SỬ DỤNG MÔ HÌNH ĐÀN HỒI ĐỂ MÔ HÌNH HOÁ HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC TRÊN Ô TÔ

NGUYỄN VĂN TRÀ, LÃ QUỐC TIỆP
Học viện Kỹ thuật quân sự
Email liên hệ: albert_nvtra@yahoo.com.vn

Tóm tắt: *Hệ thống truyền lực là hệ thống ảnh hưởng lớn đến tính chất động học và động lực học của ô tô và tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu khác nhau có thể mô hình nó theo nhiều cách khác nhau. Bài báo sử dụng mô hình đàn hồi để mô hình toán học và mô hình mô phỏng hệ thống truyền lực nhằm đánh giá dao động trong hệ thống truyền lực khi tải thay đổi đột ngột.*

Từ khoá: *hệ thống truyền lực, ô tô, ly hợp đàn hồi, trục đàn hồi, dao động*

Abstract: *The drivetrain is a system which has great influence on kinetic and dynamic characteristic of vehicles and modeled in many different ways depending on the purpose of various reseaches. This paper presents the mathematical and simulation models of the drivetrain using the elastic model to evaluate its oscillation when the load changes abruptly.*

Key words: *drivetrain, vehicle, flexible clutch, flexible shaft, oscilation.*

Ngày nhận bài: 21/9/2018 Ngày chấp nhận đăng: 26/10/2018 Ngày nhận bài sửa: 20/11/2018

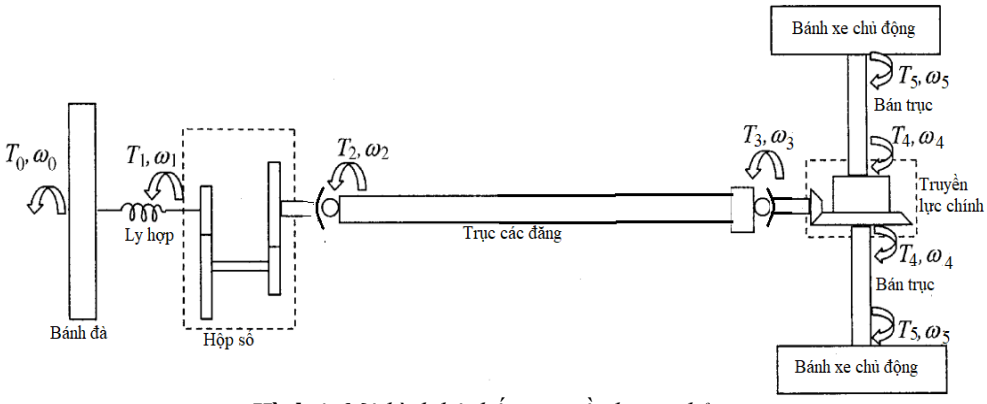
I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống truyền lực là một trong những hệ thống quan trọng ảnh hưởng lớn đến tính chất động học và động lực học của ô tô. Khi nghiên cứu về hệ thống truyền lực có nhiều mô hình nghiên cứu khác nhau như mô hình dòng lực cứng, mô hình ly hợp và bán trục đàn hồi… Khi nghiên cứu về tính chất chuyển động của ô tô thông thường chỉ cần sử dụng mô hình dòng lực cứng trong đó, các phần tử, các chi tiết trong hệ thống truyền lực được thay thế bằng các mô hình với các thông số đại diện là các mô men quán tính khối lượng quay và vận tốc. Tuy nhiên, để nghiên cứu sâu hơn về tính chất động lực học trong hệ thống như dao động, rung động thì mô hình trên không còn phù hợp do các chi tiết, phần từ trong hệ thống xét về bản chất là các chi tiết, phần tử đàn hồi. Chính vì vậy cần phải sử dụng mô hình đàn hồi mới đáp ứng được mục tiêu đó. Mô hình đàn hồi bao gồm ly hợp, trục các đăng và bán trục đàn hồi, các chi tiết còn lại có thể coi là không có sự đàn hồi. Bởi hệ thống truyền động là không tuyến tính và có dao động, do đó nó dễ dàng bị kích thích bởi động cơ và cản từ mặt đường đặc biệt trong các trường hợp

sinh ra tải đột ngột như quá trình đóng nhanh ly hợp... Trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ trình bày cơ sở lý thuyết mô hình đàn hồi, từ đó khảo sát đặc tính của hệ thống khi chịu tác dụng của tải đột ngột.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Hệ thống truyền lực trên ô tô bao gồm nhiều cụm và chi tiết như ly hợp, hộp số, truyền động các đăng, truyền lực chính và vi sai, bán trục… Khi xây dựng mô hình hệ thống truyền lực cần phải tiến hành phân tích các trạng thái và xây dựng các mô đun mô hình của từng phần tử để tạo dữ liệu. Mô hình hệ thống truyền lực cơ bản được thể hiện trên hình 1.



***Hình 1**. Mô hình hệ thống truyền lực cơ bản*

Trong quá trình phân tích các trạng thái của các cụm, nhóm tác giả sử dụng phép biến đổi Laplace để xây dựng các phương trình trạng thái của các cụm này [1]. Trạng thái của hệ thống truyền lực là sự kết hợp trạng thái của tất cả các cụm trong hệ thống được thể hiện từ phương trình (1) đến (9).

- Phương trình mô tả trạng thái của bánh đà:

$$T_0(s) = \left(J_f s + B_f\right)\omega_0(s) + T_1(s) \tag{1}$$

- Phương trình mô tả trạng thái ly hợp:

$$T_1(s) = \frac{k_c}{s}\left[\omega_0(s) - \omega_1(s)\right] + C_c\left[\omega_0(s) - \omega_1(s)\right] = \left(\frac{k_c}{s} + C_c\right)\left[\omega_0 - \omega_1\right] \tag{2}$$

- Phương trình mô tả trạng thái của hộp số:

$$T_1(s) = \left(J_g s + B_g\right)\omega_1 + \frac{T_2(s)}{i_{hs}} \tag{3}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = i_{hs} \tag{4}$$

- Phương trình mô tả trạng thái của trục các đăng [3]:

$$\begin{bmatrix} T_2(s) \\ T_3(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \xi_1 E_1 & -\xi_1\sqrt{E_1^2 - 1} \\ \xi_1\sqrt{E_1^2 - 1} & -\xi_1 E_1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} \omega_2(s) \\ \omega_3(s) \end{bmatrix} \quad (5)$$

- Phương trình mô tả trạng thái của bán trục:

$$\begin{bmatrix} T_4(s) \\ T_5(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \xi_2 E_2 & -\xi_2\sqrt{E_2^2 - 1} \\ \xi_2\sqrt{E_2^2 - 1} & -\xi_3 E_2 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} \omega_4(s) \\ \omega_5(s) \end{bmatrix} \quad (6)$$

- Phương trình mô tả trạng thái của truyền lực chính

$$T_3(s) = (J_d s + B_d)\omega_4 + \frac{T_4(s)}{i_o} \quad (7)$$

$$\frac{\omega_3}{\omega_4} = i_o \quad (8)$$

- Phương trình mô tả trạng thái của bánh xe:

$$T_5(s) = (J_w s + B_w)\omega_5(s) \quad (9)$$

Trong đó, s – Biến Laplace; T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 - Mô men đặt vào bánh đà, phần bị động của ly hợp, trục ra của hộp số, trục chủ động của truyền lực chính và các bán trục, [Nm]; J_f, J_g, J_d, J_w - Mô men quán tính khối lượng của bánh đà, mô men quán tính khối lượng quy dẫn về trục chủ động của hộp số, mô men quán tính khối lượng quy dẫn về trục chủ động của truyền lực chính, mô men quán tính khối lượng quy dẫn về bánh xe [kgm^2]; B_f, B_g, B_d, B_w – Hệ số cản nhớt của bánh đà, hộp số, truyền lực chính và bánh xe, [Nms/rad]; ω_0, ω_1, ω_2, ω_3, ω_4, ω_5 – Vận tốc góc của bánh đà, trục chủ động của hộp số, trục bị động của hộp số, trục chủ động của truyền lực chính, các bán trục và bánh xe [rad/s]; k_c – Độ cứng xoắn của ly hợp, [Nm/rad]; C_c – Hệ số giảm chấn xoắn của ly hợp, [Nms/rad]; i_{hs} – Tỷ số truyền của hộp số;

$$E_i = \frac{e^{sT_{is}} + 1}{e^{sT_{is}} - 1}$$

- Độ trễ của dòng lực trên trên trục các đăng và bán trục:

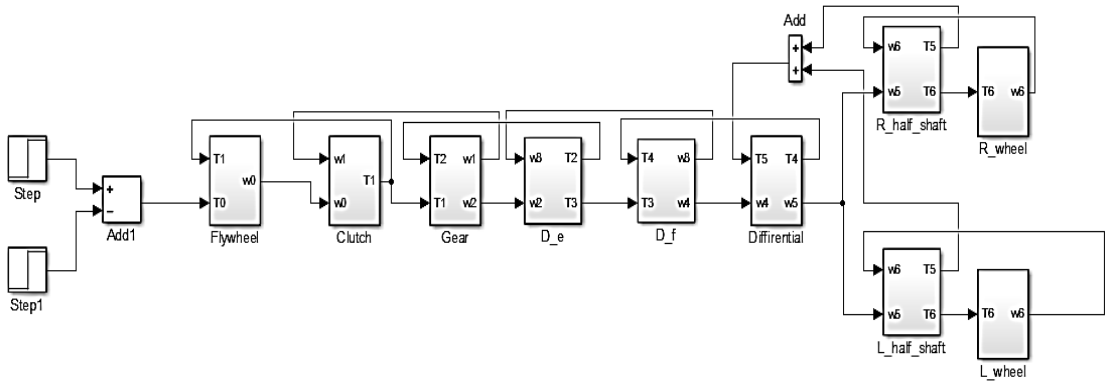
Với: $$T_{is} = 2l_i\sqrt{L_i C_i} = 2l_i\sqrt{\frac{\rho_i}{G_i}}$$

Thời gian trễ của dòng lực trên trục các đăng và bán trục, [giây] $\xi_i = \sqrt{\frac{L_i}{C_i}} = J_i\sqrt{\rho_i G_j}$ - Hệ số cản của trục các đăng và bán trục; C_j - Độ cứng trên một đơn vị chiều dài, $C_i = \frac{1}{G_i J_i}$ [1/Nm^2]; L_i - Mô men quán tính đơn vị của trục, [kgm]; G - Mô đun đàn hồi trượt, [N/m^2]; ρ - Khối lượng riêng của vật liệu, [kg/m^3]; l_i – Chiều dài của trục các đăng hoặc bán trục, [m], i = 1

với các đăng; i = 2 với với bán trục.

III. NGHIÊN CỨU DAO ĐỘNG TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC

3.1. Mô hình mô phỏng



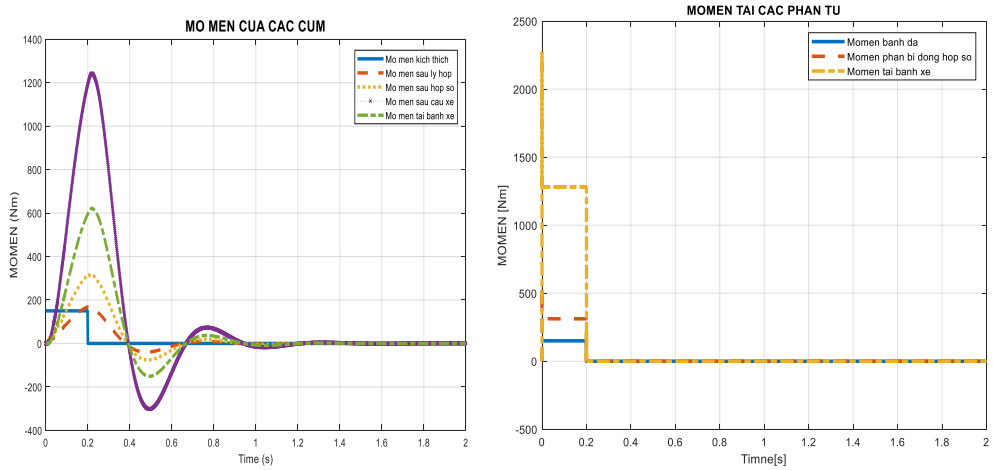
Hình 2. *Mô hình hệ thống truyền lực sử dụng mô hình đàn hồi trong Simulink*

Bảng 1. *Thông số mô phỏng*

STT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị
1	Mô men quán tính khối lượng bánh đà	J_f	0,3076 kg.m^2
2	Hệ số cản nhớt của bánh đà	B_f	0,2 Nms/rad
3	Độ cứng xoắn của ly hợp	k_c	527,12 Nm/rad
4	Hệ số giảm chấn xoắn của ly hợp	C_c	10 Nms/rad
5	Mô men quán tính khối lượng bánh răng hộp số	J_g	0,003 kg.m^2
6	Hệ số cản nhớt của hộp số	B_g	2,0 Nms/rad
7	Tỷ số truyền của hộp số	i_{hs}	2,08
8	Mô men quán tính khối lượng bánh răng truyền lực chính và vi sai	J_d	0,435 kg.m^2
9	Hệ số cản nhớt của truyền lực chính và vi sai	B_d	1,0 Nms/rad
10	Tỷ số truyền của truyền lực chính	i_d	4,11
11	Chiều dài trục các đăng	l_1	0,435 m
12	Mô men quán tính khối lượng trục các đăng	J_1	1,531.10^{-7} kg.m^2
13	Modul đàn hồi trượt của trục các đăng	G_1	80,8.10^9 N/m^2
14	Chiều dài bán trục	l_2	0,877 m
15	Mô men quán tính khối lượng bán trục	J_2	7,952.10^{-8} kgm^2
16	Modul đàn hồi trượt của bán trục	G_2	7,3.10^9 N/m^2
17	Mô men quán tính khối lượng bánh xe	J_w	2,0 kg.m^2
18	Hệ số cản của bánh xe với đường	B_w	10^{15}

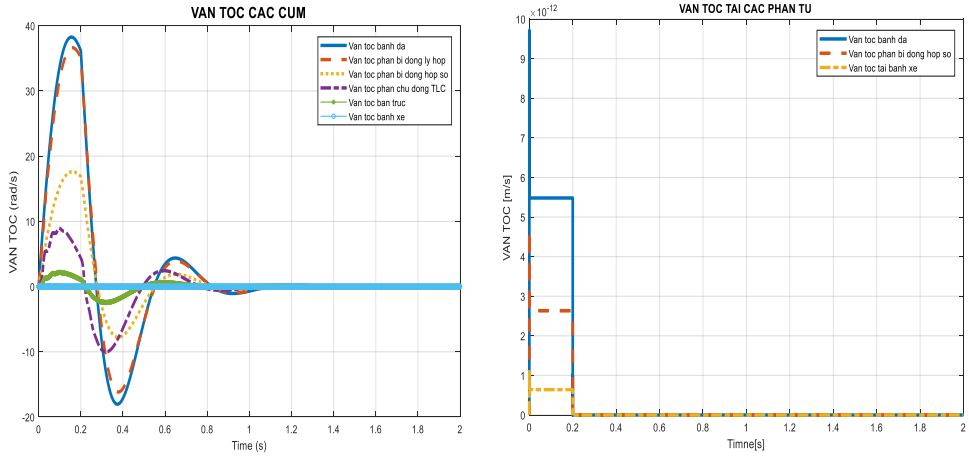
3.2. Kết quả

Bài báo khảo sát trong trường hợp mô men tác dụng lên bánh đà dưới dạng xung như hình 3 (T_f), [2], [4], [5].



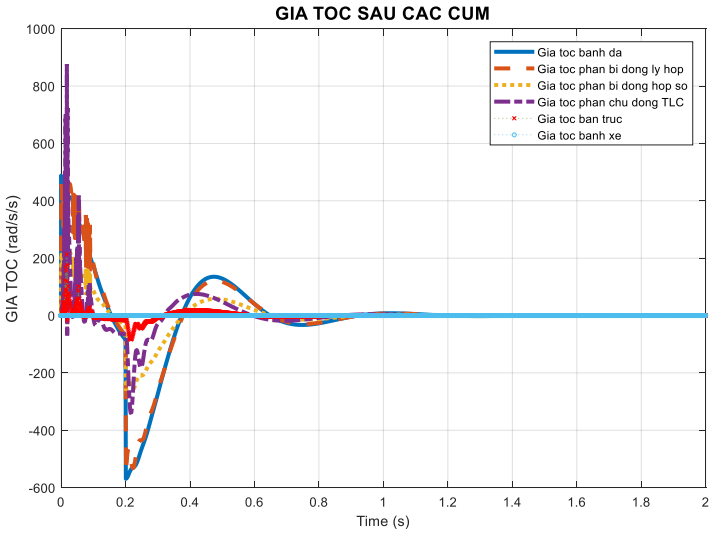
a. Mô hình đàn hồi *b. Mô hình cứng*

Hình 3. *Mô men của các cụm trong hệ thống truyền lực*

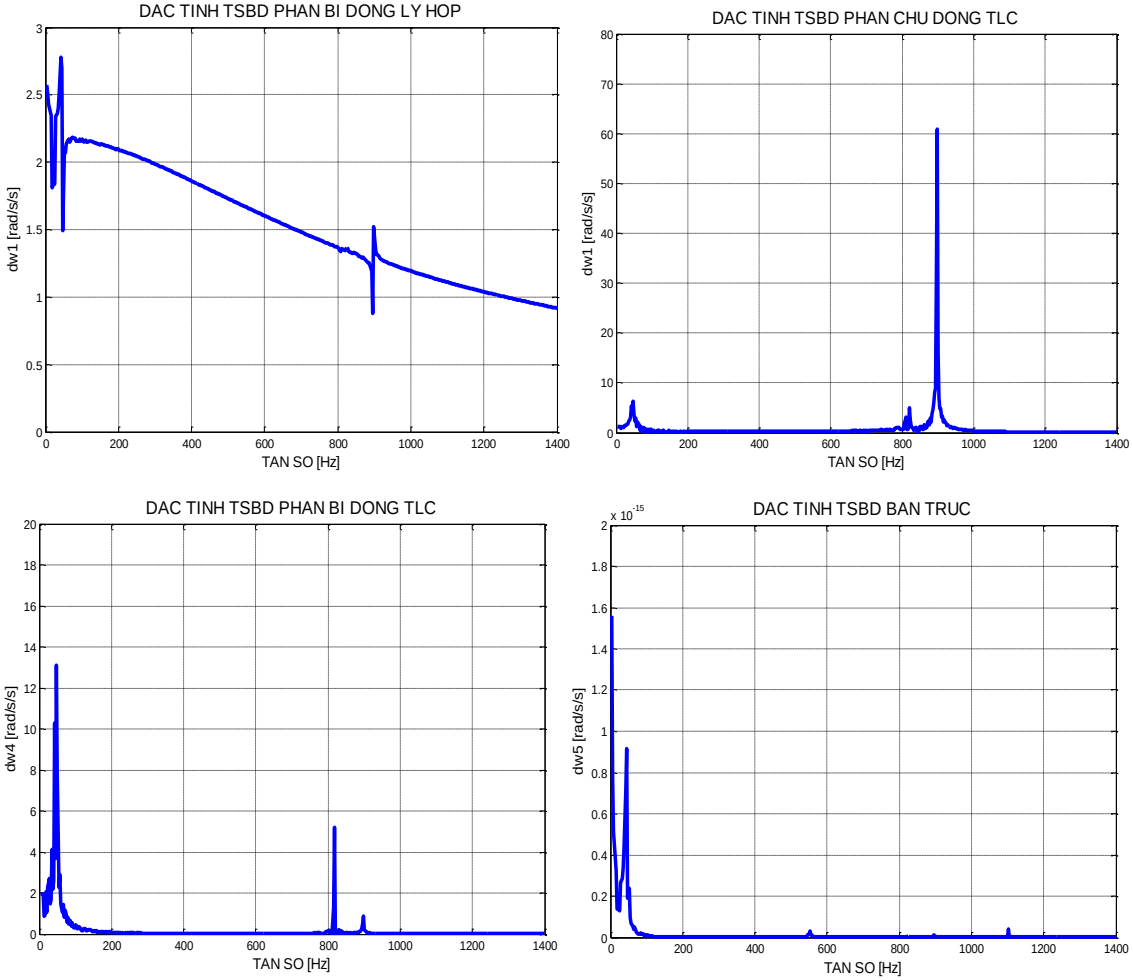


a. Mô hình đàn hồi *b. Mô hình cứng*

Hình 4. *Vận tốc của các cụm trong hệ thống truyền lực*



Hình 5. *Gia tốc của các cụm trong hệ thống truyền lực*



Hình 6. *Đặc tính tần số biên độ của gia tốc các cụm, chi tiết*

3.3. Nhận xét

Qua kết quả mô phỏng có thể nhận xét rằng:

Khi sử dụng mô hình đàn hồi (hình 3a, 4a), sẽ xuất hiện dao động trong hệ thống truyền lực và hơn thế nữa tại một số tần số kích thích sẽ phát sinh cộng hưởng trong hệ thống mà mô hình hệ thống truyền lực cứng (hình 3b, 4b) là không có được. Điều này được thể hiện ở một số điểm:

- Với tải trọng xung chỉ xuất hiện trong 0,2s nhưng hệ thống truyền lực phải mất gần 1,2s mới trở về được trạng thái ổn định do trong hệ thống xuất hiện dao động.

- Trên đồ thị đặc tính tần số - biên độ nhận thấy tại các tần số kích thích khoảng 60Hz, 820Hz, 900Hz trong hệ thống xuất hiện sự cộng hưởng.

(Xem tiếp trang 40)