

Chế tạo thử nghiệm hoạt động hệ thống phanh hạn chế trượt trên xe máy

Manufacture and operation test of anti-slip braking system on motorcycles

Nguyễn Sỹ An*, Hồ Hữu Hải, Lưu Văn Tuấn

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

**Email: anmin34@gmail.com*

Mobile: 0983393483

Tóm tắt

Từ khóa:

Hệ thống phanh hạn chế trượt;
Cơ cấu điều áp; Bộ điều khiển;
Gia tốc góc bánh xe.

Bài báo trình bày hệ thống phanh hạn chế trượt cho xe máy được đề xuất phát triển trên cơ sở hệ thống phanh đĩa dẫn động thủy lực có sẵn trên xe. Một cơ cấu điều chỉnh áp suất (cơ cấu điều áp) và bộ điều khiển điện tử được thêm vào hệ thống để điều khiển thay đổi áp suất dầu trong hệ thống phanh trên cơ sở tín hiệu gửi về từ cảm biến vận tốc góc bánh xe. Thử nghiệm xác định khả năng đáp ứng tần số của hệ thống được tiến hành trong phòng thí nghiệm và thử nghiệm đánh giá hoạt động của hệ thống được tiến hành trên xe thực với hai loại đường: asphalt khô và asphalt phủ bùn sét.

Abstract

Keywords:

Anti-slip braking system;
Pressure regulator; Electronic control unit;
Wheel angular acceleration.

This paper presents a proposed anti-slip braking system developed based on an existing hydraulic-driven disc brake system on a motorbike. This new braking system uses a pressure regulator and an electronic control unit (ECU) to regulate fluid pressure in motorcycle braking system. The ECU monitors wheel angular velocity from a proximity sensor and produces control signal to activate the pressure regulator based on wheel angular acceleration. The responsive frequency of the system was tested in the laboratory and system operation test was carried out on different road types: dry asphalt and wet clay asphalt.

Ngày nhận bài: 30/6/2018

Ngày nhận bài sửa: 07/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Trong số các phương tiện tham gia giao thông trên đường bộ ở Việt Nam thì số lượng xe máy đang chiếm tỉ lệ lớn so với các phương tiện khác. Trên xe máy được trang bị hệ thống phanh giúp giảm vận tốc xe, đảm bảo an toàn cho xe và người lái. Tuy nhiên nếu phanh đến mức làm trượt lết bánh xe thì phát sinh yếu tố gây mất an toàn khác. Khi bánh xe bị trượt dọc, hệ số bám ngang suy giảm rất nhanh về giá trị rất nhỏ. Khi đó nếu có lực ngang tác dụng vào xe thì xe sẽ quay ngang, dẫn đến mất cân bằng và tai nạn. Cần có một hệ thống hạn chế trượt lết của bánh xe trong khi phanh (tương tự như hệ thống ABS trên ô tô) nhằm tăng tính năng an toàn cho xe máy.

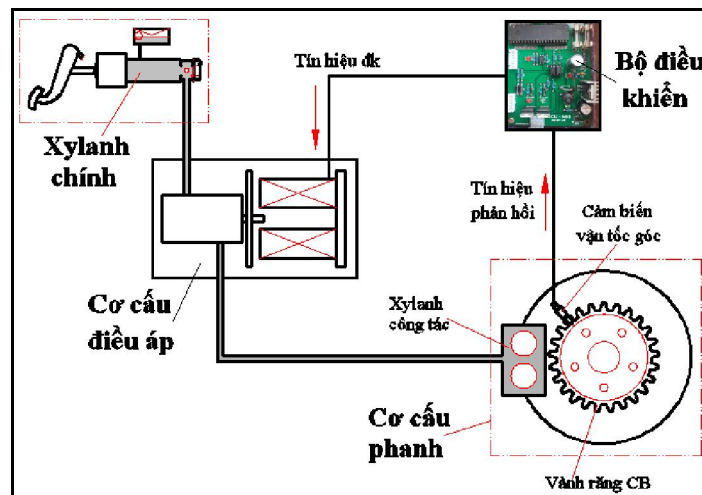
Trên ô tô hệ thống chống bó cứng bánh xe khi phanh ABS đã được sử dụng rộng rãi. Cho đến thời điểm hiện nay đã có rất nhiều công trình nghiên cứu về ABS trên ô tô được công bố. Các công trình nghiên cứu gần đây tập trung chủ yếu nghiên cứu về hệ thống điều khiển ABS trên xe và khá hoàn thiện.

Trên xe máy, các nghiên cứu về hệ thống ABS hoặc một hệ thống có tính năng tương tự như ABS cho xe máy được tập trung chủ yếu đi nghiên cứu đề xuất cơ cấu chấp hành và phương pháp điều khiển cho xe máy. Một số nghiên cứu đã đề xuất hệ thống chống bó cứng cho xe máy bằng các đề xuất cơ cấu chấp hành hoạt động theo nguyên lý khác với ABS trên ô tô [8], [10], [6], [12]. Một số nghiên cứu đưa ra phương pháp điều khiển bằng cách xác định hệ số bám của bánh xe với mặt đường bằng phương pháp đo góc nghiêng thân xe sử dụng nguồn phát sóng siêu âm [11], điều khiển bằng logic mờ [6], điều khiển theo PID [12]. Tuy nhiên đa phần các nghiên cứu đề khá công kênh, phức tạp khó trang bị trên xe máy hoặc là các công bố mới chỉ dừng lại ở kết quả mô phỏng trên các phần mềm. Ở Việt Nam hiện nay chưa có công trình khoa học nào nghiên cứu về hệ thống ABS hoặc một hệ thống có tính năng tương tự cho xe máy.

Một số hãng sản xuất xe máy lớn nghiên cứu và ứng dụng thành công. Tuy nhiên hệ thống ABS mới chỉ được trang bị cho các xe có phân khối lớn, có giá thành cao. Mặt khác các tài liệu, kết quả nghiên cứu là tư liệu riêng của các hãng, không được công bố hoặc có công bố chỉ mang tính chất hướng dẫn sử dụng. Trước tình hình đó cần thiết nghiên cứu hệ thống phanh hạn chế trượt cho xe máy có kết cấu đơn giản và phù hợp với điều kiện Việt Nam.

2. CHẾ TẠO HỆ THỐNG

Hệ thống phanh hạn chế trượt được đề xuất cho xe máy có cấu trúc thể hiện như hình 1. Hệ thống bao gồm xy lanh phanh chính, cơ cấu điều áp, cơ cấu phanh, bộ điều khiển và cảm biến vận tốc góc bánh xe. Trong đó xy lanh phanh chính và cơ cấu phanh có sẵn trên xe nghiên cứu, cơ cấu điều áp, bộ điều khiển và cảm biến vận tốc góc bánh xe được trang bị thêm vào hệ thống.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc hệ thống [1]

Xylanh chính có vai trò đẩy dầu phanh qua cơ cấu điều chỉnh áp suất đến cơ cấu phanh khi người lái tác động vào tay phanh. Xylanh chính được cấp dầu từ bình chứa dầu phanh.

Cơ cấu phanh bao gồm đĩa phanh, các má phanh và xy lanh công tác. Dầu phanh được cấp từ xy lanh chính đến xy lanh công tác (qua cơ cấu điều áp) tạo áp lực ép lên các má phanh vào đĩa phanh tạo mô men phanh.

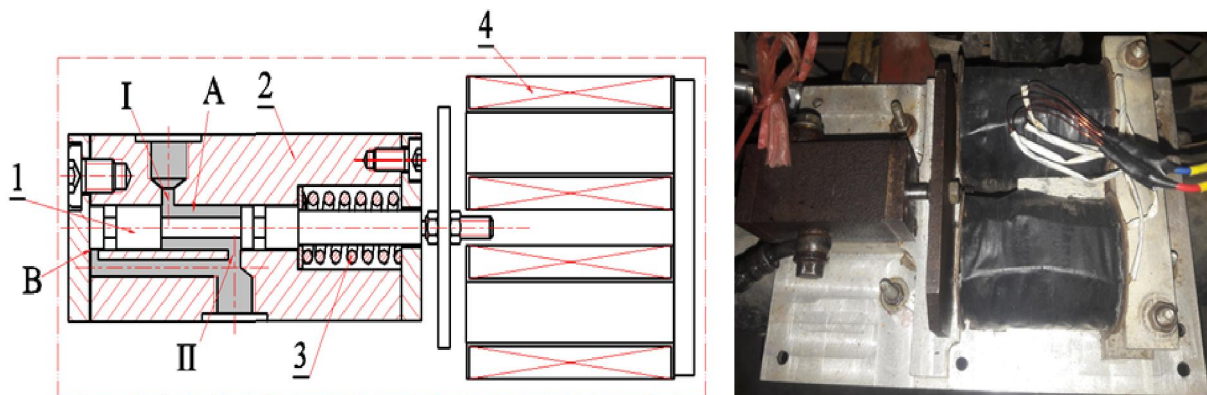
2.1. Cơ cấu điều áp

Cơ cấu điều áp có cấu tạo như hình 2 gồm 2 bộ phận chính là nam châm điện (4) và van điều áp trong đó có con trượt (1), vỏ van (2) và lò xo hồi vị (3).

Cơ cấu điều áp chính là cơ cấu chấp hành nhằm điều tiết áp suất trong cơ cấu phanh. Với cơ cấu điều áp hệ thống làm việc ở 2 chế độ: Chế độ tăng áp: áp suất trong hệ thống tăng theo lực bàn đạp; Chế độ giảm áp: áp suất trong hệ thống giảm theo tín hiệu điều khiển giảm áp.

Ở chế độ tăng áp, cơ cấu điều áp nhận được tín hiệu tăng áp, nam châm điện không sinh lực (không có dòng điện đi đến nam châm), con trượt 1 bị lò xo hồi vị 3 đẩy hoàn toàn sang phía trái, dầu phanh từ cửa I được thông hoàn toàn sang cửa II (dầu phanh đi từ xy lanh chính đến cơ cấu phanh), áp suất phanh trong cơ cấu phanh phụ thuộc lực bàn đạp.

Ở chế độ giảm áp, cơ cấu điều áp nhận được tín hiệu giảm áp, nam châm điện được cấp dòng điện tạo lực hút, hút con trượt 1 dịch chuyển sang phải, nén lò xo hồi vị 3 lại. Khi con trượt vượt dịch chuyển qua cửa I, cửa I bị đóng lại, ngăn dầu từ xy lanh chính. Con trượt tịnh tiến dịch chuyển sang phải, làm xuất hiện khoang hồi dầu B, dầu từ cơ cấu phanh đi đến khoang B và áp suất phanh ở cơ cấu phanh giảm xuống. Khi ngừng cấp dòng điện vào nam châm điện, lực hút điện từ mất đi, con trượt 1 bị lò xo hồi vị 3 đẩy sang trái đẩy dầu phanh từ khoang B trở lại xy lanh công tác và hệ thống trở về chế độ tăng áp, cửa I thông với cửa II.



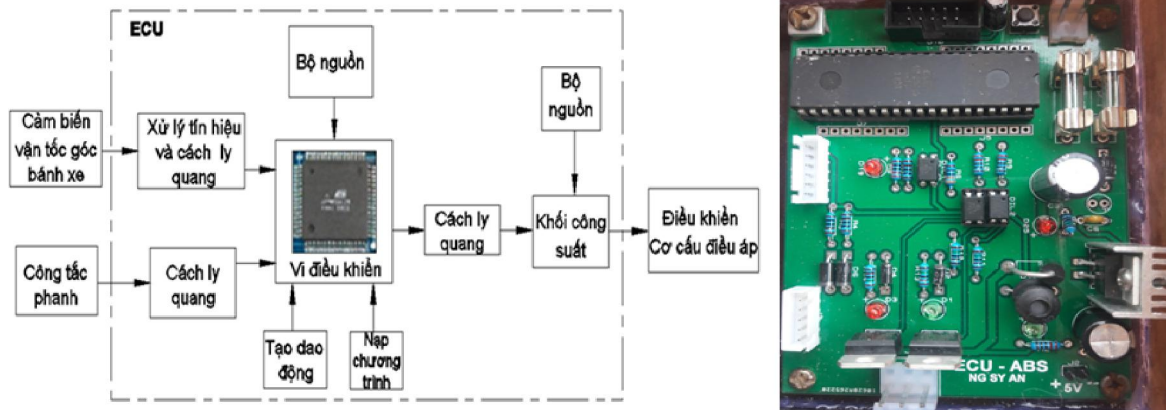
- | | |
|--|------------------|
| 1. Con trượt | 3. Lò xo hồi vị |
| 2. Vỏ van | 4. Nam châm điện |
| I: Cửa dầu vào cơ cấu điều áp từ xy lanh chính | |
| II: Cửa dầu từ cơ cấu điều áp đến xy lanh công tác | |
| A. Khoang cấp dầu từ xy lanh chính | |
| B. Khoang hồi dầu từ xy lanh công tác | |

Hình 2. Cơ cấu điều áp [2]

2.2. Bộ điều khiển

Bộ điều khiển có nhiệm vụ nhận tín hiệu phản hồi từ cảm biến vận tốc góc bánh xe, tính toán đưa ra tín hiệu điều khiển cơ cấu điều áp. Bộ điều khiển được thiết kế có khả năng điều khiển độc lập cho từng bánh xe.

Bộ điều khiển gồm các khối chức năng sau:

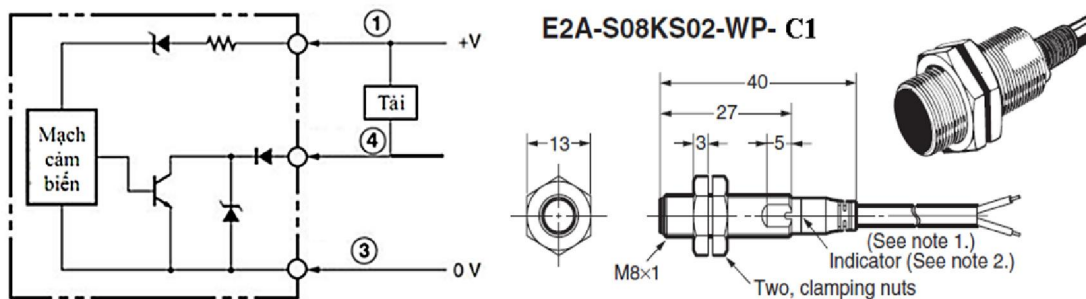


Hình 3. Cấu trúc bộ điều khiển điện tử của hệ thống phanh hạn chế trượt

Bộ điều khiển được thiết kế để điều khiển cơ cấu điều áp theo gia tốc góc bánh xe theo thuật toán điều khiển như bài báo trước [4]. Bộ điều khiển liên tục theo dõi vận tốc góc bánh xe và tính toán ra gia tốc góc bánh xe ở trạng thái chờ. Khi có thêm tín hiệu công tác bàn đạp phanh bộ điều khiển lập tức chuyển sang chế độ sẵn sàng làm việc. Khi đó các chương trình nạp sẵn trong bộ điều khiển được kích hoạt và sẽ đưa ra các tín hiệu điều khiển cơ cấu điều áp. Tín hiệu điều khiển cơ cấu điều áp là tín hiệu điều khiển cấp dòng điện cho nam châm điện cơ cấu điều áp.

2.3. Cảm biến vận tốc góc

Do điều kiện làm việc trong môi trường bụi bẩn, nước... (lắp ở gần bánh xe) nên nghiên cứu đã lựa chọn loại cảm biến từ trở biến thiên kết hợp với vành răng (đĩa xích có sẵn trên xe) để đo vận tốc góc bánh xe. Cảm biến từ trở biến thiên được lựa chọn là một loại cảm biến của hãng Omron, có mã hiệu E2A-S08KS02-WP-C1 2M. Đây là loại cảm biến thông dụng trong công nghiệp, dễ tìm mua và giá thành rẻ.

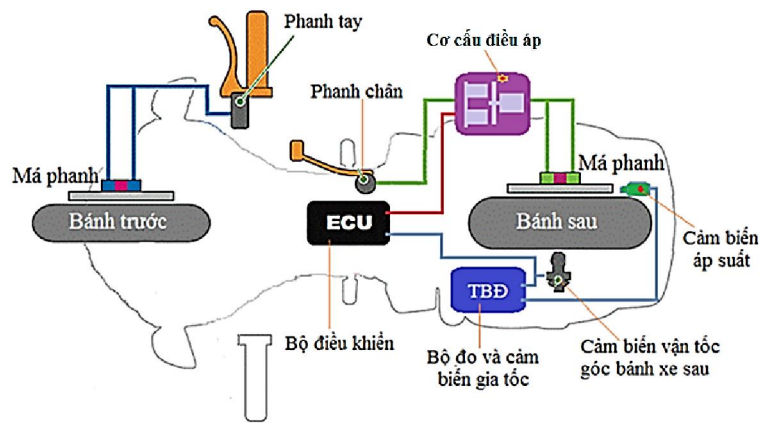


Hình 4. Cảm biến vận tốc góc [5]

3. THỰC NGHIỆM

3.1. Bố trí hệ thống

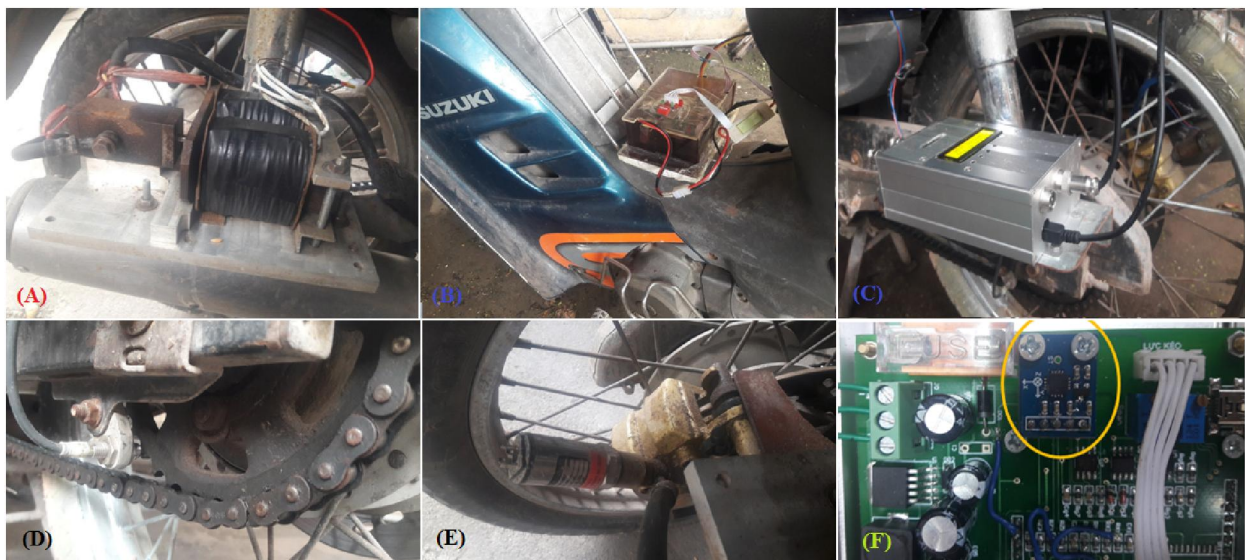
Sơ đồ bố trí hệ thống trên xe máy như hình 5.



Hình 5. Sơ đồ bố trí hệ thống trên xe máy

Hệ thống phanh xe máy nghiên cứu bao gồm 2 hệ thống phanh độc lập cho từng bánh xe: bánh xe phía trước và bánh xe phía sau. Khi xảy ra hiện tượng trượt ở bánh xe phía trước nguy hiểm hơn do bánh xe phía trước là bánh xe dẫn hướng. Trong quá trình thực nghiệm phanh xe máy có sự phân bố lại trọng lượng làm trọng tâm xe dịch về phía trước dẫn đến bánh xe phía sau thường có xu hướng dễ trượt hơn. Hơn nữa bài báo nghiên cứu một hệ thống phanh hạn chế trượt cụ thể làm cơ sở để phát triển hệ thống hoàn chỉnh trang bị cho toàn bộ hai bánh xe. Do vậy hệ thống phanh hạn chế trượt trang bị trên hệ thống phanh bánh xe phía sau xe máy để thuận lợi cho thực nghiệm hoạt động của hệ thống.

Để tiến hành thực nghiệm trên đường thực nghiệm cấu trúc lắp đặt hệ thống phanh hạn chế trượt và thiết bị đo cũng như các loại cảm biến như hình 6.



- (A). Bố trí cơ cấu điều áp
- (B). Bố trí bộ điều khiển (ECU)
- (C). Bố trí thiết bị đo

- (D). Bố trí cảm biến vận tốc góc
- (E). Bố trí cảm biến áp suất
- (F). Bố trí cảm biến gia tốc phanh

Hình 6. Bố trí hệ thống trên xe máy

3.2. Thiết bị đo

Để đánh giá hoạt động của hệ thống, nghiên cứu đo vận tốc góc bánh xe, áp suất dầu trong cơ cấu phanh và gia tốc chậm dần của xe trong quá trình phanh. Một thiết bị có khả năng đo và ghi dữ liệu các thông số trên được thiết kế và bố trí lắp đặt trên xe máy như hình 6C.

Cảm biến vận tốc góc bánh xe đếm số xung (răng cảm biến) trong một khoảng thời gian T nhất định để xác định vận tốc góc bánh xe theo công thức:

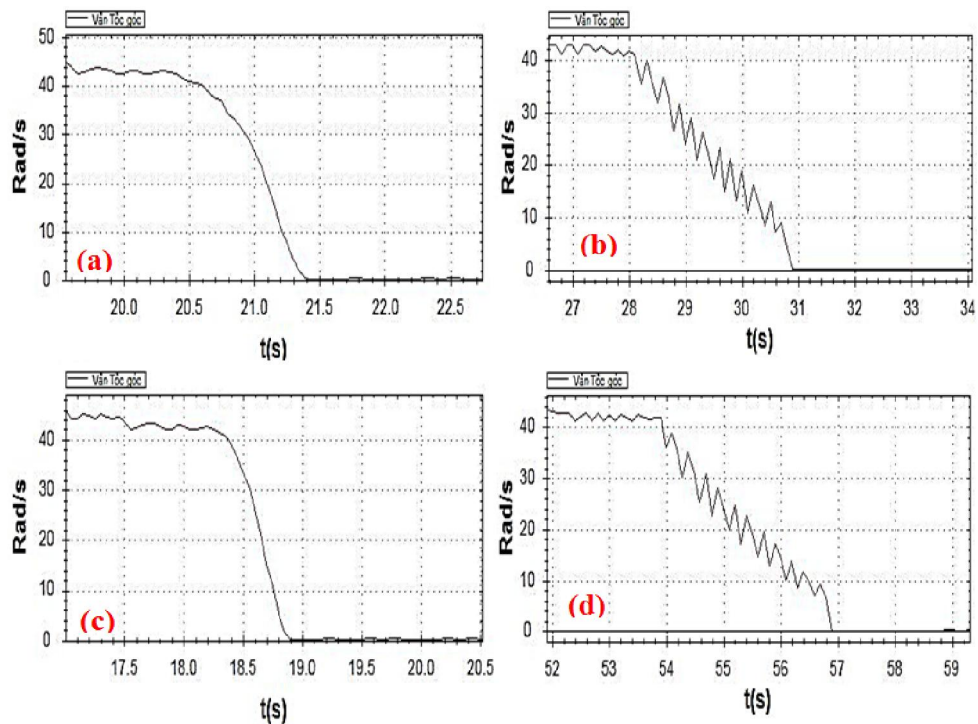
$$\omega = \frac{n_T \cdot 2\pi}{T \cdot N_v} \left(\frac{rad}{s} \right)$$

Trong đó n_T : Số xung đếm được trong khoảng thời gian T;
 T: Thời gian lấy mẫu (s);
 N_v : Số răng của vành răng cảm biến.

Cảm biến áp suất M5256-C3079E-050BG của hãng Sensys được sử dụng để đo áp suất dầu phanh trong cơ cấu phanh (được lắp trên xe máy như hình 6E). Tín hiệu đầu ra của cảm biến áp suất là tín hiệu dòng điện (4-20mA) được chuyển thành tín hiệu điện áp (0-5V) để đưa vào vi điều khiển. Từ giá trị điện áp này vi điều khiển tính toán được giá trị áp suất.

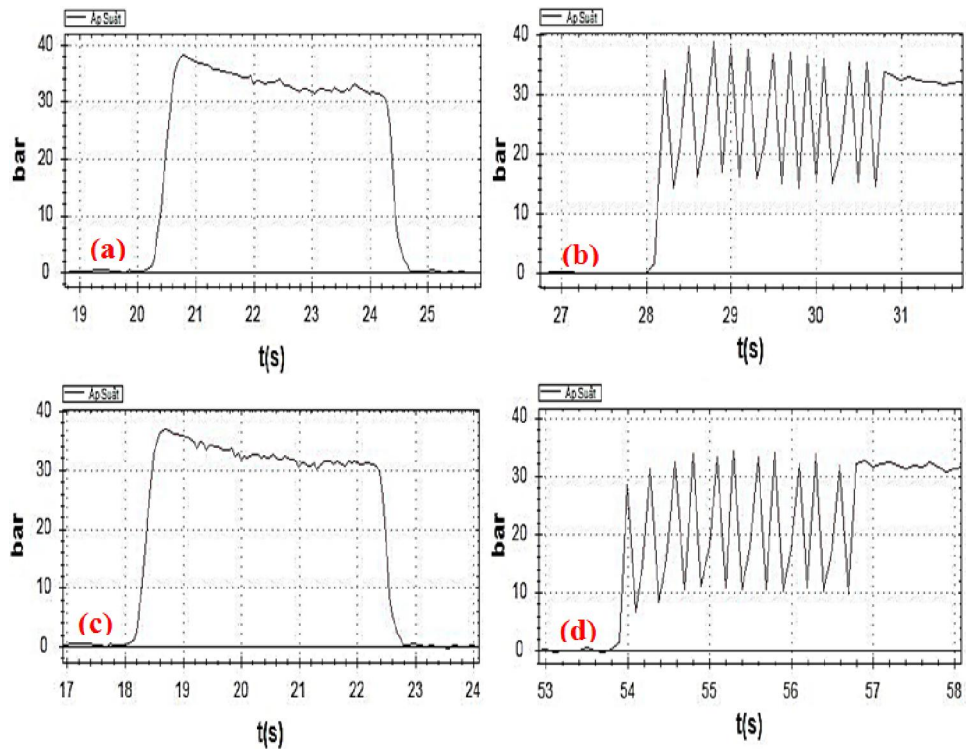
Để đo gia tốc chậm dần của xe khi phanh, nghiên cứu sử dụng cảm biến gia tốc ADXL335 (Analog Device). Đây là cảm biến gia tốc có tín hiệu ngõ ra tương tự, tiêu thụ năng lượng thấp đồng thời có kích thước nhỏ gọn, khối lượng nhẹ nên được lắp đặt ngay trên bảng mạch của thiết bị đo như hình 6F.

4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



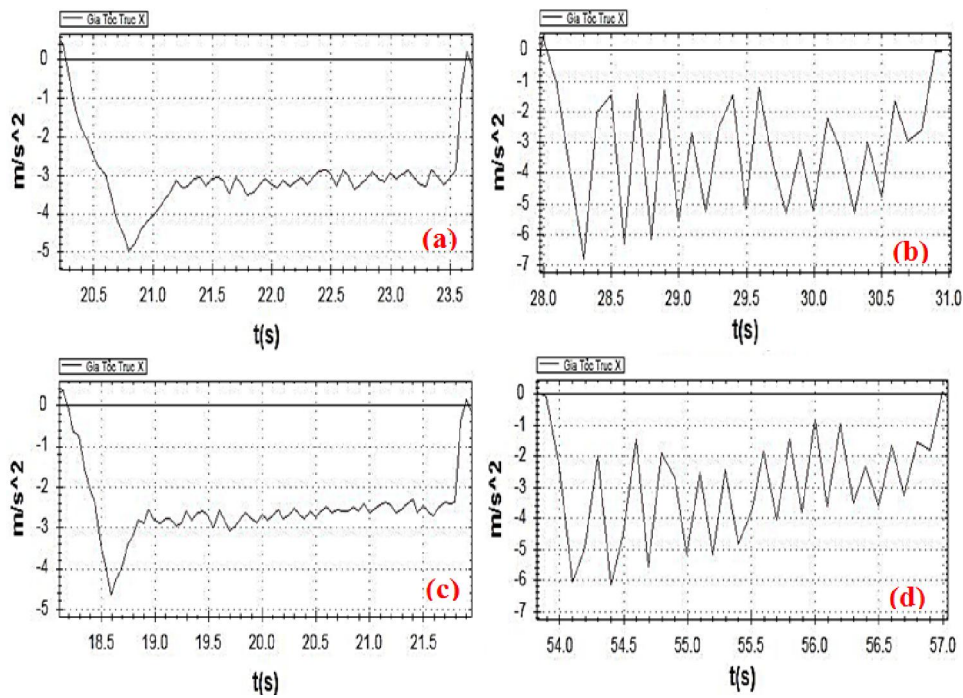
- (a). Không ĐK – asphalt khô
 (b). Có ĐK – asphalt khô
 (c). Không ĐK – asphalt phủ bùn sét
 (d). Có ĐK – asphalt phủ bùn sét

Hình 7. Đồ thị vận tốc góc bánh xe sau



(a). Không ĐK – asphalt khô
 (b). Có ĐK – asphalt khô
 (c). Không ĐK – asphalt phủ bùn sét
 (d). Có ĐK – asphalt phủ bùn sét

Hình 8. Đồ thị áp suất phanh



(a). Không ĐK – asphalt khô
 (b). Có ĐK – asphalt khô
 (c). Không ĐK – asphalt phủ bùn sét
 (d). Có ĐK – asphalt phủ bùn sét

Hình 9. Đồ thị gia tốc phanh

Thực nghiệm phanh xe từ vận tốc 40km/h trong 2 trường hợp không bật công tắc cấp nguồn cho bộ điều khiển (hệ thống điều khiển không hoạt động) và bật công tắc cấp nguồn cho bộ điều khiển (hệ thống điều khiển hoạt động), theo dõi ba thông số gồm: vận tốc góc bánh xe, áp suất phanh và gia tốc phanh của xe khảo sát và sơ bộ đánh giá quá trình phanh. Điều khiển xe tăng tốc, đến vận tốc ổn định khoảng 40km/h (tương ứng với vận tốc góc bánh xe khoảng 42- 43 rad/s) sau đó tiến hành phanh gấp (đạp phanh hết hành trình) giữ bàn đạp phanh đến khi xe ngừng hẳn.

Từ kết quả thực nghiệm trên đường asphalt khô và asphalt phủ bùn sét cho thấy:

Trong trường hợp hệ thống phanh hạn chế trượt không làm việc, vận tốc góc bánh xe biến thiên tuyến tính từ giá trị ban đầu (khoảng 42 rad/s) giảm về giá trị 0 rad/s (bánh xe bị bó cứng) sau khoảng thời gian rất ngắn (khoảng 1,2s với đường asphalt khô; 0,7s với đường asphalt phủ bùn sét) (hình 7a,c). Bánh xe rất nhanh bị bó cứng và bị trượt lết trong suốt quá trình phanh sau đó. Trong trường hợp hệ thống phanh hạn chế trượt làm việc, vận tốc góc bánh xe biến thiên có tính chất chu kỳ từ giá trị ban đầu giảm đến giá trị 0 rad/s trong thời gian dài hơn (khoảng 2,8 giây với đường asphalt khô; 3,1s với đường asphalt phủ bùn sét) (hình 7b,d). Trong hầu hết quá trình phanh bánh xe không bị bó cứng. Điều này cho thấy hệ thống phanh hạn chế trượt làm việc đã làm giảm hiện tượng bó cứng bánh xe khi phanh.

Trên cả hai loại đường, trong trường hợp hệ thống phanh hạn chế trượt không làm việc, áp suất phanh tăng tuyến tính và duy trì khoảng 35 bar trong suốt quá trình phanh (hình 8a,c). Còn trong trường hợp hệ thống phanh hạn chế trượt làm việc áp suất hệ thống phanh biến thiên tăng giảm có tính chất chu kỳ từ giá trị cực đại (35 bar) và giá trị cực tiểu (10 bar) (hình 8b,d). Áp suất phanh đã được cơ cấu điều áp điều chỉnh tăng giảm theo pha trong quá trình phanh.

Trong trường hợp hệ thống phanh hạn chế trượt không làm việc, gia tốc phanh trên cả hai loại đường đều tăng đến giá trị cực đại sau đó giảm xuống và duy trì giá trị áp suất thấp. Cụ thể trên đường asphalt khô gia tốc phanh trung bình đạt khoảng $3,1 \text{ m/s}^2$ (hình 9a). Trên đường asphalt phủ bùn sét gia tốc phanh trung bình đạt khoảng $2,6 \text{ m/s}^2$ (hình 9c). Điều này kết hợp với đồ thị vận tốc góc bánh xe trong trường hợp hệ thống phanh hạn chế trượt không làm việc có thể thấy xe đã xảy ra hiện tượng trượt lết trong quá trình phanh.

Còn trường hợp hệ thống phanh hạn chế trượt làm việc, gia tốc phanh biến thiên tăng giảm có tính chất chu kỳ với giá trị gia tốc phanh trung bình lớn hơn trường hợp phanh hạn chế trượt không làm việc trên cả hai loại đường. Cụ thể trên đường asphalt khô gia tốc phanh trung bình khoảng $3,9 \text{ m/s}^2$ (hình 9b). Còn trên đường asphalt phủ bùn sét ướt gia tốc phanh trung bình $3,1 \text{ m/s}^2$ (hình 9d).

Thời gian phanh xác định gián tiếp thông qua đồ thị gia tốc phanh từ thời điểm bắt đầu phanh gia tốc phanh giảm đến khi kết thúc quá trình phanh gia tốc phanh về giá trị "0", có thể thấy trong trường hợp không có điều khiển thời gian phanh (đường asphalt khô 3,4s; đường asphalt phủ bùn sét 3,8s) (hình 9a,c) dài hơn so với trường hợp có điều khiển (đường asphalt khô 2,9s; đường asphalt phủ bùn sét 3,2s) (hình 9b,d).

Điều này cho thấy trên hai loại đường là asphalt khô và asphalt phủ bùn sét, hệ thống phanh hạn chế trượt làm việc bước đầu có hiệu quả giảm hiện tượng bó cứng, tăng gia tốc phanh trung bình lên khoảng 16% và giảm thời gian phanh khoảng 15%.

5. KẾT LUẬN

Hệ thống phanh hạn chế trượt đã được chế tạo thử nghiệm và bố trí phù hợp trên xe máy. Bộ điều khiển và hệ thống đo kiểm theo dõi các thông số trong quá trình phanh trên xe máy phù hợp với điều kiện thực tế.

Thực nghiệm trên xe thực và lấy được số liệu thực nghiệm cho thấy hệ thống phanh hạn chế trượt làm việc bước đầu có hiệu quả trên hai loại đường là asphalt khô, asphalt phủ bùn sét thể hiện giảm hiện tượng bó cứng, tăng gia tốc phanh trung bình và giảm thời gian phanh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Sỹ An, Hồ Hữu Hải, Hồ Hữu Hùng (2014), *Nghiên cứu đề xuất hệ thống phanh điều chỉnh áp suất cho xe máy*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam ISSN 0866 - 7056, Số đặc biệt 5/2014, trang 30-34.
- [2]. Nguyễn Sỹ An, Hồ Hữu Hải, Lưu Văn Tuấn (2014), *Mô phỏng hoạt động của cơ cấu điều áp trong hệ thống phanh xe máy*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam ISSN 0866 - 7056, Số đặc biệt 5/2014, trang 35-40.
- [3]. Nguyễn Sỹ An, Hồ Hữu Hải (2017), *Mô phỏng hoạt động của hệ thống phanh abs điều khiển theo độ trượt cho xe máy*, Tạp chí Công nghệ giao thông vận tải ISBN 978-604-76-0594-1, Số 9/2017, trang 101–104.
- [4]. Nguyễn Sỹ An, Hồ Hữu Hải, Lưu Văn Tuấn (2018), *Mô phỏng xác định ngưỡng điều khiển abs cho xe máy theo gia tốc góc bánh xe*, Tạp chí Công nghệ giao thông vận tải ISBN 978-604-76-0594-1, Số 3/2018, trang 105–108.
- [5]. Hồ Hữu Hùng (2016), “*Nghiên cứu hệ thống ABS dẫn động khí nén*”, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Đại học Bách Khoa Hà Nội.
- [6]. Chun-Kuei HUANG, Ming-Chang SHIH, “*Design of hydraulic anti-lock brake system (ABS) for a motorcycle*” International forum on System and Mechatronics, 2010, pp 1141-1149.
- [7]. David Burton, Amanda Delaney, Stuart Newstead, David Logan, Brian Fildes, 2004, “*Evaluation of Anti-lock Braking Systems Effectiveness*”, Royal Automobile Club of Victoria (RACV).
- [8]. Takefumi Sato, *Antilock brake control system for a motorcycle front wheel*, US Patent 4123118, 1978.
- [9]. Takeshi Wakabayashi, Takushi Matsuto, Kazuhiro Tani, Atsuo Ohta (1998), *Development of motor actuated antilock brake system for light weight motorcycle*, JSAE Review 19 (1998) pp 373-377.
- [10]. Po-Hsi Chen Long-Cherng HwuPuu-An Juang, “*Hydraulic anti-locking brake system for motorcycle*”, US patent 6715848, 2004.
- [11]. Josef Pickenhahn Stephen P. J. Barr Christoph Beuerle Klaus Glasmacher Alois Weidele Martin Fischer, *Method of anti-lock brake control for motorcycle vehicle*, US Patent 4989922, 1991.
- [12]. Syed Samiuddin Husseni, Soham Ghosh, “*Design of Anti-Lock Braking System for Small Capacity Motorcycles*” https://www.academia.edu/33343379/Design_of_Anti-Lock_Braking_System_for_Small_Capacity_Motorcycles.