# THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PHANH CHỐNG BÓ CỨNG BÁNH XE CHO XE MÔ TÔ

## DESIGN OF AN ANTI-LOCK BRAKING CONTROL SYSTEM FOR MOTORCYCLES

**Phạm Quốc Thái*, Phan Văn Bình, Văn Công Tài**

*Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng;*pqthai@dut.udn.vn*

**Tóm tắt -** Hệ thống phanh chống bó cứng bánh xe (ABS) được trang bị trên xe mô tô nhằm giúp nâng cao tính an toàn cho người điều khiển và người tham gia giao thông khi xe phanh khẩn cấp. Bài báo này mô tả thiết kế hệ thống điều khiển ABS cho xe mô tô 2 bánh. Sau khi phân tích và thiết kế tổng thể hệ thống ABS, hệ thống điều khiển ABS cho xe mô tô được phát triển dựa vào vi điều khiển Arduino Mega và các cảm biến tốc độ. Sau đó, tiến hành lắp đặt và thử nghiệm hệ thống ABS trên xe HUSKY với tốc độ phanh ban đầu khác nhau trên những đường có hệ số bám khác nhau. Kết quả thử nghiệm cho thấy xe được trang bị ABS vận hành ổn định, an toàn, và hiệu quả của hệ thống ABS cũng được xác nhận rõ ràng.

**Từ khóa -** Xe mô tô; hệ thống phanh chống bó cứng bánh xe (ABS); điều khiển; cảm biến; cơ cấu chấp hành

**Abstract -** An Anti-lock braking system (ABS) is developed for motorcycles to improve safety during emergent braking conditions. This work describes the design of an anti-lock braking control system for two-wheeled motorcycles. After analyzing and designing the general the ABS for a motorcycle, the electronic control system for the ABS is investigated based on the Arduino Mega microcontroller and speed sensors. The proposed system was assembled in HUSKY motorcycle, and an experiment was conducted under the different initial braking velocities on roads with different adhesive coefficients. The test results have revealed that a motorcycle equipped with the ABS can operate stably and safely, and the effectiveness of the proposed system has been confirmed.

**Key words -** Motorcycles; Anti-lock Braking System (ABS); control; sensor; actuators

## 1. Đặt vấn đề

Hệ thống phanh chống bó cứng bánh xe (ABS) được phát triển và trang bị trên các phương tiện giao thông nhằm tăng tính an toàn cho người tham gia giao thông [1]. Tuy nhiên, hiện nay hệ thống ABS được trang bị chủ yếu cho xe ô tô và chưa được phát triển phổ biến cho xe mô tô. Ở các nước trong khu vực châu Á, xe mô tô là phương tiện giao thông thiết yếu đối với người dân và được sử dụng với số lượng rất lớn, đặc biệt là ở các nước đang phát triển. Đối với xe mô tô, khi phanh khẩn cấp, đặc biệt là khi vận hành trên đường có hệ số bám thấp thì dễ gây ra tai nạn do bánh xe bị bó cứng và người điều khiển không kiểm soát được việc lái xe trong quá trình phanh [2–3].

Trong những năm qua, một số nghiên cứu liên quan đến ABS cho xe mô tô, như: Phát triển cụm thủy lực (Hydraulic modulator) cho hệ thống ABS trên xe mô tô [4–6]; Các chiến thuật điều khiển (control strategy) hệ thống ABS cũng được đề xuất [7–9].

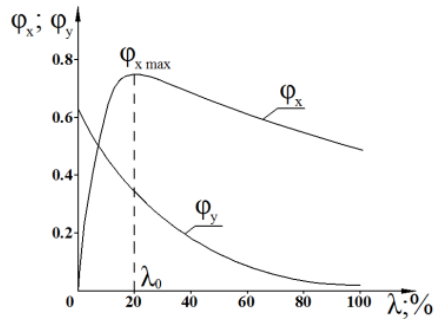
Ở Việt Nam, xe mô tô là phương tiện giao thông chính của nhiều người dân, với hơn 58 triệu xe và số vụ tai nạn giao thông do xe mô tô gây ra ngày càng tăng. Trong khi đó, các nghiên cứu về hệ thống an toàn cho xe mô tô cũng chưa được quan tâm triển khai thích đáng. Do đó, việc nghiên cứu và phát triển hệ thống ABS cho mô tô là rất cần thiết. Nghiên cứu này đề xuất giải pháp thiết kế và lắp đặt hệ thống phanh ABS cho xe mô tô nhằm tăng tính an toàn khi xe mô tô vận hành trên đường.

## 2. Cơ sở lý thuyết hệ thống ABS

Hệ thống ABS có nhiệm vụ tránh các bánh xe khỏi bị trượt lê trên đường khi phanh gấp nhằm đảm bảo an toàn cho người lái xe. Khi xe chuyển động ở tốc độ không đổi thì tốc độ xe ($V_x$) và tốc độ bánh xe ($V_{bx}$) là bằng nhau. Tuy nhiên, khi người lái xe tác động lên phanh thì $V_x$ và $V_{bx}$ sẽ khác nhau. Sự khác nhau đó được đặc trưng bằng hệ số trượt tương đối ($\lambda$) và được xác định theo biểu thức (1) như sau:

$$\lambda = \frac{V_x - \omega_b . r_{bx}}{V_x} 100\% \quad (1)$$

Để đảm bảo quá trình phanh đạt hiệu quả, tính ổn định và tính dẫn hướng cao thì $\lambda$ nằm trong giới hạn $\lambda_0$ = (15%-30%). Lúc này, hệ số bám dọc $\varphi_x$ đạt giá trị cực đại và hệ số bám ngang $\varphi_y$ cũng đạt giá trị cao [1].




***Hình 1.*** *Sự thay đổi hệ số bám dọc $\varphi_x$ và hệ số bám ngang $\varphi_y$ theo độ trượt tương đối $\lambda$ của bánh xe khi phanh*

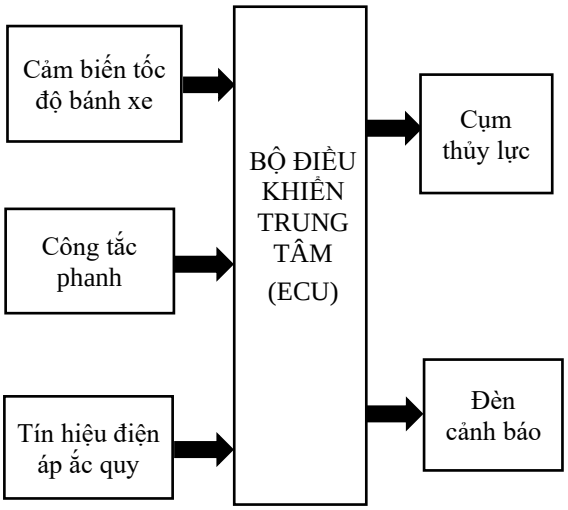
Như vậy, nhiệm vụ cơ bản của hệ thống ABS là giữ cho độ trượt tương đối của bánh xe trong quá trình phanh đạt giá trị trong giới hạn $\lambda_0$. Mối liên hệ giữa hệ số bám dọc $\varphi_x$ và hệ số bám ngang $\varphi_y$ theo độ trượt tương đối $\lambda$ của bánh xe khi phanh được thể hiện ở Hình 1.

## 3. Thiết kế hệ thống điều khiển phanh ABS

### *3.1. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển*

Bộ điều khiển trung tâm sẽ liên tục nhận tín hiệu từ cảm biến tốc độ bánh xe, tín hiệu từ công tắc phanh và tín hiệu điện áp từ ắc quy. Từ đó, bộ điều khiển trung tâm xử lý, tính toán và đưa ra tín hiệu điều khiển đến cơ cấu chấp hành là cụm thủy lực để quá trình phanh không bị bó cứng bánh

xe. Ngoài ra, bộ điều khiển trung tâm cũng gửi tín đến hiệu đèn cảnh báo để báo trạng thái hoạt động của ABS. Hình 2 mô tả sơ đồ khối hệ thống điều khiển phanh ABS.




***Hình 2.*** *Sơ đồ khối hệ thống điều khiển hệ thống phanh ABS*

### *3.2. Thiết kế mạch điều khiển*

*3.2.1. Bộ điều khiển trung tâm*

Bộ điều khiển trung tâm sử dụng vi điều khiển Arduino Mega 328P. Mạch có 32 KB bộ nhớ Flash, 2KB SRAM và tần số hoạt động 16 MHz. Do đó, vi điều khiển Arduino Mega 328P có đủ khả năng đáp ứng được yêu cầu điều khiển hệ thống ABS và xử lý song song nhiều dữ liệu đầu vào.

***Hình 3.*** *Mạch Arduino Mega 328P*

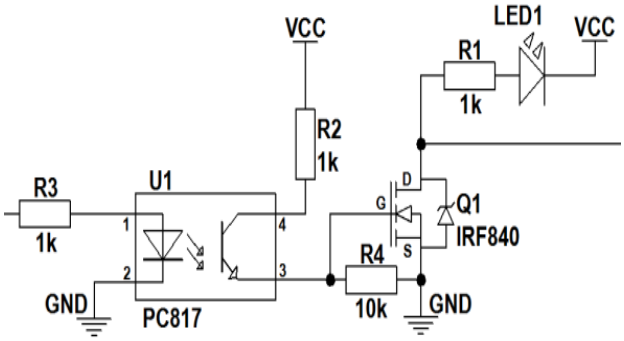
Việc điều khiển Arduino Mega 328P khá đơn giản chỉ việc kết nối nó với máy tính bằng cable USB và lập trình điều khiển [10]. Hình 3 là hình ảnh của điều khiển Arduino Mega 328P và các thông số cơ của vi điều khiển được mô tả như trong Bảng 1.

***Bảng 1.*** *Thông số kỹ thuật của Arduino Mega 328P*

| STT | Thông số | Giá trị |
|---|---|---|
| 1 | Chip xử lý | Atmega 328P |
| 2 | Điện áp hoạt động | 5V |
| 3 | Tần số hoạt động | 16 MHz |
| 4 | Điện áp vào giới hạn | (6–20) V |
| 5 | Dòng điện trên mỗi chân vào/ra | 40 mA |
| 6 | Số chân vào/ra số | 14 |
| 7 | Số chân vào/ra tương tự | 8 |
| 8 | Bộ nhớ Flash Memory | 32 KB |
| 9 | Bộ nhớ SRAM | 2 KB |
| 10 | Bộ nhớ EEPROM | 1 KB |

*3.2.2. Mạch điều khiển công suất*

Để điều khiển các cơ cấu chấp hành (bơm, van điện từ) có dòng điện lớn cần phải sử dụng mạch công suất vì dòng điện điều khiển từ vi điều khiển nhỏ. Mạch điều khiển có chức năng nhận tín hiệu điều khiển từ bộ xử lý trung tâm và điều khiển các cơ cấu chấp hành. Sơ đồ mạch điều khiển được thể hiện như Hình 4.




***Hình 4.*** *Sơ đồ mạch điều khiển hệ thống phanh ABS*

Trong nghiên cứu này, sử dụng Transistor công suất Mosfet IRF840 để điều khiển dòng điện lớn có thể lên đến 23A đảm bảo việc điều khiển cụm thủy lực. Ngoài ra, mạch cách ly quang Opto PC817 được sử dụng để đảm bảo tính an toàn cho mạch. Thông số kỹ thuật của Mosfet IRF840 và Opto PC817 được thể hiện ở Bảng 2 và 3.

***Bảng 2.*** *Các thông số cơ bản của MOSFET IRF840*

| STT | Thông số | Giá trị |
|---|---|---|
| 1 | Điện áp tối đa VD | 100 V |
| 2 | Dòng điện điều khiển | 23 A |
| 3 | Điện áp điều khiển Vg | 10 V |
| 4 | Công suất tối đa | 140 W |

***Bảng 3.*** *Các thông số cơ bản Opto cách ly PC817*

| STT | Thông số | Giá trị |
|---|---|---|
| 1 | Điện áp tối đa | 6 V |
| 2 | Dòng điện điều khiển | 50 mA |
| 3 | Nhiệt độ làm việc | (-30 -100) ˚C |

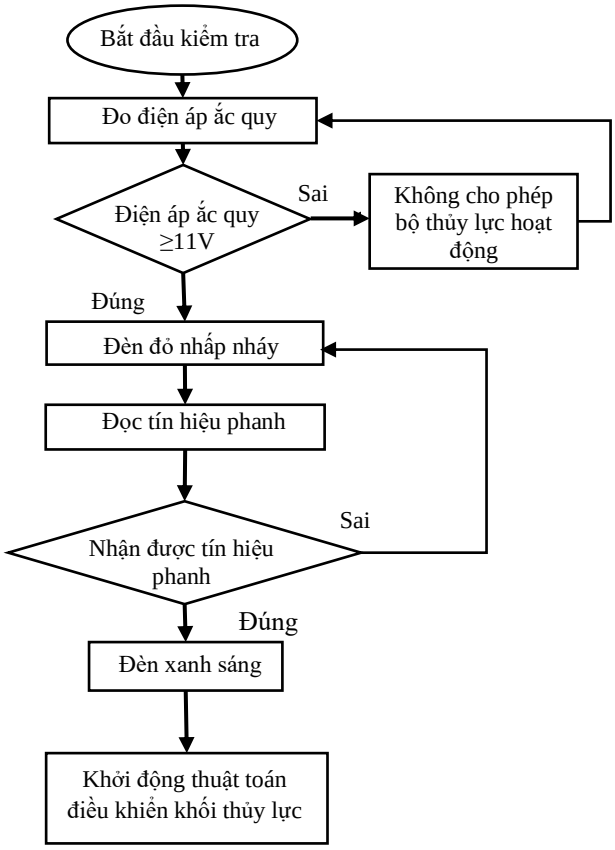
### *3.3. Thuật toán điều khiển*

*3.3.1. Thuật toán tự kiểm tra lỗi*

Để bắt đầu quá trình hoạt động của ABS thì hệ thống phải tự kiểm tra giá trị điện áp của ắc quy. Giá trị này được gửi về bộ điều khiển trung tâm để đảm bảo đủ điện áp điều khiển cụm thủy thực trong hệ thống ABS. Lưu đồ thuật toán tự kiểm tra lỗi được thể hiện như trong Hình 5.

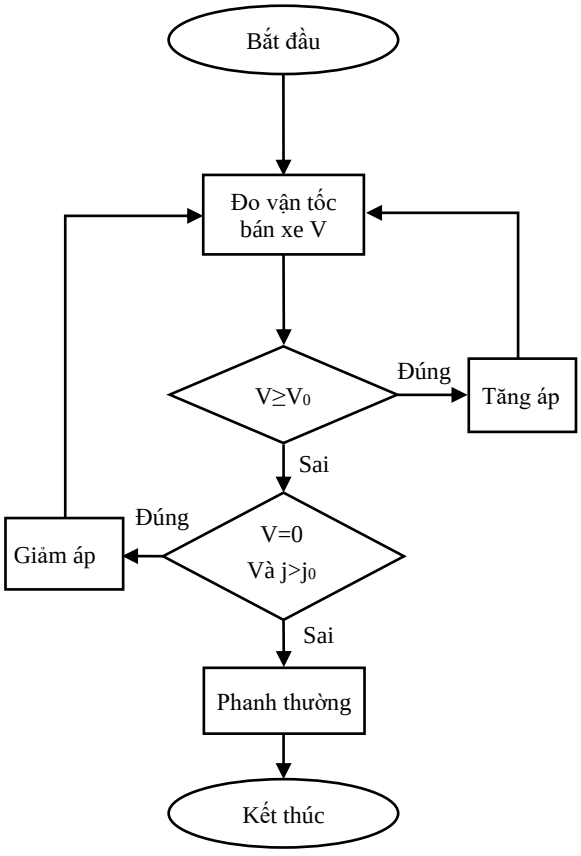
Khi bật khóa điện ON, quá trình kiểm tra điện áp nguồn và công tắc phanh bắt đầu hoạt động. Nếu điện áp nguồn nhỏ hơn 11V sẽ có đèn báo màu đỏ sáng liên tục.

Hệ thống ABS sẽ không hoạt động cho đến khi khắc phục được nguồn điện và khởi động lại hệ thống. Nếu điện áp nguồn đủ, đèn ABS sáng nhấp nháy màu đỏ với chu kỳ 0.5s/lần và bắt đầu kiểm tra phanh. Để bộ điều khiển kiểm tra công tắc phanh thì phải tác động vào phanh. Nếu công tắc phanh bình thường hệ thống sẽ báo đèn xanh sáng liên tục và cho phép ABS hoạt động.




***Hình 5.*** *Lưu đồ thuật toán tự kiểm tra lỗi*

*3.3.2. Thuật toán điều khiển hệ thống ABS*




***Hình 6.*** *Lưu đồ thuật toán điều khiển bộ chấp hành thủy lực*

Để điều khiển tối ưu quá trình phanh thì mỗi hãng xe khi thiết kế, chế tạo bộ điều khiển trung tâm phải xác định được giá trị vận tốc góc bánh xe nhờ vào cảm biến tốc độ bánh xe. Trong thuật toán này, để đơn giản hơn cho việc lập trình thì không xét đến quá trình giữ áp nhưng hệ thống vẫn đảm bảo làm việc hiệu quả. Lưu đồ thuật toán được thể hiện ở Hình 6.

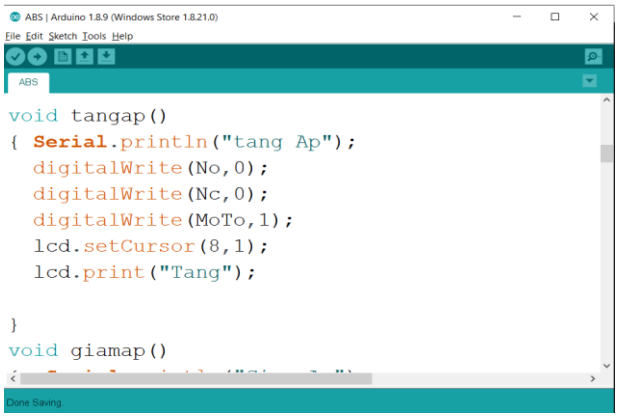
$V_0$ là giá trị vận tốc mà khi hệ thống ABS vẫn đang hoạt động. Tuy nhiên, khi người lái xe đạp phanh ở một vận tốc thấp hơn $V_0$ thì hệ thống vẫn cho phép hoạt động ở chế độ phanh thường và kết thúc. Phương hướng của thuật toán này là đưa vận tốc xe về dưới vận tốc $V_0$ và đủ điều kiện để thực hiện việc phanh thường và kết thúc quá trình phanh.

Khi bắt đầu quá trình phanh, bộ điều khiển trung tâm nhận tín hiệu từ cảm biến tốc độ để đo vận tốc góc (V) và gia tốc góc (a) của bánh xe. Nếu như $V>=V_0$ thì tăng áp để nhanh chóng hãm tốc độ rồi tiếp tục quay lại kiểm tra các giá trị.

Nếu như $V<V_{bc}$ (vận tốc mà tại đó bánh xe chuẩn bị bó cứng) và $a>a_0$ (gia tốc chậm dần tối đa) thì giảm áp để tránh bó cứng bánh xe. Trong trường hợp $V<V_{bc}$ và $a\leq a_0$ hoặc khi bắt đầu phanh $V<V_0$ thì thực hiện việc phanh thường và kết thúc.

### *3.4. Chương trình điều khiển*

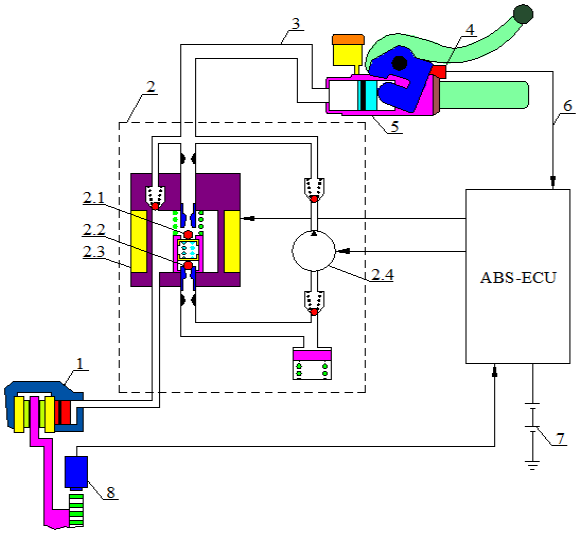
Chương trình điều khiển được viết bằng ngôn ngữ lập trình C trên môi trường Arduino IDE. Arduino IDE là một môi trường phát triển tích hợp đa nền tảng, làm việc cùng với một bộ điều khiển Arduino để viết, biên dịch và tải code vào vi mạch điều khiển. Phần mềm này cung cấp sự hỗ trợ cho một loạt các board mạch Arduino như Arduino Uno, Nano, Mega, Esplora, Ethernet, Fio, Pro hay Pro Mini cũng như LilyPad Arduino. Giao diện phần mềm Arduino IDE để lập trình cho hệ thống điều khiển ABS, được thể hiện ở Hình 7.




***Hình 7.*** *Giao diện phần mềm Arduino IDE*

### *3.5. Cơ cấu chấp hành*

Bộ chấp hành thủy lực ABS là cơ cấu nhận tín hiệu từ bộ điều khiển ABS dưới dạng điện áp. Khi cấp điện áp 12V đến các cuộn dây điện tử trong bộ chấp hành thủy lực sẽ thực hiện đóng mở van và mô tơ bơm để làm tăng giảm áp suất dầu thủy lực trong cơ cấu phanh nhằm tránh hiện tượng bánh xe bị bó cứng khi phanh gấp với lực bóp phanh lớn. Hình 8 mô tả cơ cấu chấp hành trong sơ đồ hệ thống ABS trên xe mô tô.

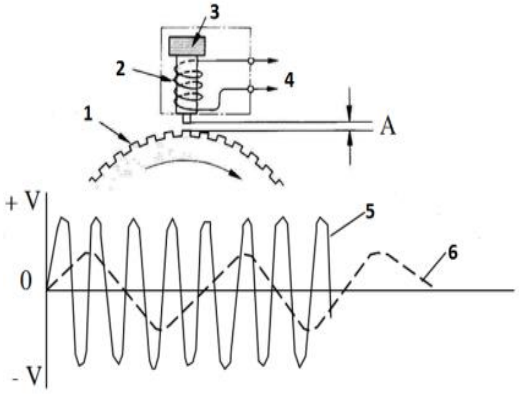



***Hình 8.*** *Sơ đồ hệ thống ABS trên mô tô*

*1: Cơ cấu phanh 2: Bộ chấp hành thủy lực 2.1: Van giữ*
*2.2: Van giảm 2.3: Cuộn dây Solenol 2.4: Môtơ bơm*
*3: Đường ống dầu 4: Công tắc phanh 5: Xylanh chính*
*6: Dây dẫn điện 7: Ắc quy 8: Cảm biến tốc độ*

### *3.6. Cảm biến tốc độ bánh xe*

Cảm biến tốc độ bánh xe là tín hiệu rất quan trọng trong hệ thống ABS. Bộ điều khiển trung tâm nhận tín hiệu từ cảm biến tốc độ bánh xe và tốc độ xe từ đó tính toán và đưa ra tín hiệu điều khiển để giữ cho xe không bị bó cứng bánh xe khi phanh.




***Hình 9.*** *Cấu tạo và dạng tín hiệu của cảm biến tốc độ*

*1: Đĩa răng 2: Cuộn dây 3: Nam châm vĩnh cửu*
*4: Điện áp ra 5: Tốc độ cao 6: Tốc độ thấp*

Trong nghiên cứu này, cảm biến tốc độ loại điện từ được trang bị để xác định tốc độ của bánh xe. Tín hiệu từ cảm biến này có dạng điện áp xoay chiều, được xử lý thành tín hiệu xung và đưa vào bộ điều khiển trung tâm để xử lý [11]. Hình 9 mô tả cấu tạo và dạng tín hiệu từ cảm biến tốc độ bánh xe loại điện từ.

## 4. Thử nghiệm và đánh giá kết quả

Sau khi tính toán thiết kế, nhóm nghiên cứu đã tiến hành lắp đặt hệ thống ABS trên xe mô tô HUSKY 150$^{cc}$. Đây là loại xe có các thông số kỹ thuật cũng khá tương đồng với những mẫu xe đang được sử dụng rộng rãi trên thị trường Việt Nam (Hình 10). Thông số kỹ thuật của xe Husky 150$^{cc}$ được thể hiện ở Bảng 4.

***Hình 10.*** *Xe Mô tô HUSKY 150$^{cc}$*

***Bảng 4.*** *Thông số kỹ thuật của xe mô tô HUSKY 150$^{cc}$*

| | |
|---|---|
| *Kích thước tổng thể:* | |
| Chiều dài cơ sở | 1.360 mm |
| Chiều rộng cơ sở | 725 mm |
| Chiều cao | 1.080 mm |
| Chiều cao yên | 775 mm |
| Khoảng sáng gầm xe | 130 mm |
| Bán kính quay vòng | 1.900 mm |
| Trọng lượng (khô/ướt) | 139/149 kg |
| Bánh trước | 69 kg |
| Bánh sau | 80 kg |
| *Lốp xe:* | |
| Kích thước lốp trước | 80/100-18TL |
| Kích thước lốp sau | 130/90-15TL |
| *Hệ thống phanh:* | |
| Phanh trước | Phanh đĩa |
| Phanh sau | Phanh trống guốc |

Sau khi lắp đặt, nhóm nghiên cứu đã tiến hành bố trí thử nghiệm theo Tiêu chuẩn Việt Nam về phanh ABS cho xe mô tô (TCVN 6824:2001) [12]. Căn cứ vào tiêu chuẩn này thì việc bố trí thử nghiệm với mô tô HUSKY 150$^{cc}$ là phù hợp với xe loại L3 (xe hai bánh có dung tích xi lanh động cơ lớn hơn 50cm$^3$ đối với động cơ nhiệt hoặc vận tốc thiết kế lớn nhất hơn 50 km/h). Hình 11 và 12 mô tả việc bố trí lắp đặt và thử nghiệm hệ thống ABS trên đường.

Xe được thử nghiệm với các điều kiện loại đường thử khác nhau như sau: Thử xe với cơ cấu phanh khô (trên đường có hệ số bám cao, nhựa khô), thử xe với cơ cấu phanh ướt (trên đường có hệ số bám thấp, nhựa ướt), thử xe với điều kiện bám của mặt đường thay đổi (từ bám dính cao sang bám dính thấp và từ bám dính thấp sang bám dính cao).

a) b)

***Hình 11.*** *Bố trí lắp đặt hệ thống ABS trên xe thử nghiệm*
*a) Bộ chấp hành thủy lực ABS;*
*b) Cảm biến và đĩa cảm biến tốc độ bánh xe*

***Hình 12.*** *Hình ảnh thử nghiệm hệ thống ABS*

Sau khi tiến hành 10 lần với mỗi loại đường thử và ghi lại giá trị trung bình. Kết quả thử nghiệm phanh được thể hiện trong Bảng 5.

***Bảng 5.*** *Kết quả thử nghiệm*

| Loại đường thử nghiệm | Quãng đường phanh có trang bị ABS (m) | Quãng đường phanh không trang bị ABS (m) |
|---|---|---|
| Đường khô | 14.7 | 18.4 |
| Đường ướt | 17.6 | 23.2 |
| Đường khô - ướt | 16.9 | 21.7 |

## 5. Kết luận và hướng phát triển

Trong nghiên cứu này, hệ thống điều khiển phanh chống bó cứng bánh xe được thiết kế, lắp đặt và thử nghiệm thành công trên xe mô tô HUSKY 150$^{cc}$. Kết quả thử nghiệm cho thấy, hệ thống vận hành ổn định, đáp ứng các yêu cầu phanh. Khi phanh gấp trên đường có độ bám thấp bánh xe trước không bị bó cứng, không gây mất ổn định cho xe, giúp xe hoạt động an toàn hơn, tránh được các tai nạn bất ngờ do phanh khẩn cấp gây ra.

Tuy nhiên, để có thể lắp đặt và vận hành trong điều kiện thực tế trên đường thì cần phải tiến hành thử nghiệm nhiều hơn nữa nhằm đánh giá chính xác độ tin cậy trong quá trình hoạt động. Đặc biệt, hệ thống ABS được thiết kế cần phải được đánh giá, kiểm tra bởi các cơ quan chức năng có thẩm quyền để có thể đưa vào vận hành thực tế trên đường.

**Lời cám ơn**: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng trong đề tài mã số T2019-02-45.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] TS. Nguyễn Hoàng Việt, *"Chuyên đề ô tô_Bộ điều chỉnh lực phanh và hệ thống chống hãm cứng bánh xe khi phanh ABS"*, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng, 2000.

[2] M. Kato, T. Matsuto, K. Tanaka, H. Ishihara, T. Hayashi and W. Hosoda, "Combination of Antilock Brake System (ABS) and Combined Brake System (CBS) for motorcycles", *SAE*, vol. 105, pp. 1284-1291, 1996.

[3] Austin, L., Morrey, D., "Recent advances in antilock braking systems and traction control systems", *in Proc. the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 214, no. 6, pp. 625–638, 2000.

[4] C. Y. Lu and M. C. Shih, Application of the Pacejka Magic Formula Tyre Model on a Study of a Hydraulic Anti-Lock Braking System for a Light Motorcycle, *Vehicle System Dynamics*, vol. 41, no. 6, 431–448, 2004.

[5] C. Huang, M. Shih, "Design of a hydraulic Anti-Block Braking System (ABS) for a motorcycle", *J Mech Sci Technol*, vol. 24, pp. 1141–1149, 2010.

[6] M. C. Wu and M. C. Shih, Simulated and experimental study of Hydraulic Anti-Lock Braking System control using sliding mode PWM control, *Mechatronics*, vol. 13, no. 4, 2003.

[7] M. Sugai, H. Yamaguchi, M. Miyashita, T. Umeno, and K. Asano, "New control technique for maximizing braking force on Anti-Lock Braking System", *Vehicle System Dynamics*, vol. 32, pp. 299–312, 1999.

[8] B. Ozdalyan, "Development of a slip control Anti-Lock Braking System", *International Journal of Automotive Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 71–80, 2008

[9] C. F. Lin, C. Y. Tseng, and T. W. Tseng, "A hardware-in-the loop dynamics simulator for motorcycle rapid controller prototyping", *Control Engineering Practice*, vol. 14, pp. 1467–1476, 2006.

[10] Datasheet of Arduino Mega 328P.

[11] PGS.TS. Đỗ Văn Dũng, "*Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại"*, NXB. Đại học Quốc gia, Hồ Chí Minh, 2003.

[12] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6824:2001 về phương tiện giao thông đường bộ - hệ thống phanh của mô tô, xe máy - yêu cầu và phương pháp thử trong công nhận kiểu do Bộ Khoa học Công nghệ và Môi trường ban hành.

*(BBT nhận bài: 15/01/2020, hoàn tất thủ tục phản biện: 10/3/2020)*