

Mô hình dao động ngang của robot di động

■ ThS. VŨ DUY NGHĨA

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Bài báo nghiên cứu mô hình các dao động ngang của cabin robot di động dưới tác dụng của lực ngang và xây dựng mô hình mô phỏng sự hình thành các dao động ngang đó.

TỪ KHÓA: Robot tự hành, dao động, lực ngang.

ABSTRACT: A model of mobile robot transversal oscillation under the influence of side forces is worked out. Structure diagram of transversal oscillation is formed.

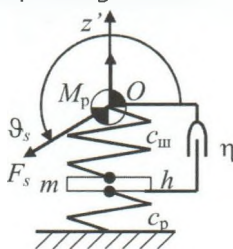
KEYWORDS: Mobile robot, oscillation, side forces.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi nghiên cứu về chuyển động của robot di động, một trong những nhân tố quan trọng về cơ học cần phải xem xét là các tác dụng ngang lên hệ thống đàn hồi của cabin robot. Để xác định những thông số dao động của cabin robot từ những thành phần tác dụng đó thì cần phải xây dựng mô hình toán học chuyển động của robot theo một hệ phương trình vi phân. Tuy nhiên, việc xây dựng mô hình toán học chuyển động của robot trong hệ tọa độ $xOyz$ khi có sự tác động ngang là rất phức tạp. Vì vậy, khi lập mô hình toán học ta chia chuyển động của cabin làm ba thành phần chuyển động đơn giản: theo phương thẳng đứng z , theo góc dọc ϑ và theo góc ngang γ . Đồng thời, cũng cần giả định rằng robot không mất tiếp xúc với mặt đường và sự dịch chuyển tương đối của cabin hoặc theo tọa độ x , y hoặc chệch hướng sẽ không xảy ra. Cabin chỉ dao động tương đối theo hệ tọa độ z , góc dọc ϑ và góc ngang γ .

2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Mô hình động học chuyển động của cabin robot theo tọa độ z được giới thiệu trong Hình 2.1.



Hình 2.1: Mô hình đàn hồi của robot khi hoạt động

Hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của cabin robot theo tọa độ z có dạng:

$$\begin{cases} M_p \ddot{z} + \eta \dot{z} + c_p z - \eta \dot{h} - c_p h = |F_s(t)| \sin \vartheta_s; \\ m_{\text{III}} \ddot{h} + \eta \dot{h} + ch - \eta \dot{z} - c_p z = 0, \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó:

$|F_s(t)|$ - Độ lớn vector lực tác dụng vào cabin;

ϑ_s - Góc theo phương dọc xe;

M_p - Khối lượng của cabin;

η - Tổng hệ số ma sát nhớt trên hệ giảm chấn treo của robot;

c_p - Tổng độ cứng của lò xo treo;

m_{III} - Khối lượng bánh xe;

$c = c_p + c_w$; c_w - Độ cứng của bánh xe.

Đối với truyền động xích với bánh xe cứng thì:

$$M_p \ddot{z} + \eta \dot{z} + c_p z = |F_s(j\omega)| \sin \vartheta_s, \quad (2)$$

và dao động theo phương z của cabin dưới tác động của xung lực là:

$$z(j\omega) = \frac{b|F_s(j\omega)|}{(j\omega)^2 + a_1 j\omega + a_0}, \quad (3)$$

Trong đó:

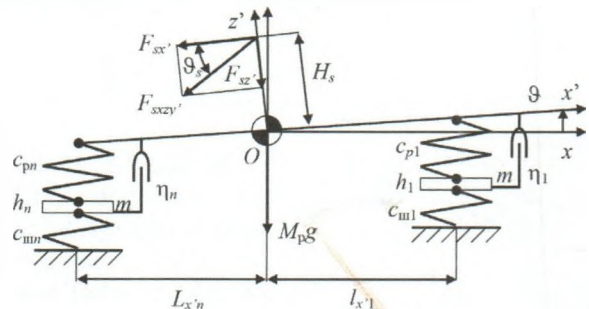
$|F_s(j\omega)|$ - Biến đổi Fourier của đại lượng $|F_s(t)|$;

$|F_s(t)|$ - Hàm mô tả lực tác dụng.

$b = \frac{\sin \vartheta_s}{M_r}$; $a_1 = \frac{\eta}{M_r}$; $a_0 = \frac{c_p}{M_r}$; ϑ_s - Góc giữa mặt phẳng

đi qua hai trục $x'y'$ và hướng lực tác dụng.

Khi xây dựng mô hình chuyển động cabin robot có n bánh xe chuyển động theo góc ϑ thì ta coi đối tượng có $(n-1)$ bậc tự do quay quanh trục Oy' theo tọa độ ϑ . Sơ đồ động học chuyển động được giới thiệu ở Hình 2.2.



Hình 2.2: Sơ đồ chuyển động theo tọa độ phi

Theo sơ đồ chuyển động thì lực tác dụng lên cabin theo tọa độ ϑ chính là thành phần F_{sx} . Hệ phương trình vi phân mô tả chuyển động của cabin khi vận hành có dạng

$$J_y \ddot{\theta} + \dot{\theta} \sum_{i=1}^n \eta_i L_{x'i}^2 + \theta \sum_{i=1}^n c_{pi} L_{x'i}^2 - \sum_{i=1}^n (\eta_i \dot{h}_i + c_{pi} h_i) L_{x'i} = |F_s| H_s \cos \psi_s \cos \theta_s; \quad (4)$$

$$-\dot{\theta} \eta_i L_{x'i} - \theta c_i L_{x'i} + m_{wi} \ddot{h}_i + \eta_i \dot{h}_i + c_i h_i = 0;$$

Trong đó: ψ_s - Góc giữa hướng tác dụng của lực và mặt phẳng đi qua hai trục x/z' .

Với robot truyền động bánh xích ảnh hưởng của độ cứng bánh xe và tổn hao lực ma sát nhớt trong bánh xe có thể được bỏ qua. Từ đó ta có:

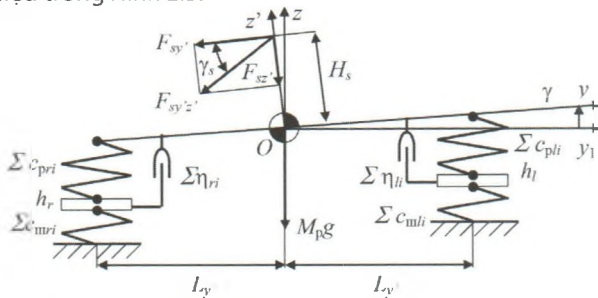
$$J_y \ddot{\theta} + \theta \sum_{i=1}^n \eta_i L_{x'i}^2 + \theta \sum_{i=1}^n c_{pi} L_{x'i}^2 = |F_s| H_s \cos \psi_s \cos \theta_s, \quad (5)$$

$$\theta(j\omega) = \frac{b_1 F_s(j\omega)}{(j\omega)^2 + a_{111} j\omega + a_{110}} \quad (6)$$

Trong đó: $a_{111} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i L_{x'i}^2}{J_y}$; $a_{110} = \frac{\sum_{i=1}^n c_{pi} L_{x'i}^2}{J_y}$; $b_1 = \eta c_w$.

Theo phương trình (6) thì kết quả của lực tác dụng lên cabin đàn hồi được biểu diễn như một khâu bậc hai.

Sơ đồ động học chuyển động theo tọa độ γ được giới thiệu trong Hình 2.3.



Hình 2.3: Sơ đồ chuyển động theo tọa độ γ

Theo sơ đồ động học thì hệ phương trình vi phân mô tả kết quả lực tác dụng lên cabin theo tọa độ γ có dạng.

$$J_x \ddot{\gamma} + \dot{\gamma} \eta L_{y'}^2 + \gamma c_p L_{y'}^2 - h \eta L_{y'} - h c_p L_{y'} = |F_s| H_s \sin \psi_s \cos \theta_s; \quad (7)$$

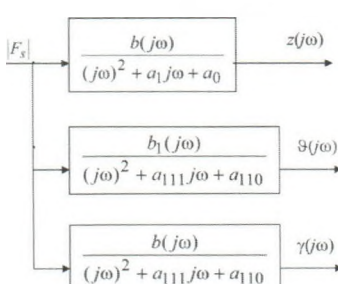
$$-\dot{\gamma} \eta L_{y'} - \gamma c L_{y'} + m_{wi} \ddot{h} + \eta \dot{h} + c h = 0.$$

Trong đó: h - Giá trị trung bình của h_r .

Đối với truyền động bánh xích ảnh hưởng của độ cứng bánh xe và tổn hao lực ma sát nhớt trong bánh xe có thể được bỏ qua. Từ đó ta có:

$$\gamma(j\omega) = \frac{b |F_s|(j\omega)}{(j\omega)^2 + a_{111} j\omega + a_{110}} \quad (8)$$

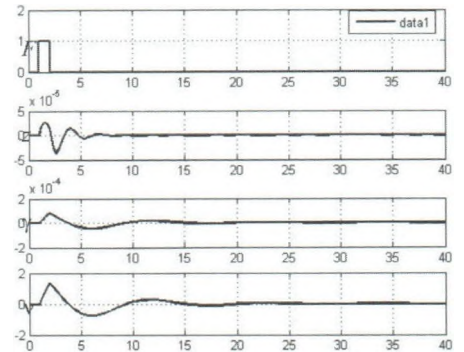
Trong đó: $a_{111} = \frac{\eta L_{y'}^2}{J_x}$; $a_{110} = \frac{c_p L_{y'}^2}{J_x}$.



Hình 2.4: Sơ đồ cấu trúc tác động ngang

Vì vậy, sơ đồ phản ứng của robot dưới tác dụng của lực ngang được giới thiệu trong Hình 2.4. Đối với robot truyền động xích thì hàm truyền có dạng đơn giản với ba khâu với hằng số thời gian, sự tắt dần và hệ số truyền khác nhau.

Với sơ đồ Hình 2.4 ta có thể tính toán dao động của robot theo từng tọa độ với lực tác dụng bất kỳ. Kết quả tính toán dao động ngang robot được giới thiệu ở Hình 2.5.



Hình 2.5: Đồ thị dao động ngang của robot dưới tác dụng của lực

3. KẾT LUẬN

Từ đồ thị Hình 2.5 chỉ ra rằng, dưới tác dụng của lực trong hệ xuất hiện dao động ngang theo các tọa độ khác nhau với tần số và sự tắt dần khác nhau. Mô hình nhận được có thể được sử dụng trong thiết kế khung gầm của robot di động.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Курочкин С.А. (2003), Ларкин Е.В. Принцип моделирования динамики движения кабин наземных транспортных средств в тренажерах // XXI Научная сессия, посвященная Дню радио, Тула: ТулГУ, С.22-24.
- [2]. Курочкин С.А. (2003), Ларкин Е.В. Моделирование движения наземного объекта в тренажере // Известия ТулГУ, Серия: Проблемы специального машиностроения. Вып. 6. Т. 2. Тула: ТулГУ, С. 190-197.
- [3]. Курочкин С.А., Пушкин А.В., Ткач В.П (2005), Моделирование в тренажерах движения подвижных наземных объектов в трехмерном пространстве // "Известия ТулГУ, Серия: Вычислительная техника, Информационные технологии, Системы управления. Том 1. Вып. 2. Системы управления. Тула: ТулГУ.
- [4]. Ткач В.П. (2005), Реализация механических движений в тренажере подвижного наземного объекта // Приборы и управление, Вып. 3. Тула: ТулГУ. С.170 -173.

Ngày nhận bài: 04/5/2022

Ngày chấp nhận đăng: 24/5/2022

Người phản biện: TS. Trần Văn Khôi

TS. Nguyễn Tuấn Phường