

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG KÉO CHO Ô TÔ CON SỬ DỤNG HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC CƠ KHÍ CÓ CẤP

EVALUATION OF TRACTION QUALITY FOR CARS USING MT POWERTRAIN

TS. Lưu Đức Lịch^{1,*}, ThS. Lê Văn Lương², Ngô Sỹ Đồng³

¹Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

²Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Vinh

³Trường Đại học Điện lực

TÓM TẮT

Tính toán kiểm tra sức kéo của ô tô có liên quan mật thiết đến các thông số kết cấu chủ yếu của động cơ và hệ thống truyền lực trên ô tô. Mục tiêu của việc tính toán kiểm tra sức kéo ô tô là xác định các thông số đánh giá chất lượng kéo của ô tô như tốc độ cực đại có thể đạt được ở điều kiện khai thác cụ thể, khả năng vượt dốc, thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc. Trong bài báo này, các tác giả sử dụng phần mềm Matlab/Simulink để tính toán kiểm tra sức kéo của ô tô bằng phương pháp giải tích. Kết quả được biểu thị ở dạng đồ thị cho thấy độ chính xác cao, giảm thời lượng tính toán so với phương pháp đồ thị.

Từ khóa: *Tính toán động lực học kéo; Xác định tỷ số truyền hệ thống truyền lực; Động lực học.*

ABSTRACT

Calculating and testing the traction capacity of a car is closely related to the main structural parameters of the car's engine and transmission system. The goal of calculating and testing the car's traction capacity is to determine the parameters to evaluate the car's traction quality such as the maximum speed that can be achieved in specific operating conditions, the ability to go uphill, and the time and travel distance. In this paper, the authors use Matlab/Simulink software to calculate and test the car's traction. The results are expressed in figure form, showing high accuracy and reducing calculation time compared to the graphical method.

Keywords: *Car dynamics; Determine the transmission ratio of the powertrain.*



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống truyền lực bao gồm hàng loạt các cụm, tổng thành thực hiện nhiệm vụ truyền mô men xoắn từ động cơ đến các bánh xe chủ động [1], [2]. Tính chất động lực học kéo của ô tô ảnh hưởng đến khả năng khởi hành và tăng tốc của ô tô, vận tốc trung bình, vận tốc cực đại, năng suất và giá thành vận chuyển, độ êm dịu và tính an toàn trong điều kiện chuyển động với đường xá và các tay số khác nhau [3], [4], [5]. Nhờ tính toán sức kéo có thể giải quyết hàng loạt các vấn đề xuất hiện khi khai thác ô tô và xây dựng đường bộ, như khi khai thác ô tô cần xác định tốc độ chuyển động trung bình, khả năng tăng tốc, thời gian tăng tốc, tải trọng cho phép, khả năng kéo móc hoặc sơ-mi rơ-móc... trong xây dựng đường bộ cần chọn dạng bề mặt đường, độ dốc, góc cua phù hợp với sức kéo của ô tô.

Tính toán thiết kế sức kéo được thực hiện cho ô tô mới, nhằm xác định các thông số chủ yếu của động cơ và hệ thống truyền lực như công suất cực đại, mô men xoắn cực đại của động cơ, tỷ số truyền hộp số, tỷ số truyền truyền lực chính. Đồng thời, ta cần chọn hàng loạt thông số như hiệu suất truyền lực, bán kính bánh xe... những thông số này được chọn trên cơ sở những ô tô tương tự đã được sản xuất.

Tính toán kiểm tra sức kéo được thực hiện đối với một xe đã được sản xuất, các thông số kết cấu cơ bản của xe đã biết. Mục đích của việc này là đánh giá chất lượng kéo, chất lượng vận tốc và tìm ra vùng hoạt động của xe.

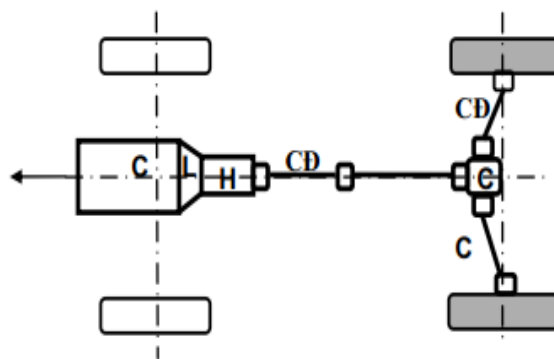
Trong bài báo này, tác giả tính toán động lực học kéo bằng phương pháp giải tích sử dụng phần mềm lập trình Matlab để giải bài toán động lực học kéo của ô tô nhằm xác định các thông số đánh giá chất lượng kéo của ô tô

như tốc độ cực đại có thể đạt được ở điều kiện khai thác cụ thể, khả năng vượt dốc, thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc.

2. ĐỘNG LỰC HỌC KÉO Ô TÔ TRUYỀN ĐỘNG CÓ CẤP

Hệ thống truyền lực cơ khí như hình 1 là hệ thống liên kết với nhau thông qua các cụm truyền cơ khí, cơ bản gồm: Ly hợp ma sát, hộp số cơ khí, hộp phân phối (nếu có), trục các đăng, bán trục, khớp nối... Trong quá trình xe chuyển động, lực cản thay đổi tùy theo điều kiện đường, muốn xe chuyển động ổn định thì người lái phải thực hiện quá trình sang số hợp lý phù hợp với từng thời điểm. Khi xác định được thời điểm sang số, người lái xe phải thực hiện một loạt các thao tác nhả ga, cắt côn và tay di chuyển cần số để chuyển số khác. Độ êm dịu chuyển động và thời gian chuyển số phụ thuộc chính vào trình độ và kinh nghiệm của người lái xe. Nếu như xác định sai thời điểm chuyển số hoặc thao tác không nhuần nhuyễn có thể khiến cho xe bị rung giật hoặc chết máy.

Hệ thống truyền lực cơ khí sử dụng ly hợp ma sát do kết cấu đơn giản, hiệu suất cao, khả năng động lực học tốt có thể truyền được mô men lớn nên được sử dụng phổ biến trên các loại ô tô vận tải.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống truyền lực MT

2.1. Đường đặc tính tốc độ ngoài của động cơ đốt trong

Đường đặc tính ngoài của động cơ là mối quan hệ giữa mô men, công suất, với tốc độ quay của trục khuỷu khi bướm ga mở hoàn toàn đối với động cơ xăng và phun nhiên liệu cực đại với động cơ diesel. $M_e = f(n_e)$, $N_e = f(n_e)$, $g_e = f(n_e)$. Đường đặc tính này có thể được xây dựng thực nghiệm bằng công thức thực nghiệm Le-déc-man (Kiencke, 2006):

$$N_e = N_{\max} \left[a \frac{n_e}{n_N} + b \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^2 - c \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^3 \right] \quad N.m / s \quad (1)$$

Trong đó: N_e – Công suất của động cơ; $N_{\max}$ – Công suất lớn nhất của động cơ; a, b, c – Hệ số tính theo thực nghiệm; n_e – Số vòng quay của động cơ (vòng/phút); n_N – Số vòng quay của động cơ tại $N_{\max}$.

2.2. Lực kéo ô tô

Để ô tô chuyển động được thì lực kéo sinh ra ở bánh xe chủ động phải cân bằng tất cả các lực cản tác dụng lên ô tô. Phương trình cân bằng lực kéo có dạng sau:

$$P_k = P_f \pm P_i + P_{\omega} \pm P_j \quad (2)$$

$$\text{Trong đó: } P_k = \frac{M_e \cdot i_t \cdot \eta_{tl}}{r_{bx}}; \quad P_f = fG \cos \alpha;$$

$P_i = G \sin \alpha$; $P_{\omega} = K.F.V^2$; $P_j = \frac{G}{g} \delta_i \cdot j$, tương ứng là lực kéo của ô tô, lực cản lăn, lực cản lên dốc, lực cản không khí, lực quán tính.

Ở đây: i_t – Tỷ số truyền của hệ thống truyền lực; r_{bx} – Bán kính bánh xe; G – Trọng lượng của ô tô; α – Độ dốc của đường; f – Hệ số cản lăn; K – Hệ số cản không khí; F – Diện tích cản chính diện ô tô; V – Vận tốc ô tô, bỏ

qua sức cản gió; g – Gia tốc trọng trường; δ_i – Hệ số ảnh hưởng của các chi tiết chuyển động quay; j – Gia tốc của ô tô.

2.3. Nhân tố động lực học

Nhân tố động lực học được dùng để đánh giá chất lượng kéo các ô tô có cùng lực kéo, cùng trọng lượng, hệ thống truyền lực nhưng khác nhau về hình dáng khí động học. Phương trình nhân tố động lực học có dạng sau:

$$D = f \pm i \pm \frac{\delta_i \cdot j}{g} \quad (3)$$

2.4. Thời gian tăng tốc

Thời gian tăng tốc của ô tô từ tốc độ v_1 đến tốc độ v_2 được tính theo công thức sau:

$$t_{t1-t2} = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{j} dv \quad (4)$$

2.5. Quãng đường tăng tốc

Quãng đường tăng tốc của ô tô từ tốc độ v_1 đến tốc độ v_2 được tính theo công thức sau:

$$S_{t1-t2} = \int_{v_1}^{v_2} v_i dt_i \quad (5)$$

2.6. Xác định tỷ số truyền của hộp số

Tỷ số truyền của truyền lực chính được xác định từ điều kiện đảm bảo ô tô đạt tốc độ cực đại ở số truyền cao nhất, xác định theo công thức sau:

$$i_o = 0,105 \frac{r_{bx} \cdot n_{e\max}}{i_{hc} \cdot j_c} \quad (6)$$

Tỷ số truyền của tay số 1 được xác định theo điều kiện khắc phục cản lớn nhất của mặt đường, đồng thời thỏa mãn điều kiện bám sau:

$$\frac{G \cdot \Psi \cdot r_{bx}}{M_e \cdot i_o \cdot i_c \cdot \eta_{tl}} \leq i_{h1} \leq \frac{G \cdot \phi \cdot r_{bx}}{M_e \cdot i_o \cdot i_c \cdot \eta_{tl}} \quad (7)$$

Trong đó: Ψ , ϕ , i_o , i_c , i_{hc} tương ứng là hệ số cản mặt đường, hệ số bám của mặt đường, tỷ số truyền lực chính, tỷ số truyền lực cuối cùng, tỷ số truyền cao nhất của hộp số.

Xác định tỷ số truyền trung gian của hộp số có hai cách xác định theo quy luật cấp số nhân và theo cấp điều hòa. Trong bài báo này, tác giả sử dụng theo quy luật cấp số nhân sau:

$$i_{hk} = n^{-1} \sqrt[n-k]{i_{h1}} \quad (8)$$

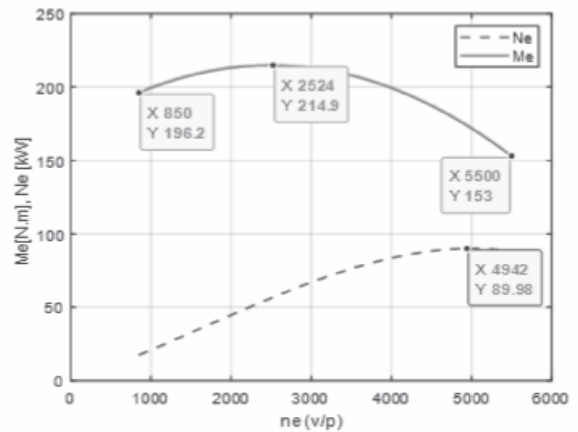
Trong đó: n – Số lượng tay số; $k = 2 \div n$ là tay số trung gian.

3. MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC KÉO Ô TÔ

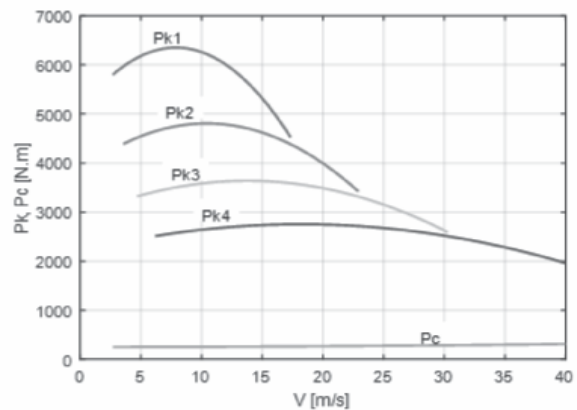
3.1. Thông số mô phỏng

Trong bài báo này, tác giả sử dụng Matlab [6] để giải các phương trình chuyển động của ô tô, từ đó đánh giá chất lượng kéo qua các chỉ tiêu như: Tốc độ cực đại của ô tô; khả năng tăng tốc; thời gian tăng tốc; quãng đường tăng tốc. Thông số cho trước và thông số cần chọn, tác giả chọn xe tham khảo là Toyota Vios.

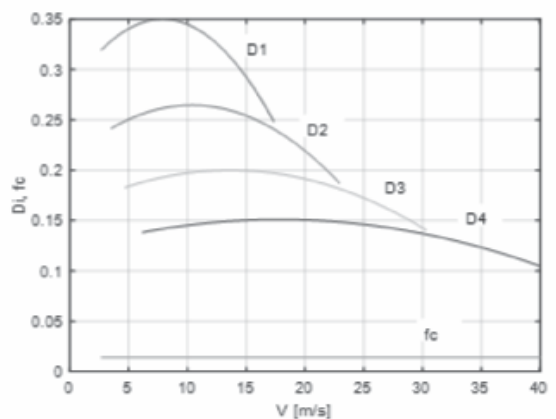
3.2. Kết quả tính toán



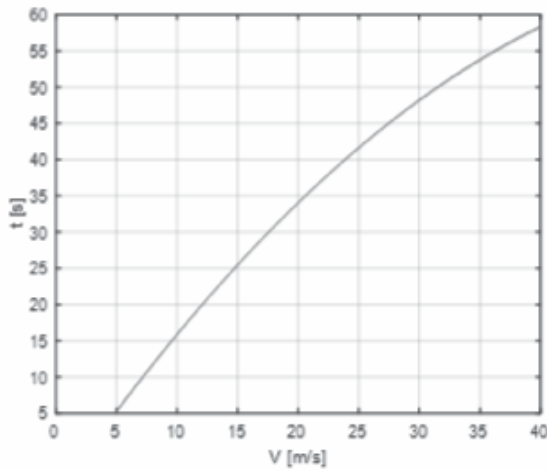
Hình 2. Đồ thị đường đặc tính ngoài động cơ



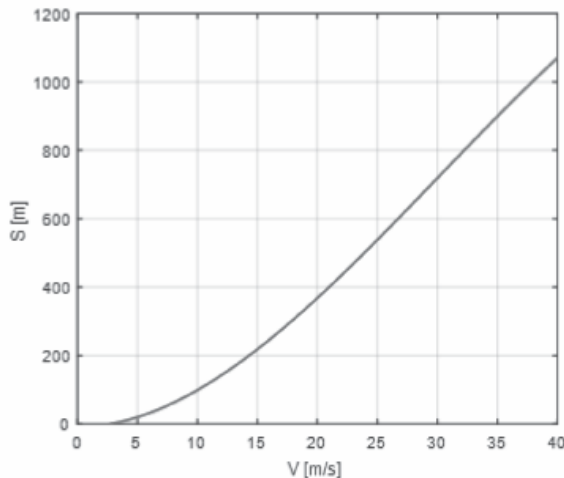
Hình 3. Đồ thị lực kéo ô tô tại bánh xe



Hình 4. Đồ thị nhân tố động lực học ô tô



Hình 5. Đồ thị thời gian tăng tốc ô tô



Hình 6. Đồ thị quãng đường tăng tốc ô tô

Qua kết quả mô phỏng, tác giả đã xác định được thông số cơ bản của động cơ thể hiện qua (hình 2) đường đặc tính ngoài của động cơ xăng: $M_e = f(n_e)$; $N_e = g(n_e)$ với công suất cực đại $N_{e_{\max}} = 90$ [kW] tại số vòng quay $n_e = 5000$ v/p; mô men xoắn lớn nhất $M_{e_{\max}} = 215$ [N.m] tại số vòng quay $n_e = 2524$ v/p; $n_{e_{\min-\max}} = [850-5500]$. Hệ thống truyền lực không có hộp phân phối, không có truyền lực cuối cùng, hộp số gồm 4 tay số, trong đó tay số 5 có tỷ số truyền tăng, tỷ số truyền từng tay số xác định như sau: $i_{h1} = 2,4$; $i_{h2} = 1,8$; $i_{h3} = 1,4$; $i_{h4} = 1,0$, coi lý hợp

không bị trượt, tỷ số truyền $i_{LH} = 1$; tỷ số truyền lực chính $i_o = 6,3$.

Qua đồ thị lực kéo thể hiện ở hình 3, 4 cho thấy lực kéo từ tay số 1 đến tay số 4 nằm trong khoảng lực bám và lực cản hay nói cách khác đảm bảo điều kiện bám và điều kiện cản, vận tốc cực đại $V_{\max} = 40$ m/s tại lực kéo ở tay số 4. Nhân tố động lực học cho từng tay số thể hiện ở hình 5, $D_{\max} = 0,35$, cho thấy ô tô có tính cơ động cao.

Thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc thể hiện tương ứng hình 5, 6. Thời gian tăng tốc bằng không và quãng đường tăng tốc bằng không tại vận tốc nhỏ nhất $V_{\min}$. Đối với ô tô trang bị hộp số cơ khí có cấp, thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc phụ thuộc vào trình độ người lái thao tác ra, vào số. Vì vậy, kết quả ở hình 5, hình 6 chỉ mang ý nghĩa lý thuyết. Trong thực tế cần xác định bằng thực nghiệm với ô tô chuyển động trên đường.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng mô hình động lực học kéo và xây dựng chương trình tính toán trên phần mềm Matlab. Kết quả mô phỏng, xác định được thông số cơ bản của động cơ như mô men xoắn cực đại, công suất cực đại và xây dựng được đường đặc tính ngoài của động cơ, cho phép xác định được mô men, công suất tại số vòng quay bất kỳ của động cơ. Xác định được tỷ số truyền từng tay số của hộp số và tỷ số truyền của truyền lực chính để ô tô đạt được vận tốc cực đại đã đặt ra. Kết quả cho phép đánh giá chất lượng kéo như khả năng khắc phục cản, khả năng tăng tốc, thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc qua các đồ thị. Dựa vào chương trình tính toán, chúng ta có thể tính toán thiết kế sức kéo hay tính toán kiểm nghiệm cho một xe bất kỳ bằng cách chỉ cần nhập thông

số cần thiết, chương trình tính toán sẽ cho kết quả chính xác cao, trực quan và giảm thời gian so với phương pháp đồ thị. ❖

Ngày nhận bài: **03/9/2023**

Ngày phản biện: **11/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Cao Trọng Hiền, Đào Mạnh Hùng (2010); “*Lý thuyết ô tô*”, NXB. Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- [2]. Rajamani R., “*Vehicle dynamics and control*”, Springer Science, New York, 2006.
- [3]. Harald Naunheimer (2011), “*Automotive transmissions*”, NXB. Springer New York, London, Heidelberg.
- [4]. Ulsoy A.G., Peng H., Cakmakci M. (2012), “*Automotive control systems*”, Cambridge University Press.
- [5]. Kiencke U., L. Nielsen, (2005). “*Automotive control systems for engine driveline and vehicle*”, Springer, Verlag, Berlin Heidelberg.
- [6]. Nguyễn Phùng Quang (2003), *Matlab & Simulink*, NXB. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội MathWorks, Using Simulink and Stateflow in Automotive applications. MathWorks, Inc, 1998.