



NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT MÔ HÌNH HỆ THỐNG HỖ TRỢ KHỞI HÀNH NGANG DỐC DỰA TRÊN HỆ THỐNG PHANH KHÍ NÉN CÓ ABS

Lê Anh Vũ¹, Trần Văn Thoan¹,

Phan Doãn Thuần², Trần Văn Chinh³

1 Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

2 Trường Cao đẳng Giao thông vận tải đường bộ

3 Trường Trung cấp nghề giao thông công chính Hà Nội

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 20/04/2020

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 05/06/2020

Ngày bài báo được duyệt đăng: 20/06/2020

Tóm tắt:

Hệ thống hỗ trợ khởi hành ngang dốc góp phần hỗ trợ người lái điều khiển xe thuận lợi hơn khi khởi hành xe trên dốc. Bài báo tiến hành đề xuất cấu trúc hệ thống khởi hành ngang dốc dựa trên hệ thống phanh khí nén có ABS và xây dựng mô hình mô phỏng bằng Matlab / Simulink. Kết quả khảo sát hoạt động của hệ thống ở xe tải thử nghiệm có công thức bánh xe 4x2 trên dốc 10 % cho thấy sự biến thiên áp suất khí nén tại bầu phanh bánh xe phù hợp với quy luật vật lý, hệ thống đã đề xuất có thể sử dụng để điều khiển hỗ trợ khởi hành ngang dốc giúp cho người lái điều khiển xe dễ dàng.

Từ khóa: Hệ thống hỗ trợ khởi hành ngang dốc, hệ thống phanh ABS, TCS, Phanh dừng đỗ.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, số lượng ô tô ở Việt Nam đang gia tăng, đặc biệt xe tải với nhiều chủng loại khác nhau và được trang bị nhiều hệ thống tiện ích trong khi điều kiện đường giao thông chưa đáp ứng theo nhu cầu sử dụng. Đường giao thông thuộc cấp tỉnh và khu vực nông thôn còn nhiều khu vực có độ bám bề mặt thấp và nhiều chỗ có độ dốc lớn gây khó khăn cho quá trình khởi hành trên dốc. Bên cạnh đó, các nhà máy ô tô hiện nay tập trung nhập khẩu và lắp ráp xe tải chưa được trang bị nhiều các thiết bị có điều khiển hỗ trợ khởi hành ngang dốc do kinh phí chế tạo cao. Trong quá trình leo dốc, xe bị chết máy hoặc gặp phải tình huống cần dừng xe trên dốc thì người lái buộc phải dừng xe và tiếp theo là thực hiện quá trình khởi hành ngang dốc. Cho nên, cần thiết nghiên cứu các giải pháp về kết cấu của ô tô để sử dụng hiệu quả, an toàn cho các xe loại này khi lưu hành.

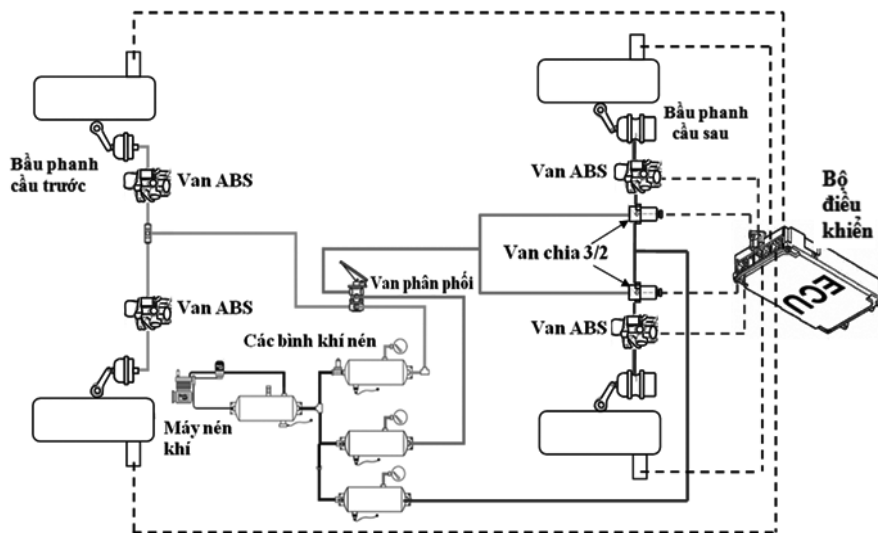
Hệ thống hỗ trợ khởi hành ngang dốc giúp ô tô dừng đỗ ngang dốc và cần phải khởi hành lại ngay sau đó giúp cho nhiều người cảm thấy bớt áp lực, nhất là đối với các lái xe mới, hay những trường hợp đột xuất ngoài mong muốn. Hiện tượng xe bị

trôi xuống dốc là do tự trọng của ô tô khi sự thay đổi chân phanh sang chân ga của người lái diễn ra rất nhanh (có thể trong khoảng vài giây). Để điều khiển tự động chống trôi xuống dốc của ô tô có rất nhiều biện pháp khác nhau như tác động nguồn động lực của ô tô, tác động vào ly hợp (loại truyền lực thường), tác động vào hệ thống phanh và cùng lúc tác động một số hệ thống. Đối với phương pháp tác động qua hệ thống phanh đang được các hãng xe áp dụng[1].

Bài báo này trình bày nội dung nghiên cứu đề xuất cấu trúc hệ thống hỗ trợ khởi hành ngang dốc trên cơ sở hệ thống phanh khí nén có ABS (Anti-lock Brake System) và mô phỏng nhằm đánh giá khả năng ứng dụng của mô hình.

2. Đề xuất cấu trúc hệ thống

Hệ thống hỗ trợ khởi hành ngang dốc được nghiên cứu đề xuất trên cơ sở hệ thống phanh khí nén có ABS gồm những thành phần cơ bản như trên Hình 1[1,2,3,8].



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc hệ thống chống trượt quay bánh xe bằng phanh khí nén

Trên sơ đồ, hệ thống phanh khí nén có ABS bao gồm: máy nén khí; các bình khí nén; van phân phối; bộ điều khiển; ở mỗi bánh xe có van ABS, bầu phanh và các cơ cấu phanh, có thể có thêm van xả nhanh và van gia tốc. Ở trạng thái phanh thông thường, người lái tác động mở van phân phối cấp khí nén đến van ABS thực hiện chức năng phanh ô tô và chống bó cứng bánh xe ở trường hợp phanh gấp. Trường hợp chống trượt quay bánh xe thì hệ thống phanh khí nén có ABS đã bổ sung van chia 3/2, điều khiển độc lập chống trượt quay bánh xe tự động và đường khí nén cấp riêng cho hệ thống. Đối với hệ thống trên thì vấn đề hỗ trợ khởi hành trên dốc của ô tô chưa được đề cập, nên bài báo trình bày nghiên cứu phát triển nhằm bổ sung tính năng này cho ô tô.

Với ECU đã tích hợp hệ thống ABS sẽ bổ sung thêm chương trình điều khiển khi nhận các tín hiệu về từ cảm biến để giúp phát hiện ra góc nghiêng của xe, tính toán mô men phanh cần thiết từ đó đưa ra các tín hiệu điều khiển riêng rẽ đến các cơ cấu chấp hành (van chia 3/2, bầu phanh) bên các bánh xe chủ động, tác động điều khiển mô men phanh cục bộ bên bánh xe chủ động để duy trì dừng xe trên đường dốc [1], [2].

Đối với hệ thống đã đề xuất có thể hoạt động độc lập với dẫn động phanh khí nén thông thường, không làm việc khi điều khiển trượt quay và trượt lết bánh xe. Trường hợp này hệ thống kích hoạt van

chia 3/2 nối thông đường khí từ bình khí nén qua van ABS đến bầu phanh, đồng thời đóng kín đường khí từ van phân phối xuống van ABS, thực hiện quá trình tác động phanh bánh xe. Trường hợp ô tô chuyển động trên đường bằng phẳng, van chia 3/2 ở trạng thái ban đầu (không kích hoạt) nối thông đường khí từ van phân phối qua van ABS đến bầu phanh, đồng thời đóng kín đường khí từ bình khí nén đến van ABS, lúc này hệ thống phanh khí nén làm việc như hệ thống phanh khí thông thường có ABS.

Để kiểm chứng hệ thống đã xây dựng, cần nghiên cứu mô hình mô phỏng với ô tô cụ thể cũng như mô phỏng hoạt động của các cụm chi tiết trong hệ thống.

3. Mô hình mô phỏng hệ thống

Mô hình mô phỏng bầu phanh

Mô hình mô phỏng van bầu phanh đã được nghiên cứu xây dựng và công bố [6] và được thể hiện bằng phương trình xác định áp suất khí nén trong bầu phanh theo công thức:

$$\frac{dp_{cha}}{dt} = \frac{k.R.T}{g(y.F + V_0)}(Q_{in} - Q_{out}) \quad (1)$$

Trong đó:

F : Diện tích màng piston trong bầu phanh [m^2];

y : Dịch chuyển của màng bầu phanh và cần đẩy [m];

V_0 : Thể tích ban đầu của bầu phanh [m^3];

k : nhiệt trị riêng (với không khí, $k = 1,4$);

R: hằng số chất khí [$\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$];

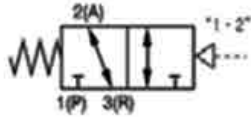
T: nhiệt độ của chất khí [K].

Mô hình mô phỏng dẫn động khí nén qua van chia 3/2

Trong hệ thống sử dụng van chia 3/2 loại KTA317 với phạm vi áp suất khí cho phép từ 0,1 đến 1Mpa, tín hiệu điều khiển van là tín hiệu điện áp với mức điện áp 24V. Cửa cấp khí 3(R) nối với tổng van phanh, cửa van 2(A) nối thông sang van ABS và dầu còn lại nối thông với bình khí nén như Hình 2.



KTA317



Hình 2. Kết cấu van chia 3/2 loại KTA317

Khi hệ thống trượt quay hoạt động, lưu lượng khí nén từ bình chứa qua van chia 3/2, qua van ABS đến bầu phanh bên bánh xe bị trượt quay. Lưu lượng khí nén qua van chia 3/2 đến bánh xe bên trái và phải lần lượt là Q_1, Q_2 [m^3/s] và được xác định [7][6]:

$$Q_1 = K_g \cdot C_v \cdot \sqrt{\frac{(p_{\text{binh}} - p_{21}) \cdot (p_{21} + p_a)}{G \cdot T_u}} \cdot DK_{RL} \quad (2)$$

$$Q_2 = K_g \cdot C_v \cdot \sqrt{\frac{(p_{\text{binh}} - p_{22}) \cdot (p_{22} + p_a)}{G \cdot T_u}} \cdot DK_{RR} \quad (3)$$

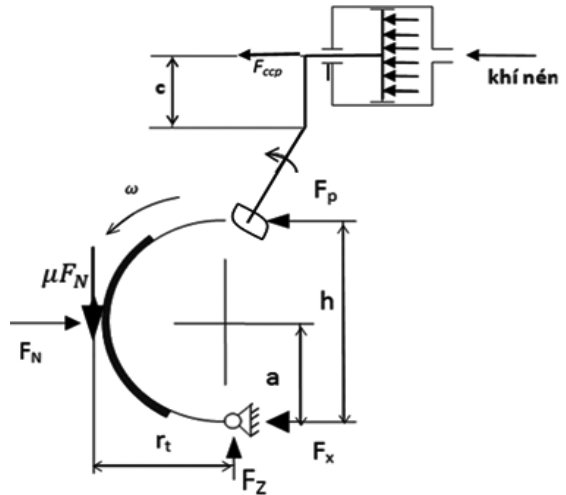
Trong đó:

$p_{\text{binh}}, p_{21}, p_{22}$ lần lượt là áp suất khí nén trong bình chứa, áp suất khí nén tại cửa ra của van bên trái, áp suất khí nén tại cửa ra của van bên phải.

DK_{RL}, DK_{RR} - lần lượt là biến điều khiển dòng khí nén đi vào van chia bên trái và bên phải. Ở trạng thái bình thường các biến điều khiển này có giá trị bằng 0, khi ECU cấp tín hiệu điều khiển đến van chia 3/2, tín hiệu điều khiển cho van tương ứng bằng 1.

Mô hình mô phỏng cơ cấu phanh bánh xe

Sơ đồ lực tác dụng trong cơ cấu phanh tang trống như trên Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ lực tác dụng trong cơ cấu phanh tang trống

Trong đó: $F_N, F_{Nt}, F_p, F_x, F_z, F_{ccp}$ - lần lượt là lực pháp tuyến và tiếp tuyến của tang trống tác dụng lên guốc phanh, lực tác dụng của cam quay, lực tác dụng của gốc tựa guốc tác dụng lên guốc phanh, lực cản đẩy trong bầu phanh [N]; a, h, r_t - lần lượt là khoảng cách từ tâm chốt cố định đến tâm trục bánh xe, khoảng cách từ tâm chốt cố định đến tâm cam quay, khoảng cách từ tâm chốt cố định đến vết tiếp xúc của trống phanh và má phanh, μ - hệ số ma sát; c - cánh tay đòn lực F_{ccp} đến tâm cam dẫn động cơ cấu phanh (m); η_t - hiệu suất truyền động cam ($\eta_t = 0,93$);

Theo Hình 3 có thể xác định phương trình cân bằng lực và mô men như sau [4],[5]:

$$F_x + F_p - F_N = 0 \quad (4)$$

$$F_p \cdot h + \mu \cdot F_N \cdot r_t - F_N \cdot a = 0 \quad (5)$$

$$F_{pt} + F_{ps} = F_{ccp} \cdot c \cdot \eta_t / d = F_{cha} \cdot c \cdot \eta_t \quad (6)$$

F_{pt}, F_{ps} - lần lượt là lực tác dụng từ tâm cam quay với guốc phanh trước và sau được xác định:

$$F_{pt} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_{\text{bau}} \cdot c \cdot \eta_c$$

$$F_{ps} = 2,258 F_{pt} \quad (7)$$

Như vậy, xác định được mô men cơ cấu phanh M_{ccp} [N.m][4]:

$$M_{ccp} = \left(\frac{h_t}{a_1 - \mu \cdot r_t} F_{pt} + \frac{h_s}{a_1 + \mu \cdot r_t} F_{ps} \right) \mu \cdot r_t \quad (8)$$

Như vậy, công thức (8) có thể xác định mô men phanh theo lực tác dụng trong cơ cấu phanh tức là theo áp suất trong bầu phanh.

4. Kết quả mô phỏng

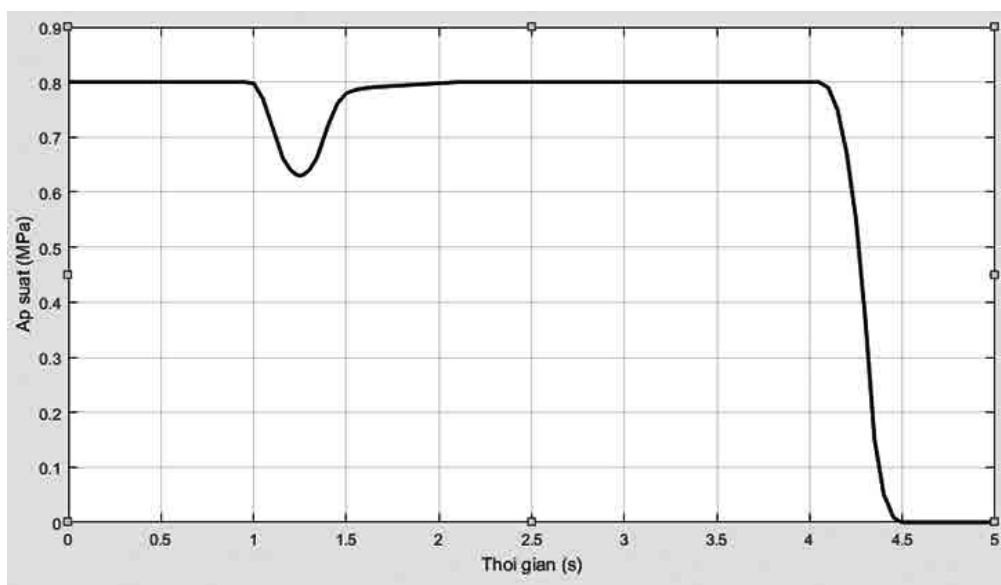
Để đánh giá sơ bộ hoạt động của hệ thống đã đề xuất, bài báo tiến hành mô phỏng hệ thống, khảo sát áp suất khí nén trong bầu phanh và mô men phanh bánh xe bị trượt quay theo các tín hiệu điều khiển van chia 3/2 với thông số đầu vào như trong Bảng 1.

Mô phỏng quá trình tác động phanh đối với bánh xe chủ động cầu sau ô tô với giả thiết áp suất khí nén trong bình chứa là không đổi và bằng 0.8 Mpa, sau khi xe ô tô dừng lại trong trạng thái vẫn đang nổ máy và ở khu vực dốc cao từ 50 trở lên, lúc này các cảm biến sẽ có thể phát hiện ra độ nghiêng rồi gửi lại tín hiệu đến ECU.

Kết quả mô phỏng ở các trường hợp ô tô trên đường có hệ số bám hai bên bánh xe bằng bằng 0,6 và xe ở trạng thái toàn tải, được thể hiện trên Hình 4.

Bảng 1. Thông số mô phỏng

Các thông số	Giá trị
Trọng lượng bản thân (m_0)	33850 N
Trọng lượng toàn bộ (m)	67800 N
Mô men lớn nhất của động cơ (M_c -diezen)	320 Nm
Thông số lớp (B-d)	7,5-16
Chiều cao trọng tâm hg (mm)	980
Khoảng sáng gầm xe (mm)	215
Dẫn động	4x2



Hình 4. Biến thiên áp suất bầu phanh khi hệ thống hỗ trợ khởi hành ngang dốc hoạt động

Từ kết quả mô phỏng có thể thấy bằng cách phối hợp các tín hiệu điều khiển van chia 3/2 trong hệ thống phanh có điều khiển có thể thay đổi áp suất (do đó thay đổi mô men phanh) tùy theo trạng thái thực của ô tô với mặt đường.

Các tín hiệu điều khiển của ECU tới van 3/2 tương ứng với các trạng thái điều khiển tăng, giữ và giảm áp suất khí nén trong bầu phanh bánh xe. Tín hiệu điều khiển DK_R = 1; DK_R = 0 ứng với trường hợp mở van và đóng van 3/2.

Sự biến thiên của mô men phanh bánh xe tương ứng với biến thiên áp suất khí nén trong bầu phanh và tín hiệu đóng mở các van 3/2. Áp suất khí

nén trong bầu phanh ở mức 0.8 Mpa khi đang phanh dừng đỗ xe trên dốc dọc, người lái chuyển đổi trạng thái nhả phanh sang tăng ga để di chuyển, áp suất khí nén trong bầu phanh nhanh chóng giảm xuống 0,62 Mpa và được tăng trở lại trong khoảng 0,25 s (quá trình giảm áp suất và tăng áp suất khoảng 0,5 s là do ban đầu phải khắc phục khe hở má phanh và hiệu suất truyền động cơ khí) sau đó áp suất khí nén được giữ không đổi trong bầu phanh theo thời gian đã định của chương trình điều khiển.

5. Kết luận

Bài báo đã đề xuất cấu trúc hệ thống hỗ trợ

khởi hành ngang dốc trên cơ sở hệ thống phanh khí nén có ABS, TCS trong chuyển động thẳng của ô tô tải 4x2 trên đường có độ dốc.

Kết quả mô phỏng hệ thống phù hợp với điều kiện thực tế và quy luật biến thiên áp suất bầu phanh, mômen phanh bánh xe. Mô hình mô phỏng đã mô tả được bản chất hoạt động của hệ thống hỗ trợ xe khi khởi hành trên dốc.

Với việc lựa chọn điều khiển cơ cấu chấp hành và cấu trúc hệ thống đã xây dựng có thể tin cậy và có thể sử dụng để nghiên cứu xây dựng thuật

toán điều khiển cho ECU hỗ trợ khởi hành ngang dốc, xác định giá trị thời gian giữ phanh phù hợp. Nghiên cứu tiếp theo là hoàn thiện thuật toán và ngưỡng điều khiển cho ECU này có thể tích hợp với ABS-TCS ECU thành một hệ thống điều khiển của ô tô tải 4x2.

Lời cảm ơn

Nội dung nghiên cứu của bài báo được thực hiện với sự hỗ trợ của đề tài B2020-SKH-01.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Lê Anh Vũ, Hồ Hữu Hải, Đàm Hoàng Phúc, Dương Ngọc Khánh, Mô hình mô phỏng chuyển động của ô tô tải trên đường có hệ số bám không đồng nhất. *Tạp chí Giao thông vận tải*, số tháng 6/2017, tr. 121-123.
- [2]. Lê Anh Vũ, Hồ Hữu Hải, Đàm Hoàng Phúc, Dương Ngọc Khánh, Khảo sát ảnh hưởng của mô men phanh tới đặc tính tăng tốc của ô tô tải khi đi vào đường có hệ số bám không đồng đều. *Tạp chí Cơ khí Việt nam*, số 9/2017, tr. 25-30.
- [3]. Hồ Hữu Hùng, Nguyễn Trung Kiên, Hồ Hữu Hải, Mô phỏng hệ thống phanh khí nén trên ô tô. *Tạp chí giao thông vận tải*, số 12/2013, tr. 11-13.
- [4]. Nguyễn Hữu Cẩn, Phan Đình Kiên, *Thiết kế và tính toán ô tô máy kéo*, NXB Đại học và trung học chuyên nghiệp, 1985.
- [5]. Trương Minh Chắp, Dương Đình khuyến, Nguyễn Khắc Trai, *Thiết kế và tính toán ô tô*, NXB Bách Khoa Hà Nội, 1998.
- [6]. Dr.Ing T.Hong, Dr. Richard K. Tessmann, The Dynamic Analysis of Pneumatic Systems Using Hypneu. *International Fluid Power Exposition and Technical Conference*, April 1996, Chicago.
- [7]. SaschaSemmler, Rolf Isermann, *Wheel Slip Control for Antilock Braking Systems using Brake-by-Wire Actuators*, SAE Technical Paper 2003-01-0325, 2003.
- [8]. WABCO Training, *Anti-Lock Braking System (ABS) and Anti-Slip Regulation (ASR)*, Edition October, 2003.

STUDY PROPOSED MODEL HILL-START ASSIST SYSTEM ON ABS PNEUMATIC BRAKING SYSTEM

Abstract:

The slope departure system contributes to helping the driver to control the vehicle more smoothly when starting the car on the slope. The paper proposes a structure of a horizontal departure system based on ABS air brakes and The model was built with Matlab/Simulink. Survey results of the system performance in a test truck with a 4x2 wheel formula on a 10% slope show that the variation in pneumatic pressure at the wheel brake bulb is consistent with the physical laws, the proposed system can be used to control the support for starting a steep slope to help the driver adjust easy to control.

Keywords: Hill-Start Assist System, Anti-Lock Brake System, Traction control, electronic parking brake.