

PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG CỦA HỆ CẦN CẦU GIÀN 3-D VỚI CÁC THÔNG SỐ HỆ THỐNG THAY ĐỔI

ANALYSIS VIBRATION OF THE 3-D TRUSS CRANE SYSTEM WITH VARIABLE PARAMETERS

ThS. Phạm Văn Đồng, ThS. Nguyễn Mậu Dũng
Trường Trung cấp Kỹ thuật Quân khí

TÓM TẮT

Cầu trục được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy, xí nghiệp,... để vận chuyển hàng hoá, phôi liệu, vật phẩm có kích thước và khối lượng lớn. Sự lắc lư tự nhiên của tải trọng gây bất lợi cho quá trình điều khiển và an toàn lao động.

Bài báo xây dựng mô hình động lực học của hệ thống cần cầu giàn ba chiều; sử dụng phương trình Lagrange II để thiết lập hệ phương trình vi phân dao động, từ đó khảo sát các thông số kết cấu ảnh hưởng tới hệ dao động của hệ làm cơ sở cho điều khiển, nhằm giảm dao động không mong muốn của hệ thống.

Từ khóa: Cầu trục; Dao động; Lagrange.

ABSTRACT

Cranes are used widely in many factories, enterprises and so on to operate merchandises, raw materials and products with large size and volume. The natural vibration of loads will make disadvantages while operating and safety work.

This paper presents the dynamic model of the 3-D truss crane. Based on the Lagrange equation, the author establishes the differential equation of vibration to study some geometric parameters, which effect on system. The results of this paper are the basis to control the unwanted vibration of the system.

Keywords: Crane, Vibration, lagrange.

1. GIỚI THIỆU

Cầu trục được sử dụng nhiều trong các nhà máy, xí nghiệp,... để vận chuyển hàng hoá, vật phẩm có kích thước và khối lượng lớn. Tuy nhiên, sự lắc lư tự nhiên của tải trọng gây ra bất lợi cho quá trình điều khiển cầu trục và

gây mất an toàn lao động.

Bài báo trình bày phương pháp sử dụng phương trình Lagrange II thiết lập hệ phương trình vi phân dao động của cần cầu giàn 3-D làm cơ sở cho việc tính toán, thiết kế và điều khiển cần cầu trục.

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = f_x; & \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{y}}\right) - \frac{\partial T}{\partial y} = f_y \\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}}\right) - \frac{\partial T}{\partial \theta} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \theta}; & \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}}\right) - \frac{\partial T}{\partial \phi} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Viết dưới dạng ma trận:

$$M(\mathbf{q})\ddot{\mathbf{q}} + C(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}})\dot{\mathbf{q}} + K(\mathbf{q})\mathbf{q} = \mathbf{F} \quad (5)$$

Với:

$$M(\mathbf{q}) = \begin{bmatrix} m_r + m_c + m_p & 0 & m_p l \cos \theta \sin \varphi & m_p l \sin \theta \cos \varphi \\ 0 & m_c + m_p & m_p l \cos \theta \cos \varphi & -m_p l \sin \theta \sin \varphi \\ m_p l \cos \theta \sin \varphi & m_p l \cos \theta \cos \varphi & m_p l^2 + J & 0 \\ m_p l \sin \theta \cos \varphi & -m_p l \sin \theta \sin \varphi & 0 & m_p l^2 \sin^2 \theta + J \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$C(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -m_p l \sin \theta \sin \varphi \dot{\theta} + m_p l \cos \theta \cos \varphi \dot{\varphi} & m_p l \cos \theta \cos \varphi \dot{\theta} - m_p l \sin \theta \sin \varphi \dot{\varphi} \\ 0 & 0 & -m_p l \sin \theta \cos \varphi \dot{\theta} - m_p l \cos \theta \sin \varphi \dot{\varphi} & -m_p l \cos \theta \sin \varphi \dot{\theta} - m_p l \sin \theta \cos \varphi \dot{\varphi} \\ 0 & 0 & 0 & -m_p l^2 \sin \theta \cos \theta \dot{\theta} \\ 0 & 0 & m_p l^2 \sin \theta \cos \theta \dot{\varphi} & m_p l^2 \sin \theta \cos \theta \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad (7)$$

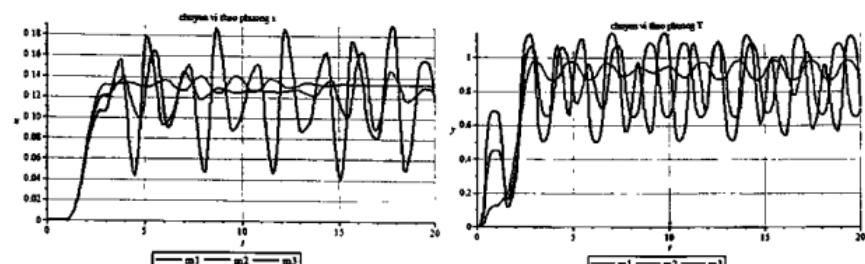
$$K(\mathbf{q}) = [0 \ 0 \ m_p g \sin \theta \ 0]^T \quad (8)$$

$$\mathbf{F} = [f_x \ f_y \ 0 \ 0]^T \quad (9)$$

4. KHẢO SÁT SÓ

Mô hình cầu trục 3D với các thông số, m_r thay đổi trong khoảng 0 đến 1 (kg), $m_r=6.4$ (kg) $m_c=1.06$ (kg), chiều dài l thay đổi từ 0.1 đến 1 (m), mô men quán tính $J=0.005$ ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$), con lăn chỉ tác dụng của lực F là hàm signal có giá trị 1N trong khoảng thời gian 1s. Thời gian khảo sát 20s.

1. Đáp ứng của hệ khi tải trọng m_p thay đổi

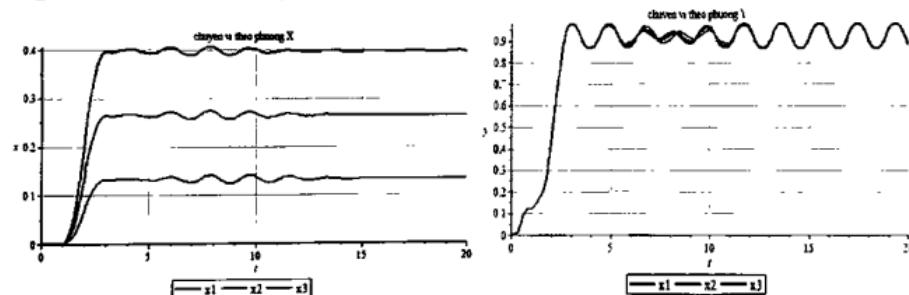


Hình 2. Kết quả chuyển vị theo hai phương chuyển động khi khối lượng m_p lần lượt là $m_1 = 0.1$; $m_2 = 0.5$; $m_3 = 1$ (kg)

Nhận xét: Khi khối lượng của vật thay đổi, nhưng lực tác dụng theo các phương Ox, Oy không đổi. Vật dao động với biên độ dao động cực đại không đổi nhưng chu kỳ dao động thay đổi, ưng tâm vị trí cân bằng dao động không thay đổi, nó vẫn ở vị trí cân bằng ban đầu.

2. Đáp ứng của hệ khi lực tác dụng theo phương Ox lên con lăn thay đổi

Cho con lăn chịu tác dụng của lực F là hàm signal có giá trị tăng từ 1, 2, 3N trong khoảng thời gian 1s. Ta thu được kết quả như sau:



Hình 3. Kết quả chuyển vị theo hai phương chuyển động khi lực tác dụng lên con lăn thay đổi

Nhận xét: Khi lực tác dụng theo phương Ox của động cơ thay đổi, khiến gia tốc thay đổi so, nhưng lực tác dụng theo các phương Oy không đổi và khối lượng của tải trọng được nâng lên giữ nguyên. Vật dao động dao động ổn định theo phương Oy với thời gian không đổi và dao động góc ổn định với biên độ dao động không đổi. Độ lớn của dao động chuyển vị theo phương z thay đổi rõ rệt với thời gian đạt đến vị trí ổn định không đổi.

5. KẾT LUẬN

- Bài báo xây dựng mô hình cầu trục 3D, thiết lập phương trình vi phân dao động của hệ.
- Trên cơ sở hệ phương trình vi phân đã lập, tiến hành khảo sát số đáp ứng động của hệ với các thông số tải trọng, kết cấu thay đổi.
- Làm cơ sở để giải các bài toán phức tạp hơn như tải trọng là các thanh, các khối hình hộp chữ nhật...v.v.
- Làm cơ sở để điều khiển kết cấu tạo sự ổn định, giảm rung lắc của tải trọng.♦

Ngày nhận bài: 07/5/2018

Ngày phản biện: 20/5/2018

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Đỗ Sanh (2006); *Cơ học ứng dụng*, NXB. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Ahmad, M.A., Mohamed, Z. and Hambali, N. (2008), *Dynamic Modelling of a Two-link Flexible Manipulator System Incorporating Payload*. 3rd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, pp. 96-101.
- [3]. Blajer, W. and Kolodziejczyk, K. (2007); *Motion Planning and Control of Gantry Cranes in Cluttered Work Environment*. IET Control Theory Applications, Vol. 1, No. 5, pp. 1370-1379.
- [4]. Chang, C.Y. and Chiang, K.H. (2008), *Fuzzy Projection Control Law and its Application to the Overhead Crane*. Journal of Mechatronics, Vol. 18, pp. 607-615.