

NGHIÊN CỨU, KHẢO SÁT KHẢ NĂNG ĐIỀU KHIỂN CỦA HỆ THỐNG HẠN CHẾ TRƯỢT QUAY Ô TÔ TẢI TRÊN ĐƯỜNG ĐẤT
STUDY THE ABILITY TO CONTROL THE TRUCK DYNAMICS SYSTEM ON LAND ROAD

**TRẦN VĂN THOAN*, LÊ ANH VŨ, KHỔNG VĂN NGUYỄN
 NGUYỄN THỊ THÚY PHƯƠNG**

Khoa Cơ khí động lực, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

**Email liên hệ: tranthoandlk3@gmail.com*

Tóm tắt

Hiện tượng trượt quay của bánh xe chủ động làm giảm khả năng tăng tốc và khả năng cơ động của ô tô. Bộ điều khiển chống trượt quay bánh xe chủ động tác động điều khiển giảm mức tải động cơ cho phù hợp với khả năng bám của đường nhằm hạn chế sự trượt quay của bánh xe, giúp cải thiện khả năng tăng tốc. Tại nông thôn Việt Nam, các xe tải vẫn thường xuyên hoạt động trên đường đất dẫn tới các trường hợp bị trượt quay bánh xe chủ động. Bài báo này trình bày các kết quả mô phỏng hiệu quả của hệ thống trên đường đất với các vùng hệ số bám và hệ số cản lăn tương ứng.

Từ khóa: *Trượt quay bánh xe, bộ điều khiển, đường đất, hệ số bám, hệ số cản lăn.*

Abstract

Slippage of the active wheel reduces the acceleration and maneuverability of the car. The active wheel anti-slip controller reduces engine load to match the grip of the road to limit wheel slip and improve acceleration. In rural Vietnam, trucks still often operate on dirt roads, leading to cases of active wheel slip. This paper presents the results of simulation of the efficiency of the system on dirt roads with the respective regions of coefficient of traction and coefficient of rolling resistance.

Keywords: *Wheel spin, controller, land road, grip coefficient, rolling resistance coefficient.*

1. Mở đầu

Hiện tượng trượt quay thường xảy ra ở các trường hợp: khi tăng tốc đột ngột, khi khởi động, khi xe chạy trên đường có độ bám thấp,... Hiện tượng này làm hao mòn lốp, giảm tính năng ổn định hướng chuyển động, tổn hao công suất và giảm tính năng cơ động của ô tô.

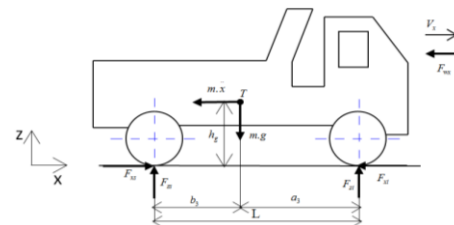
Tại các vùng nông thôn và miền núi ở Việt Nam, các xe tải chủ yếu di chuyển trên các loại đường đất. Khi hiện tượng trượt quay xảy ra sẽ dẫn đến việc lưu thông hàng hóa gặp nhiều khó khăn và nguy hiểm. Các hệ thống điều khiển hạn chế trượt quay cũng hướng đến điều khiển trên các loại đường này.

Bài báo này tiến hành khảo sát hiệu quả của bộ điều khiển hạn chế trượt quay đề xuất nhằm cải thiện tính năng động học của xe, qua đó góp phần tăng cường hiệu quả vận chuyển hàng hóa tại các vùng núi và nông thôn.

2. Phương pháp nghiên cứu

Khi ô tô chuyển động thẳng có các lực và mô men tác dụng lên ô tô được mô tả như trên Hình 1 [1], [5], [6], [7];

Fxt: Tổng hợp phản lực dọc do mặt đường tác



Hình 1. Sơ đồ các lực tác dụng lên ô tô trong quá trình chuyển động thẳng

dụng lên bánh xe bị động;

Fxs: Tổng hợp phản lực dọc do mặt đường tác dụng lên các bánh xe chủ động;

Fzs: Phản lực thẳng đứng từ mặt đường lên bánh xe chủ động;

Fzt: Phản lực thẳng đứng từ mặt đường lên bánh xe bị động;

Fwx: Lực cản không khí tại tâm chính diện của xe;

$m \cdot x$: Lực quán tính của xe;

m.g: Trọng lượng của xe;

m: Khối lượng của xe.

Phương trình chuyển động của xe theo phương dọc như sau:

$$m\ddot{x} = 2(F_{XS} - F_{XT}) - F_{WX} \quad (1)$$

Trong trường hợp khi khởi hành (có vận tốc thấp), lực cản không khí rất nhỏ nên có thể bỏ qua ($F_{WX}=0$).

Vì vậy, ô tô có phương trình chuyển động:

$$m\ddot{x} = 2(F_{XS} - F_{XT}) \quad (2)$$

Từ đây có thể xác định được gia tốc \ddot{x} của ô tô như sau:

$$\ddot{x} = \frac{2(F_{XS} - F_{XT})}{m} \quad (3)$$

Vận tốc chuyển động của ô tô tại thời điểm t như sau:

$$\dot{x} = \int_0^t \frac{2(F_{XS} - F_{XT})}{m} .dt + V_{0x} \quad (4)$$

Với V_{0x} là vận tốc ban đầu của ô tô.

Bảng 1. Thông số của xe tải thực hiện mô phỏng

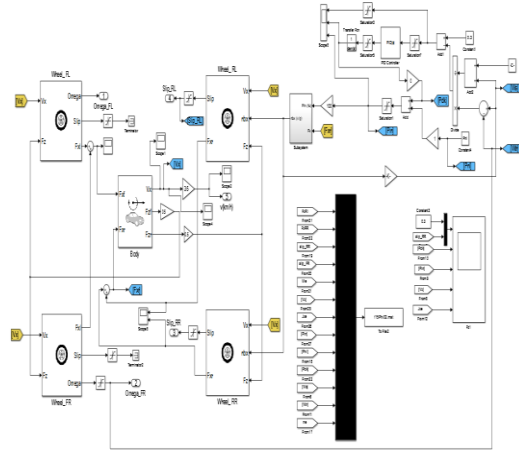
Các thông số	Giá trị
Công thức bánh xe	4x2
Mô men xoắn động cơ lớn nhất:	310/2500 (Nm/rpm)
Trọng lượng toàn bộ:	7845 (kg)
Trọng lượng bản thân:	4430 (kg)
Mô men quán tính bánh đà	1,77 (kg.m ²)
Công suất cực đại tại số vòng quay	89/2900 (Kw/rpm)
Tỉ số truyền tại tay số 1	7,34
Hệ số cản lăn	$f = (0,025:0,005:0,15)$
Khảo sát với các hệ số bám	$\varphi = (0,2:0,05: 0,6)$
Công thức bánh xe	4x2

3. Kết quả mô phỏng trên đường đất đặc trưng

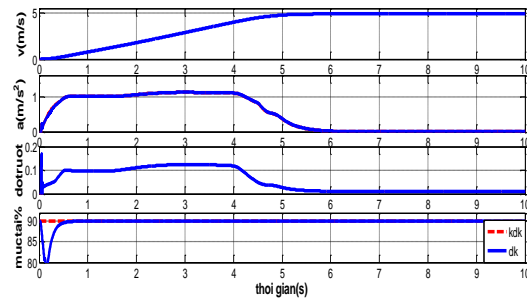
Mô hình thực hiện mô phỏng chuyển động thẳng của ô tô tải 4x2 có các thông số như Bảng 1, ở mức tải 90% nhằm kiểm tra khả năng làm việc của bộ điều khiển trên đường đất đặc trưng.

Trên đường đất khô

Khi các xe tải đi trên các đường đất khô tại nông thôn, tại đây các giá trị hệ số bám trong khoảng $\varphi = (0,5 \div 0,6)$ và hệ số cản lăn trong khoảng: $f = (0,025 \div 0,035)$ [1].



Hình 2. Mô hình động lực học xe trong mô phỏng simulink



Hình 3. Vận tốc, gia tốc, độ trượt bánh xe chủ động, mức tải động cơ trên đường có hệ số bám $\varphi=0,5$; $f = 0,035$ khi có và không có bộ điều khiển

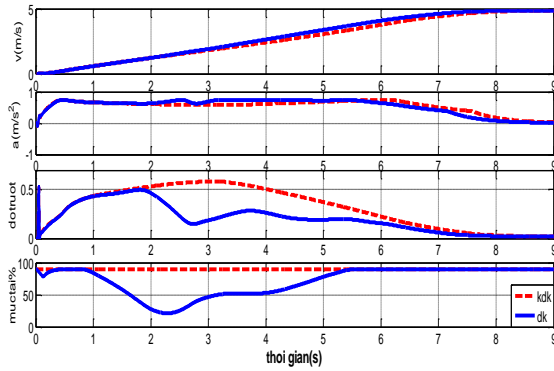
Nghiên cứu tiến hành khảo sát với vùng hệ số bám φ và cản lăn f như trên cho kết quả:

Trên đường có hệ số bám $\varphi=0,5$ và với giá trị cản lăn như trên: tín hiệu ra của bộ điều khiển gần như bằng không dẫn đến không có tác động thay đổi mức ga người lái là mức tải động cơ ($P_{nl} = P_{in} = 90\%$). Độ trượt bánh xe chủ động luôn nằm trong vùng ($\lambda < 0,3$).

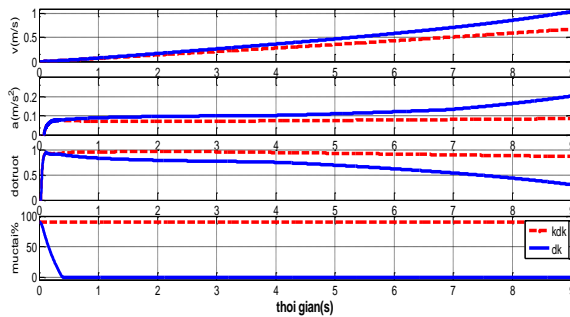
Trên các đường đất khô này, việc có can thiệp của bộ điều khiển không làm cải thiện tính năng cơ động của xe so với khi không điều khiển (vùng không cần điều khiển).

Trên đường đất ướt

Khi trời mưa các xe tải đi trên các đường đất ướt tại nông thôn, tại đây các giá trị hệ số bám giảm trong



Hình 4. Vận tốc, gia tốc, độ trượt bánh xe chủ động, mức tải động cơ trên đường có hệ số bám $\varphi = 0,3$; $f = 0,05$ khi có và không có bộ điều khiển



Hình 6. Vận tốc, gia tốc, độ trượt bánh xe chủ động, mức tải động cơ trên đường có hệ số bám $\varphi = 0,2$; $f = 0,1$ khi có và không có bộ điều khiển

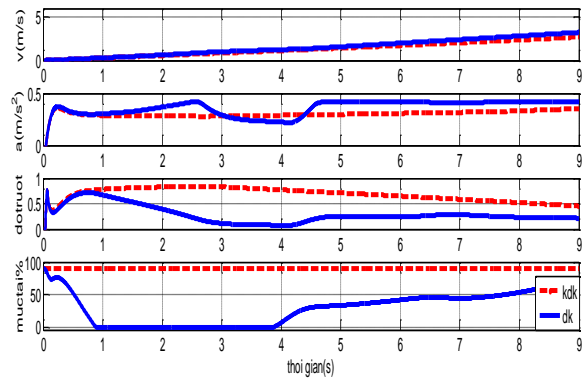
khoảng $\varphi = (0,2 \div 0,4)$ và hệ số cản lăn trong khoảng $f = (0,05 \div 0,15)$ [1].

Nghiên cứu tiến hành khảo sát với vùng hệ số bám và cản lăn như trên cho các kết quả như sau:

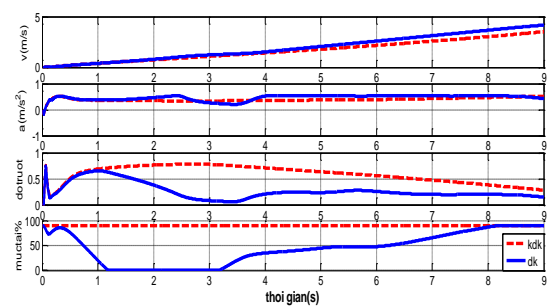
Kết quả khảo sát trên đường có hệ số cản lăn $f = 0,05$; hệ số bám φ lần lượt là 0,2 và 0,3 cho thấy: ban đầu bánh xe chủ động có độ trượt lớn, tín hiệu điều khiển tăng nhanh giúp mức tải động cơ giảm đến giúp độ trượt giảm. Khi độ trượt giảm ($\lambda < 0,3$) tín hiệu điều khiển giảm dần làm tăng P_{in} để duy trì độ trượt nhỏ và gia tốc lớn.

Việc điều khiển thay đổi mức tải động cơ trên đường ($f = 0,05$; $\varphi = 0,2$) làm giảm tổng thời gian độ trượt bánh xe có độ trượt $\lambda > 0,3$ (2,2s khi có điều khiển so với 9,8s khi không điều khiển) và rút ngắn thời gian ô tô đạt vận tốc $v = 2m/s$ (6,02s khi có điều khiển so với 6,9s khi không điều khiển).

Trên đường ($f = 0,05$; $\varphi = 0,3$), bộ điều khiển làm giảm tổng thời gian độ trượt bánh xe có độ trượt $\lambda > 0,3$ (2,3s khi có điều khiển so với 5,5s khi không điều khiển) và rút ngắn thời gian ô tô đạt vận tốc $v = 2m/s$ (3,1s khi có điều khiển so với 3,3s khi không điều



Hình 5. Vận tốc, gia tốc, độ trượt bánh xe chủ động, mức tải động cơ trên đường có hệ số bám $\varphi = 0,2$; $f = 0,05$ khi có và không có bộ điều khiển



Hình 7. Vận tốc, gia tốc, độ trượt bánh xe chủ động, mức tải động cơ trên đường có hệ số bám $\varphi = 0,3$; $f = 0,1$ khi có và không có bộ điều khiển

hiển) từ đó nâng cao khả năng tăng tốc của ô tô.

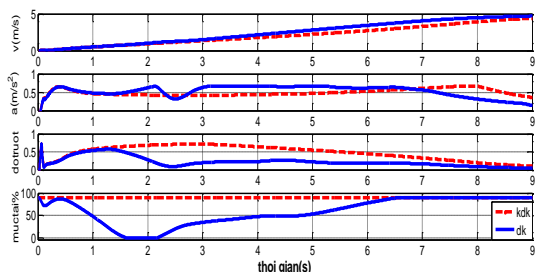
Kết quả khảo sát trên đường có hệ số cản lăn $f = 0,1$; hệ số bám φ lần lượt là 0,2 và 0,3 cho thấy: ban đầu bánh xe chủ động có độ trượt lớn, tín hiệu điều khiển tăng nhanh giúp mức tải động cơ giảm đến giúp độ trượt giảm. Khi độ trượt giảm ($\lambda < 0,3$) tín hiệu điều khiển giảm dần làm tăng P_{in} để duy trì độ trượt nhỏ và gia tốc lớn.

Trên đường ($f = 0,1$; $\varphi = 0,3$), bộ điều khiển đã làm giảm tổng thời gian độ trượt bánh xe có độ trượt $\lambda > 0,3$ (2,2s khi có điều khiển so với 8,7s khi không điều khiển) và rút ngắn thời gian ô tô đạt vận tốc $v = 1m/s$ (2,4s khi có điều khiển so với 2,8s khi không điều khiển) từ đó nâng cao khả năng tăng tốc của ô tô.

Tương tự như trên, các kết quả khảo sát trên đường có hệ số cản lăn $f = 0,15$; hệ số bám φ lần lượt là 0,3 và 0,4 cũng cho thấy: Ban đầu bánh xe chủ động có độ trượt lớn, tín hiệu điều khiển tăng nhanh giúp mức tải động cơ giảm đến giúp độ trượt giảm. Khi độ trượt giảm ($\lambda < 0,3$) tín hiệu điều khiển giảm dần làm tăng P_{in} để duy trì độ trượt nhỏ và gia tốc lớn.

Việc điều khiển thay đổi mức tải động cơ trên

đường ($f = 0,15$; $\varphi = 0,3$) làm giảm tổng thời gian độ trượt bánh xe có độ trượt $\lambda > 0,3$ (3,4s khi có điều khiển so với 17,8s khi không điều khiển) và rút ngắn thời gian ô tô đạt vận tốc $v = 1m/s$ (4,5s khi có điều khiển so với 8,2s khi không điều khiển).



Hình 8. Vận tốc, gia tốc, độ trượt bánh xe chủ động, mức tải động cơ trên đường có hệ số bám $\varphi = 0,4$; $f = 0,15$ khi có và không có bộ điều khiển

Trên đường ($f = 0,15$; $\varphi = 0,4$), bộ điều khiển đã làm giảm tổng thời gian độ trượt bánh xe có độ trượt $\lambda > 0,3$ (1,9s khi có điều khiển so với 7,2s khi không điều khiển) và rút ngắn thời gian ô tô đạt vận tốc $v = 2m/s$ (3,7s khi có điều khiển so với 4,5s khi không điều khiển) từ đó nâng cao khả năng tăng tốc của ô tô.

Từ các kết quả mô phỏng trên có thể thấy:

Trên các đường đất khô có giá trị bám lớn và cản lăn nhỏ, việc có can thiệp của bộ điều khiển không làm cải thiện tính năng cơ động của xe so với khi không điều khiển. Tại đây xe có thể di chuyển mà không cần tới bộ điều khiển hạn chế trượt quay.

Trên các đường đất ướt, khi có can thiệp của bộ điều khiển: ban đầu bánh xe chủ động có độ trượt lớn, tín hiệu điều khiển giúp độ trượt giảm và rút ngắn thời gian tăng tốc của ô tô. Khi xe di chuyển trên đường này cần có bộ điều khiển giúp tăng cường tính năng cơ động của xe nhằm vận chuyển hàng hóa hiệu quả và an toàn hơn.

4. Kết luận

Bài báo đã tiến hành khảo sát khả năng điều khiển của hệ thống hạn chế trượt quay ô tô tải trên hai loại đường đất khô và ướt. Từ các kết quả mô phỏng và khảo sát cho thấy sự cần thiết phải có bộ điều khiển nhằm tăng tính cơ động và hiệu quả vận chuyển của ô tô tải trên đường đất ướt.

Các kết quả mô phỏng động lực học phản ánh quy luật vật lý về bám và cản lăn của ô tô. Các kết quả này có thể làm tư liệu cơ sở để tiến hành các khảo sát rộng hơn ở các loại đường khác nhau và với các bộ điều khiển khác nhau. Các kết quả tổng hợp có thể là căn

cứ để nghiên cứu, bố trí và lựa chọn bộ điều khiển hạn chế trượt quay trên các dòng xe tải cụ thể.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên trong đề tài mã số **B2020-SKH-01**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Hữu Cần, Lý thuyết ô tô máy kéo, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
 [12] Trần Văn Thoan, Hồ Hữu Hải, Đàm Hoàng Phúc, Dương Ngọc Khánh, *Mô hình mô phỏng chuyển động của ô tô tải trên đường thẳng có hệ số bám khác nhau*. Tạp chí Giao thông vận tải, số Tháng 7/2017, 2017.
 [3] Trần Văn Thoan, Hồ Hữu Hải, Đàm Hoàng Phúc, Dương Ngọc Khánh, *Khảo sát đặc tính tăng tốc của ô tô tải trên đường có hệ số bám thấp*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam Số 9/2017, 2017.
 [4] Trần Văn Thoan, Hồ Hữu Hải, Đàm Hoàng Phúc, Dương Ngọc Khánh. *Nghiên cứu khả năng điều khiển hệ thống động lực xe tải nhằm tăng khả năng cơ động của xe trên các loại đường trơn trượt khác nhau*. Tạp chí Giao thông vận tải, số Tháng 3/2018, 2018.
 [5] Trần Văn Thoan, *Điều khiển hệ thống động lực của ô tô tải nhằm hạn chế trượt quay bánh xe chủ động*. NXB Khoa học tự nhiên và Công nghệ, 2020.
 [6] Michael Blundell, Damian Harty, *Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics*, 2004.
 [7] Reza N.Jazar (2008) *Vehicle Dynamics*.

Ngày nhận bài:	09/7/2021
Ngày nhận bản sửa:	07/8/2021
Ngày duyệt đăng:	15/8/2021