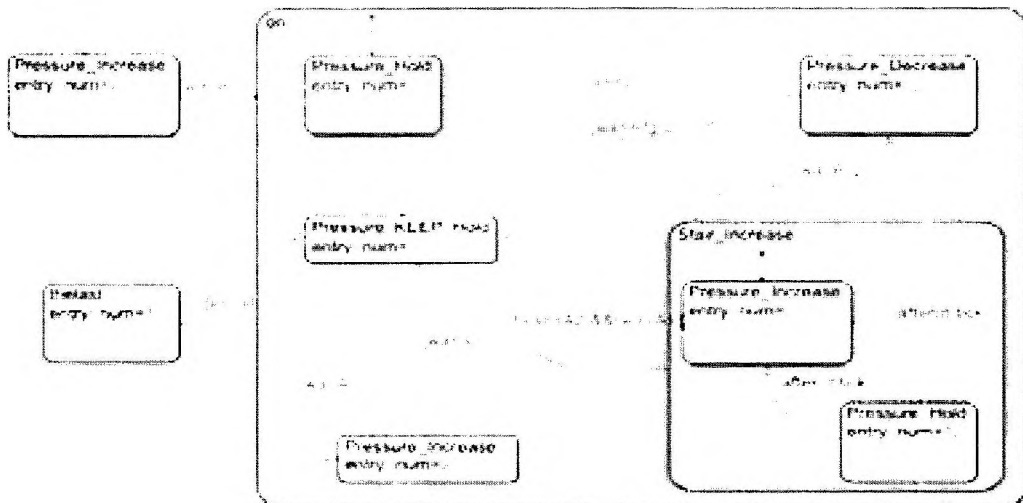
Bảng 1. Các pha điều khiển và điều kiện chuyển pha:

Pha	Điều kiện chuyển pha	Trạng thái áp suất
1	$\dot{\omega}$ giảm	Tăng áp suất
2	$\dot{\omega} < A_1$	Giữ áp suất
3	$\lambda > S_1$	Giảm áp suất
4	$A_1 < \dot{\omega} < A_3$	Giữ áp suất
5	$\dot{\omega} > A_3$	Tăng áp suất
6	$\dot{\omega} < A_3$	Giữ áp suất

7	$A_1 < \dot{\omega} < A_3$	Tăng áp suất
Lặp lại pha 3	$\dot{\omega} < A_1$	Giảm áp suất

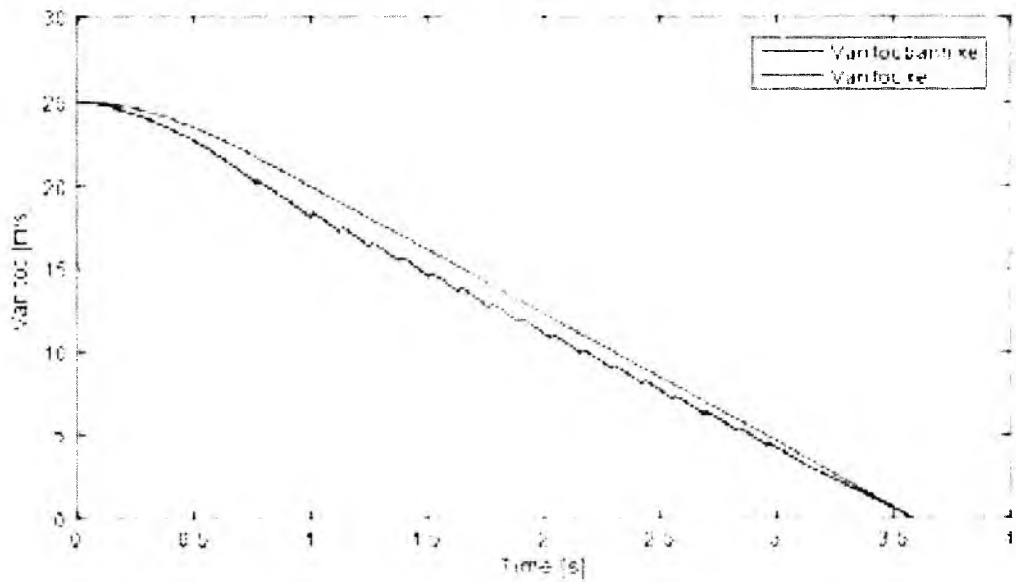
2. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

Bài báo tiến hành mô phỏng với mô hình ¼ khối lượng của xe (mô hình 1 bánh xe), với khối lượng là $m = 360$ kg, đang chuyển động với vận tốc ban đầu $v = 25$ m/s, mô men phanh $T_h = 1800$ Nm, phanh gấp cho đến khi xe dừng hẳn [3]. Trong khối mô phỏng Stateflow, các trạng thái áp suất được đánh mã hóa thành các số thứ tự từ 0 đến 3, điều kiện để chuyển giữa các trạng thái là dựa vào các ngưỡng gia tốc góc của bánh xe theo như thiết lập trong bảng 1. Tín hiệu đầu ra của khối Stateflow là số (num) tương ứng với các trạng thái áp suất như sau: 0-Trạng thái giảm áp suất; 1-Trạng thái giữ áp; 2-Trạng thái tăng áp; 3-Trạng thái tăng áp theo bậc. Cuối cùng điều kiện để ABS ngừng hoạt động là khi vận tốc xe dưới 4m/s ($v < 4$ m/s).



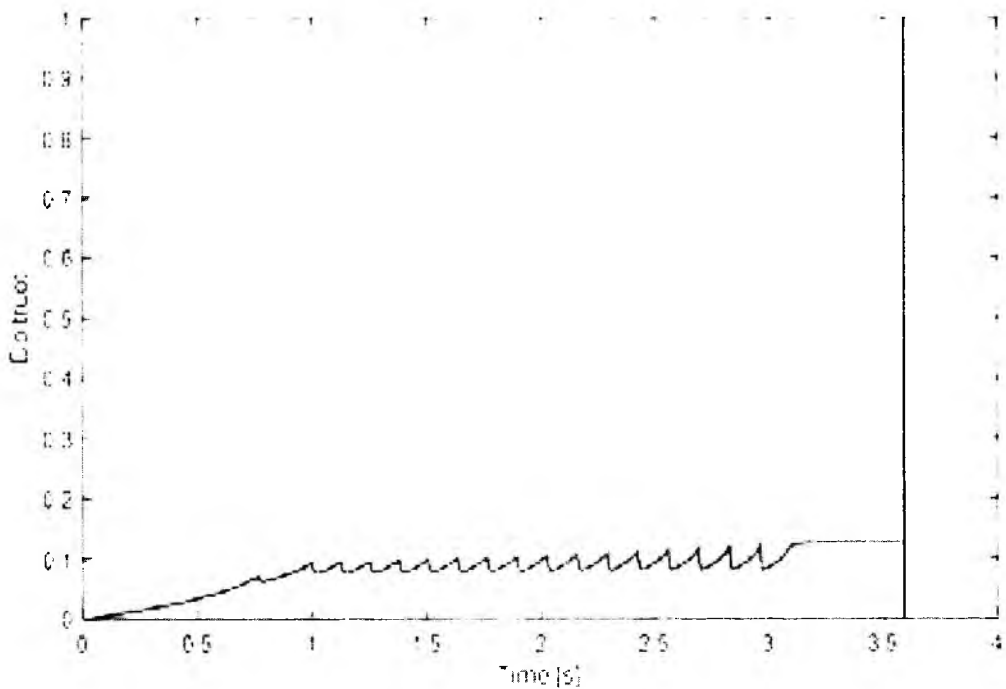
Hình 3. Mô hình khối điều khiển Stateflow của ABS

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 4. So sánh vận tốc xe và vận tốc bánh xe

Hình 4, cho thấy kết quả so sánh vận tốc của xe và bánh xe giảm từ 25 m/s cho đến lúc xe dừng hẳn với thời gian phanh là 3,6s. Ô tô khi phanh có ABS thì không có hiện tượng bánh xe bị hãm cứng trong suốt quá trình phanh, vận tốc của bánh xe dao động nhỏ và bám sát đường vận tốc xe cho đến khi xe dừng.



Hình 5. Đồ thị độ trượt bánh xe theo thời gian

Hình 5 cho thấy kết quả độ trượt của bánh xe từ vận tốc ban đầu 25 m/s cho đến khi dừng hẳn, độ trượt được duy trì dao động quanh giá trị độ trượt tối ưu, đáp ứng được mục tiêu của thuật toán điều khiển.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã tiến hành xây dựng mô hình toán học phi tuyến cụm bơm trong hệ thống phanh ABS một bánh xe và ứng dụng Stateflow để mô phỏng trong Simulink. Có thể thấy rằng, đây là một dạng điều khiển linh hoạt khi mà đầy đủ các trạng thái áp suất được thay đổi dễ dàng theo thuật toán điều khiển cho trước. Vì quá trình điều khiển độ trượt bánh xe bám sát gần như độ trượt mong muốn, do đó mà bánh xe không bị khóa cứng, xe không bị trượt lết trong suốt quá trình phanh. Việc ứng dụng Stateflow sẽ là công cụ hữu ích trong việc phi tuyến tính hóa các cụm trong ABS và tối ưu hóa thuật toán điều khiển trong tương lai. ❖

Ngày nhận bài: 12/02/2022

Ngày phản biện: 16/02/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Phúc Hiệu, Vũ Đức Lập; “*Lý thuyết ô tô Quân sự*”, NXB. Quân đội Nhân dân, Hà Nội, 2002.
- [2]. W. Qin, “*Research and development on evaluate system for vehicle ABS performance based on multi-dimension wheel force measurement*,” PhD Thesis, Southeast University, China, 2005.
- [3]. L. Zhang, “*Simulation and studying hydraulic anti-lock braking system of vehicle ABS methods*” MSc Thesis, University of Northeast, China, 2009.
- [4]. T. X. Zheng, “*Automotive ABS control strategy based on logic threshold*” J. Traffic Transp. Eng., vol. 10, no. 2, pp. 69–74, 2010.