

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG XÁC LẬP NGƯỠNG ĐIỀU KHIỂN ABS CỦA HỆ THỐNG PHANH DẪN ĐỘNG KHÍ NÉN

Trần Văn Hoàng¹, Trần Vũ Lâm¹

Tóm tắt: Bài báo này dùng phần mềm Matlab - Simulink để mô phỏng ngưỡng điều khiển ABS của hệ thống phanh dẫn động khí nén. Để xác định ngưỡng điều khiển, trước hết thực hiện mô phỏng hệ thống phanh ABS theo độ trượt để xác định miền biến thiên của gia tốc góc bánh xe. Sau đó thực hiện mô phỏng hệ thống phanh ABS theo gia tốc góc bánh xe để xác định ngưỡng gia tốc góc, xây dựng mô hình mô phỏng với hai bộ điều khiển khác nhau: Điều khiển theo độ trượt và điều khiển theo gia tốc góc bánh xe. Do đó bài báo xây dựng bộ điều khiển trong môi trường Matlab – State Flow. Bộ điều khiển được xây dựng gồm bốn mô đun độc lập cho từng bánh xe. Kết quả nghiên cứu cho thấy, xác lập được các thông số ngưỡng điều khiển của ECU theo độ trượt và gia tốc góc; ngưỡng gia tốc góc bánh xe trước và bánh xe sau.

Từ khóa: Vận tốc góc, gia tốc góc, khí nén, độ trượt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống phanh là hệ thống an toàn chủ động của ô tô, dùng để giảm tốc độ hay dừng và đỗ ô tô trong những trường hợp cần thiết. Nền công nghiệp ô tô đang ngày càng phát triển mạnh, số lượng ô tô tăng nhanh, mật độ lưu thông trên đường ngày càng lớn. Các xe ngày càng được thiết kế với công suất cao hơn, tốc độ chuyển động nhanh hơn thì yêu cầu đặt ra với hệ thống phanh cũng càng cao và nghiêm ngặt hơn. 10% số vụ tai nạn xảy ra trong trường hợp khi lái xe đạp phanh mạnh đột ngột làm bánh xe bị trượt lết, dẫn đến ô tô bị mất tính ổn định. Theo thống kê, năm 2021 Việt Nam có khoảng 5.799 người chết vì tai nạn giao thông. Hệ thống phanh trên ô tô có trang bị ABS giúp khắc phục tình trạng này không phụ thuộc vào kỹ thuật phanh của người lái. Do tầm quan trọng của hệ thống phanh trên ô tô về sự an toàn giao thông trong quá trình hoạt động nên cần nghiên cứu ngưỡng làm việc của bộ ECU ABS để nâng cao kỹ thuật xử lý cho hệ thống phanh. Đã có rất nhiều những nghiên cứu về dẫn động khí nén có điều

khiển ABS, luận án tiến sĩ kỹ thuật của (Hồ Hữu Hùng, 2015) nghiên cứu hệ thống phanh ABS dẫn động khí nén, (Ashley L. Dunn, Gary J. Heydinger, Giorgio Rizzoni, Dennis A. Guenther, 2003) nghiên cứu mô phỏng động lực học bánh xe tải hạng nặng dẫn động khí nén có điều khiển chống khóa tích hợp, với nghiên cứu của (Cem Hatipoglu, Amer Malik, 1999) phát triển thuật toán ABS dựa trên mô phỏng, nghiên cứu của (Diego Pedroso dos Santos, Eduardo Lobo Lustosa Cabral, 2008) phương pháp điều khiển mới cho hệ thống phanh ABS, với nghiên cứu tỷ lệ trượt bánh xe được tối ưu hóa của tác giả (F. Yu, J.-Z. Feng, J. Li, 2002) thiết kế bộ điều khiển logic mờ để xác định tỷ lệ trượt trên tuyến của bánh xe, hay với nghiên cứu của các nhà khoa học (Shady Ashraf Abd El-Fatah, Abdel-Nasser Sharkawy, Ahmad O. Moaaz, Nouby M. Ghazaly, 2021) nghiên cứu cho thấy rằng việc điều khiển bằng bộ điều khiển logic mờ cho hiệu suất tốt hơn so với điều khiển PD và PID về thời gian và khoảng cách dừng xe. Các nghiên cứu trong và ngoài nước trên đã phần nào nói lên được tầm quan trọng của việc điều khiển trượt của hệ thống phanh ABS dẫn động khí nén. Trong nghiên cứu

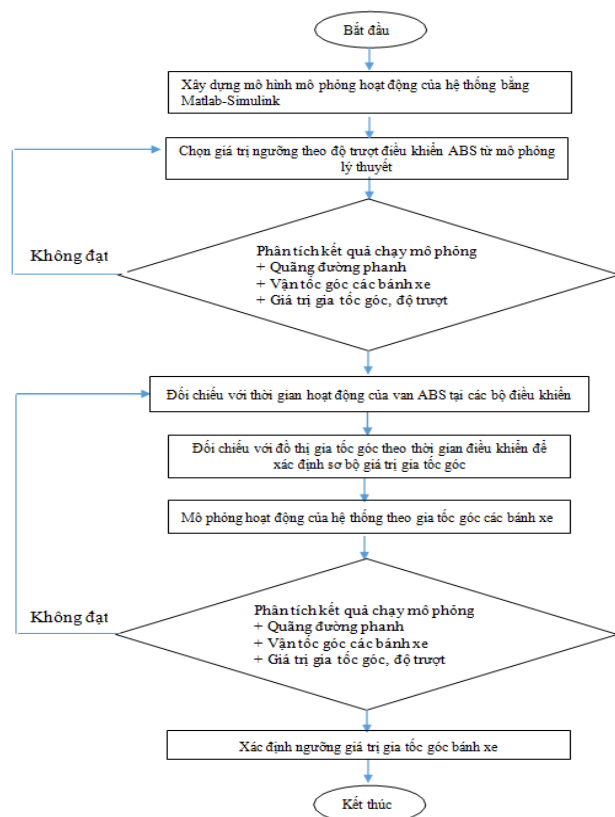
¹ Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp

này, tác giả đi đánh giá xác định giá trị ngưỡng gia tốc góc bánh xe, từ đó ECU đưa ra tín hiệu điều chỉnh phù hợp.

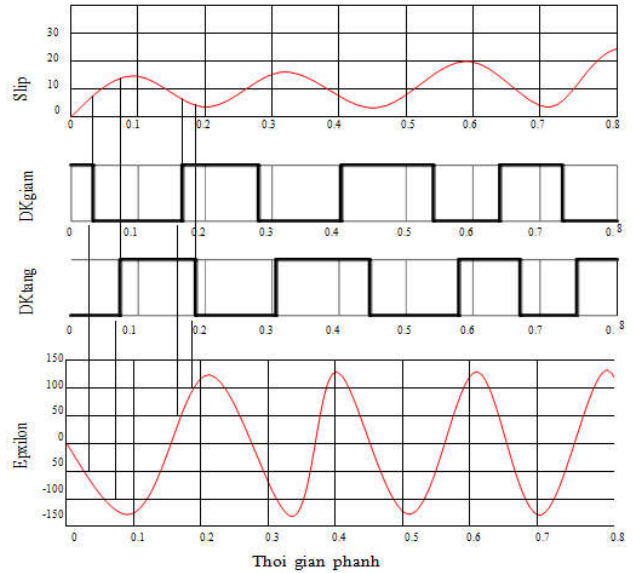
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở xác định ngưỡng gia tốc góc bánh xe

Quy trình nghiên cứu được thể hiện trên hình 1. Dựa vào các thông số kết cấu của hệ thống phanh, nguyên lý hoạt động của hệ thống phanh ABS dẫn động khí nén, xây dựng mô hình của hệ thống trên phần mềm Matlab – Simulink (Alvaro Gonzalez San Miguel, 2019). Quá trình hoạt động của hệ thống phanh được mô phỏng ở các chế độ khác nhau, từ đó chọn được ngưỡng theo độ trượt điều khiển ABS. Phân tích các kết quả như; quãng đường phanh, vận tốc góc, giá trị gia tốc góc bánh xe lý thuyết. Trên cơ sở các kết quả thu được, mô phỏng hoạt động của hệ thống theo gia tốc góc bánh xe, tiếp tục phân tích các kết quả chạy mô phỏng. Từ đó xác định được ngưỡng gia tốc góc bánh xe.



Hình 1. Thuật toán để xác định ngưỡng trượt theo độ trượt và gia tốc góc



Hình 2. Cơ sở để xác định ngưỡng trượt gia tốc góc

Qua đồ thị điều khiển thời điểm tăng, giảm, giữ áp của bộ ECU ABS ta có thể xác định được thời điểm ECU điều khiển, qua đó xác định ngưỡng giá trị của Epsilon tương ứng với thời gian ECU điều khiển.

2.2. Đối tượng nghiên cứu

Xe tải loại 5T được lựa chọn trong nghiên cứu này với các thông số cơ bản được thể hiện trong Bảng 1, xe tải loại này được sử dụng phổ biến ở Việt Nam.

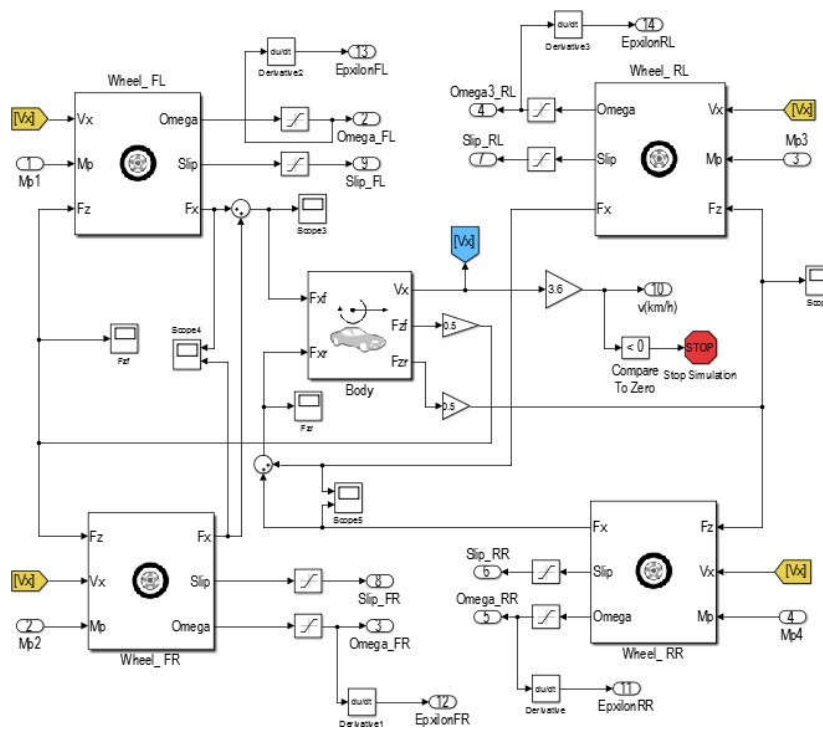
Bảng 1. Các thông số chung xe tham khảo

Các thông số chung:	Giá trị
Trọng lượng bản thân:	5295 Kg
Tải trọng chuyên chở hàng hóa:	4150 Kg
Chiều dài cơ sở:	4895 mm
Ống dẫn từ tổng van đến ngã ba cầu trước:	3,5 m; Ø 0,012
Ống dẫn từ ngã ba đến các bầu phanh cầu trước:	1,5 m; Ø 0,008
Ống dẫn từ tổng van đến van ngã ba cầu sau:	7 m; Ø 0,012
Ống dẫn từ ngã ba đến các bầu phanh cầu sau:	0,5 m; Ø 0,012

2.3. Mô hình mô phỏng

Như đã thảo luận ở trên, mô hình mô phỏng

được xây dựng trên phần mềm Matlab – Simulink như thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Mô hình mô phỏng động lực học của xe

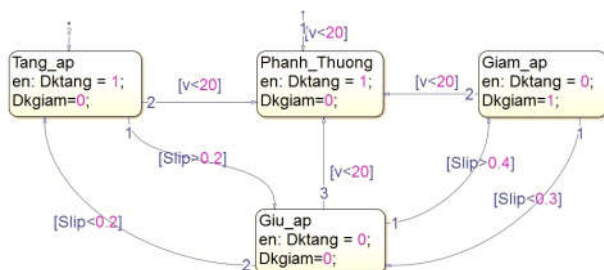
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Ôtô chuyển động với $V = 90\text{km/h}$ (25m/s); $m = 9640\text{kg}$, mặt đường có hệ số bám $\phi_{\text{max}} = 0.8$

3.1. Mô phỏng theo độ trượt

Bảng 3. Bảng ngưỡng điều chỉnh theo độ trượt của hệ thống phanh khí ABS

Chuyển pha	Ngưỡng trượt (Slip) điều khiển bánh xe cầu trước	Ngưỡng trượt (Slip) điều khiển bánh xe cầu sau
Tăng áp - giữ áp	0,2	0,2
Giữ áp - giảm áp	0,4	0,4
Giảm áp - giữ áp	0,3	0,3
Giữ áp - tăng áp	0,2	0,2



Hình 4. Sơ đồ mô đun trong mô hình mô phỏng bộ điều khiển hệ thống ABS theo độ trượt bánh xe

Đối với các bánh xe cầu trước, bánh xe cầu sau: ngưỡng chuyển từ pha tăng áp sang pha giữ áp khi độ trượt $\lambda > 20\%$; từ pha giữ áp sang pha giảm áp $\lambda > 40\%$; từ pha giảm áp sang pha giữ áp $\lambda < 30\%$; từ pha giữ áp sang pha tăng áp $\lambda < 20\%$.

4.1. Mô phỏng theo gia tốc góc

Ôtô chuyển động với $V_0 = 90\text{km/h}$ (25m/s); $m = 9640\text{kg}$, đường có hệ số bám $\phi_{\text{max}} = 0.8$

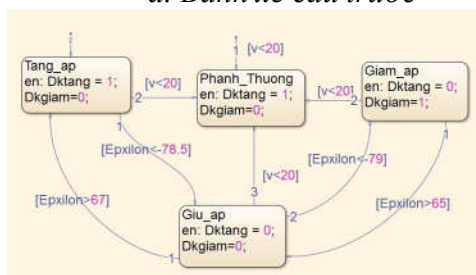
Bảng 4. Bảng ngưỡng điều chỉnh theo gia tốc góc của hệ thống phanh khí ABS

Chuyển pha	Ngưỡng gia tốc góc (ϵ) điều khiển bánh xe cầu trước	Ngưỡng gia tốc góc (ϵ) điều khiển bánh xe cầu sau
Tăng áp - giữ áp	$\epsilon_1 = -78,5$ (rad/s ²)	$\epsilon_1 = -79,5$ (rad/s ²)
Giữ áp - giảm áp	$\epsilon_2 = -79$ (rad/s ²)	$\epsilon_2 = -80,5$ (rad/s ²)
Giảm áp - giữ áp	$\epsilon_3 = 65$ (rad/s ²)	$\epsilon_3 = 62$ (rad/s ²)
Giữ áp - tăng áp	$\epsilon_4 = 67$ (rad/s ²)	$\epsilon_4 = 63,2$ (rad/s ²)

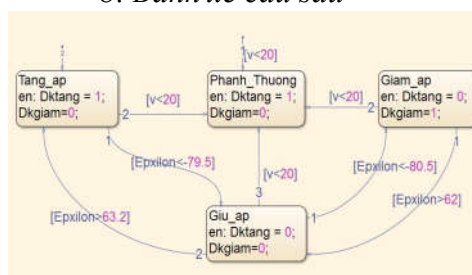
Đối với các bánh xe cầu trước ngưỡng chuyển từ pha tăng áp sang pha giữ áp khi gia tốc góc bánh xe đạt $\epsilon_1 < -78,5$ (rad/s); từ pha giữ

áp sang pha giảm áp $\epsilon_2 < -79$ (rad/s); từ pha giảm áp sang pha giữ áp $\epsilon_3 > 65$ (rad/s); từ pha giữ áp sang pha tăng áp $\epsilon_4 > 67$ (rad/s).

a. Bánh xe cầu trước



b. Bánh xe cầu sau

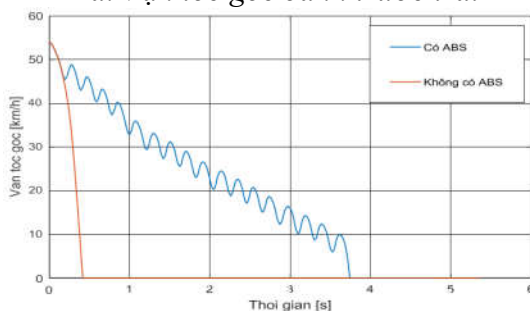


Hình 5. Sơ đồ mô đun StateFlow trong mô hình mô phỏng bộ điều khiển hệ thống ABS theo gia tốc góc bánh xe

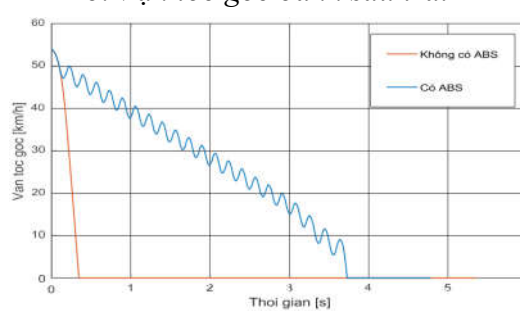
Đối với các bánh xe cầu sau, ngưỡng chuyển từ pha tăng áp sang pha giữ áp khi gia tốc góc bánh xe đạt $\epsilon_1 < -79,5$ (rad/s); từ pha giữ áp sang pha giảm áp $\epsilon_2 < -80,5$ (rad/s); từ pha giảm áp sang pha giữ áp $\epsilon_3 > 62$ (rad/s); từ pha giữ áp sang pha tăng áp $\epsilon_4 > 63,2$ (rad/s).

Mô hình mô phỏng bộ điều khiển ABS theo gia tốc góc của bánh xe gồm bốn mô đun tương tự nhau. Trong mô hình bộ điều khiển này, đầu vào là vận tốc dài của xe và gia tốc góc của bánh xe.

a. Vận tốc góc bánh trước trái



b. Vận tốc góc bánh sau trái

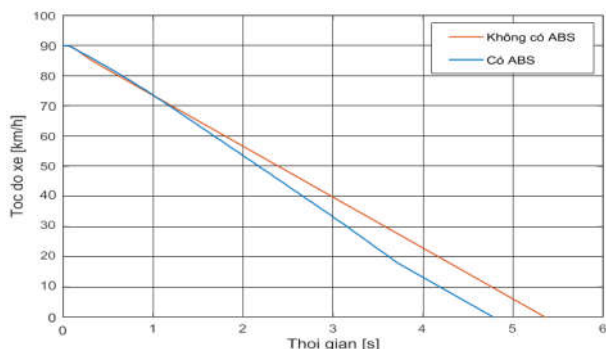


Hình 6. Đồ thị vận tốc góc bánh xe khi phanh ở tốc độ 90km/h

Trên đồ thị vận tốc góc của bánh xe trước và sau, vận tốc góc bánh xe có hệ thống phanh ABS điều khiển giảm đều từ đến khi vận tốc của xe giảm

về 0km/h nhưng do quán tính của xe nên các bánh xe bị trượt lết trong khoảng 1 giây cuối của quá trình phanh. Khi hệ thống ABS trên xe không hoạt

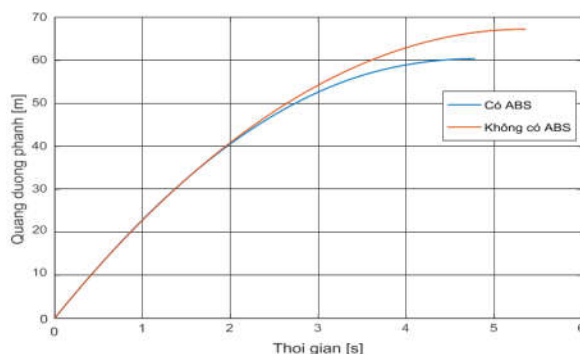
động, vận tốc góc của bánh xe nhanh chóng giảm về 0km/h tại thời điểm 0,3 giây đầu. Khoảng thời gian sau bánh xe bị trượt lết hoàn toàn do lúc này lực quán tính của xe vẫn rất lớn.



Hình 7. Đồ thị tốc độ xe khi phanh ở vận tốc 90km/h

Khi xe đang hoạt động ở tốc độ 90km/h sau đó thực hiện phanh gấp. Kết quả, hệ thống

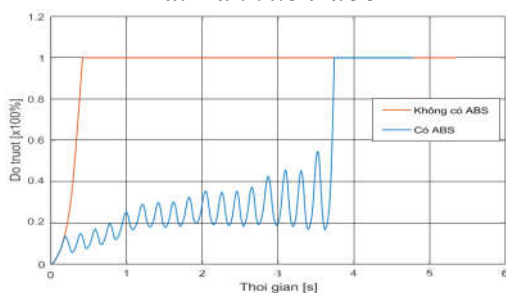
phanh ABS khí nén hoạt động ở thời điểm 4,78 giây, hệ thống phanh ABS không hoạt động ở thời điểm 5,35 giây thì dừng xe.



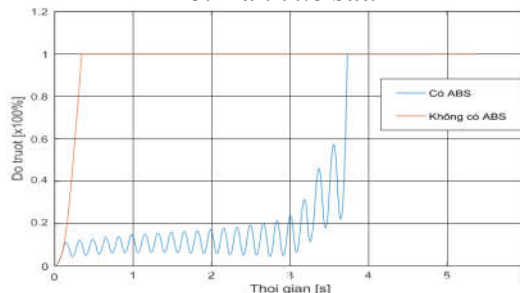
Hình 8. Đồ thị quãng đường phanh của xe khi xe ở vận tốc 90km/h

Chỉ tiêu về quãng đường phanh, quãng đường phanh trên xe có hệ thống phanh ABS điều khiển là 60m so với 67,2m trên xe hệ thống ABS không làm việc.

a. Bánh xe trước



b. Bánh xe sau

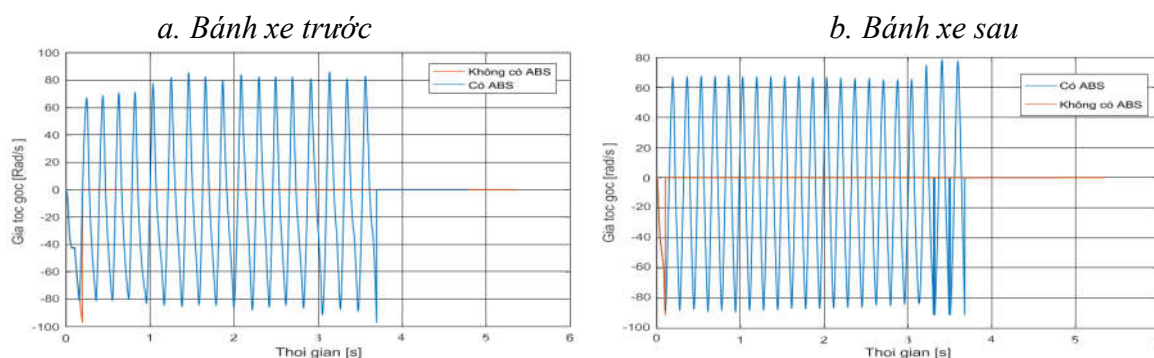


Hình 9. Đồ thị độ trượt của bánh xe trái

Hệ thống phanh có trang bị ABS: độ trượt của bánh xe trước, khoảng 2,5 giây đầu độ trượt của bánh xe trước và sau dao động trong khoảng giá trị từ 10 – 30%. Bánh xe sau, đầu quá trình phanh (khoảng 3,3 giây đầu) độ trượt của bánh xe trước và sau dao động trong khoảng giá trị từ 10 – 30%, trong giá trị này độ trượt và ổn định của xe đảm bảo yêu cầu. Độ trượt tăng lên gần 60% trong khoảng 0,5 giây tiếp theo sau đó cuối quá trình phanh (khoảng 1 giây cuối) giá trị độ trượt tăng lên 100% nhưng do tốc độ xe lúc này thấp (20km/h) nên ít ảnh hưởng đến tính ổn định của xe.

Hệ thống phanh không trang bị ABS: khi phanh gấp ngay lập tức các bánh xe xuất hiện trượt lết hoàn toàn. Điều này làm cho xe mất tính ổn định gây ra nguy hiểm trong quá trình phanh.

Tại thời điểm $V = 90\text{km/h}$ không xuất hiện hiện tượng bị trượt lết trong quá trình phanh. Giá trị gia tốc góc bánh xe dao động từ -92 rad/s^2 đến 78 rad/s^2 ở 2 bánh xe sau trong khoảng tần số 6Hz và trên bánh xe trước là -90 rad/s^2 đến 86 rad/s^2 ở tần số 5Hz. Khoảng thời gian 3,7 giây đầu bộ ECU ABS vẫn điều khiển quá trình phanh.



Hình 10. Đồ thị gia tốc góc của bánh xe trái

4. KẾT LUẬN

- Xác lập được các thông số ngưỡng điều khiển của ECU theo độ trượt và gia tốc góc; ngưỡng gia tốc góc bánh xe đã xác định được như sau:

- Giá trị ngưỡng gia tốc góc bánh xe trước:
 - + Điều khiển chuyển từ pha tăng áp sang pha giữ áp khi gia tốc góc giảm nhỏ hơn giá trị $-78,5 \text{ rad/s}^2$
 - + Điều khiển chuyển từ pha giữ áp sang pha giảm áp khi gia tốc góc giảm nhỏ hơn giá trị -79 rad/s^2 .
 - + Điều khiển chuyển từ pha giảm áp sang pha giữ áp khi gia tốc góc tăng vượt qua giá trị $+65 \text{ rad/s}^2$.
 - + Điều khiển chuyển từ pha giữ áp

sang pha tăng áp khi gia tốc góc tăng vượt qua giá trị $+67 \text{ rad/s}^2$.

- Giá trị ngưỡng gia tốc góc bánh xe sau:
 - + Điều khiển chuyển từ pha tăng áp sang pha giữ áp khi gia tốc góc giảm nhỏ hơn giá trị $-79,5 \text{ rad/s}^2$.
 - + Điều khiển chuyển từ pha giữ áp sang pha giảm áp khi gia tốc góc giảm nhỏ hơn giá trị $-80,5 \text{ rad/s}^2$.
 - + Điều khiển chuyển từ pha giảm áp sang pha giữ áp khi gia tốc góc tăng vượt qua giá trị $+62 \text{ rad/s}^2$.
 - + Điều khiển chuyển từ pha giữ áp sang pha tăng áp khi gia tốc góc tăng vượt qua giá trị $+63,2 \text{ rad/s}^2$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Hồ Hữu Hùng (2015). *Nghiên cứu hệ thống ABS dẫn động khí nén*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật cơ khí động lực, Đại học Bách khoa Hà Nội.

Alvaro Gonzalez San Miguel (2019), *Parameter affecting anti-lock brake system in Matlab/Simulink*.

Ashley L. Dunn, Gary J. Heydinger, Giorgio Rizzoni, Dennis A. Guenther (2003) *New Model for Simulating the Dynamics of Pneumatic Heavy Truck Brakes with Integrated Anti-Lock Control*. SAE Technical Paper Series. 2003-01-1322.

Cem Hatipoglu, Amer Malik (1999) *Simulation Based ABS Algorithm Development*. SAE Technical Paper Series. 1999-01-3714

Diego Pedrosa dos Santos, Eduardo Lobo Lustosa Cabral (2008) *A novel method for controlling an ABS (Anti-lock Braking System) for heavy vehicle*. SAE International.

F. Yu, J.-Z. Feng, J. Li (2002) *A fuzzy logic controller design for vehicle abs with a on-line optimized target wheel slip ratio*. International Journal of Automotive Technology, Vol. 3, No. 4, 2002, pp. 165–170.

Shady Ashraf Abd El-Fatah, Abdel-Nasser Sharkawy, Ahmad O. Moaaz, Nouby M. Ghazaly (2021) *A Comparative Study of Different Control Methods for Anti-Lock Braking System (ABS)*, DOI: 10.21608/svusrc.2021.65855.1007

Abstract:
**RESEARCH FOR ABSOLUTELY ESTABLISHED ABSOLUTELY CONTROL OF
PNEUMATICALLY DRIVEN BRAKING SYSTEM**

This paper uses Matlab/Simulink software to simulate the threshold braking of the pneumatic drive brake system. To determine the threshold value, first perform a simulation of the ABS braking system according to the slip to determine the variable domain of the wheel angular acceleration. Then simulate the ABS braking system according to the wheel angular acceleration to determine the angular acceleration threshold, and build a simulation model with two different controllers: slip control and angular acceleration control, wheel. In this study, a controller in the Matlab-State Flow environment was built from four independent modules for each wheel. The research results show that the threshold braking parameters of the ECU can be established according to slip and angular acceleration, including the threshold of angular acceleration of the front and rear wheels.

Keywords: Angular velocity, angular acceleration, pneumatics, slip.

Ngày nhận bài: 08/12/2022

Ngày chấp nhận đăng: 29/12/2022