

MÔ HÌNH DAO ĐỘNG CƠ CẤU TAY MÁY

Văn Hữu Thịnh

Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật

(Bài nhận ngày 20/03/1999)

TÓM TẮT: Việc xây dựng mô hình dao động cơ cấu tay máy để xác định các sai số động của bàn kẹp tay máy so với chuyển động cân bằng đã biết.

Mô hình hóa cơ cấu tay máy cần bảo đảm các điều kiện cơ bản:

- Bảo toàn động năng và thế năng của hệ.
- Bảo toàn giá trị không đổi của các công suất tức thời của ngoại lực.
- Phản ánh được tính chất dao động của cơ cấu.
- Tương đối đơn giản.

1. MÔ HÌNH DAO ĐỘNG CỦA CƠ CẤU TAY MÁY:

Cơ sở của việc xây dựng mô hình dao động của cơ cấu tay máy là dựa vào phương trình Lagrange II (theo [2]):

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} + \frac{\partial V}{\partial q_j} = Q_j + \sum_{i=1}^n \lambda_i a_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^s a_{ij} \dot{q}_j + a_i = 0 \quad (2)$$

T : động năng của toàn hệ S : tọa độ suy rộng

V : thế năng của toàn hệ H : số bậc tự do

q_j : tọa độ suy rộng n : số ràng buộc phụ

Q_j : lực suy rộng $H = S - n$; $j = 1, \dots, S$; $i = 1, \dots, n$

λ_i : nhân tử Lagrange

Trình tự xây dựng mô hình dao động của cơ cấu tay máy:

- Bước 1 : Xác định yếu tố nào của cơ cấu gây ra sai số động.
- Bước 2 : Sơ đồ tính dao động của cơ cấu tay máy.
- Bước 3 : Xây dựng mô hình dao động của cơ cấu tay máy.
- Bước 4 : Xác định biểu thức tính động năng, thế năng của hệ.
- Bước 5 : Xác định lực suy rộng Q_j .
- Bước 6 : Thay các biểu thức vừa tìm ở bước 4 và 5 vào (1).
- Bước 7 : Xác định các hệ số a_{ij} theo (2) và hàm truyền.
- Bước 8 : Khử λ_i ta được hệ phương trình vi phân phi tuyến theo các sai số động cần tìm.
- Bước 9 : Xác định các thông số động học, động lực học của hệ phương trình ở bước 8.

- Bước 10: Giải hệ phương trình vi phân phi tuyến bằng phương pháp gần đúng trên máy tính điện tử.

2. BÀI TOÁN:

Xây dựng hàm truyền và tính sai số động vị trí trọng tâm M của bàn kẹp, sai số động góc quay khâu 1, khâu 2 của cơ cấu tay máy Puma 560 (hình 1) thực hiện tự động hóa hàn hồ quang theo đường cong $r(s)$ trong không gian cho trước:

- l_1, l_2, l_3 : kích thước động các khâu 1, 2, 3.
- Lực $F = \text{const}$: đặt tại trọng tâm của bàn kẹp.
- J_1, J_2, J_3 : momen quán tính của các khâu 1, 2, 3.
- J_{d1}, J_{d2}, J_{d3} : momen quán tính của động cơ điện một chiều có kích thích nối tiếp.
- $M_1(t), M_2(t), M_3(t)$: momen đặt trên trục của các động cơ.

* Giới hạn phạm vi nghiên cứu của bài toán:

-Ta chỉ xét cấu trúc xác định vị trí cơ cấu tay máy Puma 560 với 3 khớp quay nên có số bậc tự do là 3.

-Nguyên nhân gây ra sai số động là do ảnh hưởng của các khớp quay.

Trên cơ sở đó ta giải quyết bài toán:

a. Xây dựng hàm truyền theo các bước:

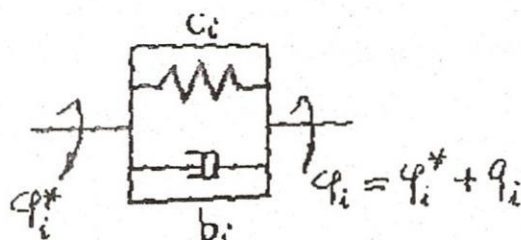
- Bước 1 : Đặt các hệ trục tọa độ (hình 1).
- Bước 2 : Xác định các ma trận thành phần (theo [6]).
- Bước 3 : Xác định ma trận vị trí (theo [6]).
- Bước 4 : Xác định hàm truyền (theo [6]).

b. Tính các sai số động:

Ta tiến hành theo 10 bước kể trên.

-Mô hình dao động của mỗi khớp quay (theo [6]).

Khớp quay thứ i :



Khớp quay thứ i

C_i : độ cứng của lò xo;
 b_i : hệ số cản của bộ giảm chấn.

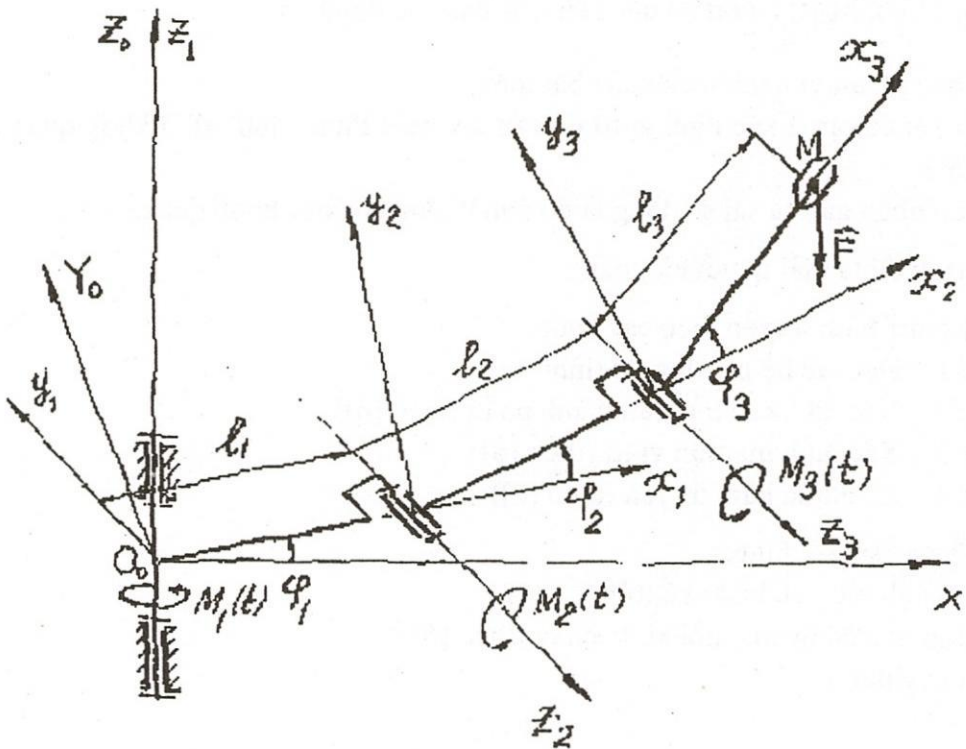
- Các khâu 1, 2, 3 xem như rắn tuyệt đối nên trên mô hình thay bằng momen quán tính J_1, J_2, J_3 .

- Để đảm bảo khoảng cách giữa điện cực và mặt phẳng mối hàn là không đổi (hoặc \leq trị số cho phép) ta mô hình hóa thành 1 lò xo có độ cứng C_n .

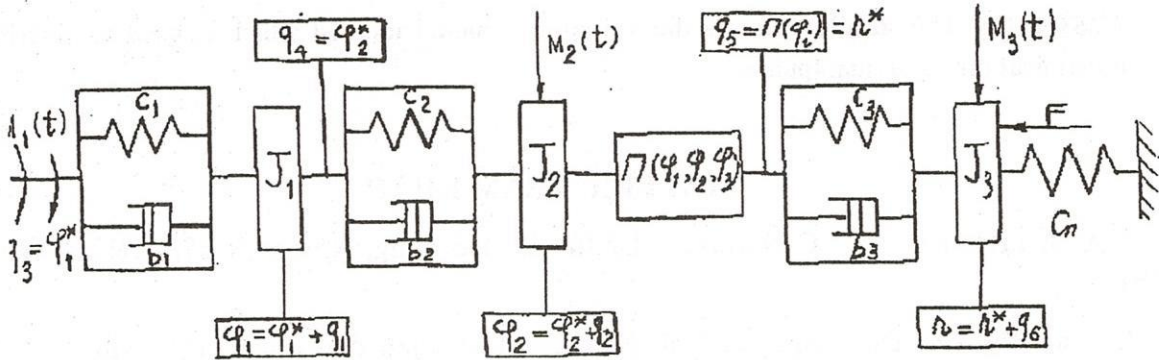
- Thể hiện chuyển động ràng buộc bằng hàm truyền $\Pi = \Pi(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ được xác định theo [6]. Trong đó φ_i là góc quay của khớp quay thứ i .

Sơ đồ tính dao động của cơ cấu tay máy (theo [6]).

Mô hình dao động của cơ cấu tay máy (hình 2).



Hình 1 : Sơ đồ động tay máy Puma 560



Hình 2 : Mô hình dao động

Tọa độ suy rộng \$q_1, q_2, q_3, q_3, q_4, q_5, q_6\$, các sai số động \$q_1, q_2\$ và \$q_6\$.

Động năng:

$$T = \frac{1}{2} J_1 (\dot{q}_3 + \dot{q}_1)^2 + \frac{1}{2} J_2 (\dot{q}_4 + \dot{q}_2)^2 + \frac{1}{2} J_3 (\dot{q}_5 + \dot{q}_6)^2 + \frac{1}{2} J_{a1} \dot{q}_3^2 + \frac{1}{2} J_{a2} \dot{q}_4^2$$

Thế năng:

$$V = \frac{1}{2} C_1 q_1^2 + \frac{1}{2} C_2 q_2^2 + \frac{1}{2} C_3 q_6^2 + \frac{1}{2} C_n (q_5 + q_6)^2$$

Lực suy rộng:

$$\begin{aligned} Q_1 &= -b_1 \dot{q}_1 & ; & & Q_2 &= -b_2 \dot{q}_2 \\ Q_3 &= M_1(t) & ; & & Q_4 &= M_2(t) \\ Q_5 &= M_3(t) - F & ; & & Q_6 &= -b_3 \dot{q}_6 - F \end{aligned}$$

Tham khảo cách giải bài toán ở [6]. Sau cùng ta được hệ phương trình vi phân phi tuyến cấp 2 theo 3 sai số động \$q_1, q_2\$ và \$q_6\$:

$$\begin{aligned} J_3 \ddot{q}_6 + b_3 \dot{q}_6 + (C_3 + C_n) q_6 &= -F - J_3 \Pi'' - C_n \Pi \\ b_1 \dot{q}_1 + C_1 q_1 &= M_1(t) - J_{a1} \varphi_1^* \\ b_2 \dot{q}_2 + C_2 q_2 &= M_2(t) - J_{a2} \varphi_2^* \end{aligned}$$

Trong điều kiện có số liệu cụ thể, tiến hành giải hệ phương trình trên bằng phương pháp gần đúng với sự hỗ trợ của máy tính điện tử ta sẽ xác định được các sai số động của bài toán.

VIBRATION – MODEL OF MANIPULATOR

Van Huu Thinh

ABSTRACT: This article presents the vibration – model method which is used to determine dynamical errors of manipulator.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. A. A Iablonski – C. C Noreiko - Lý thuyết dao động, Nhà xuất bản ĐH và THCN, 1981.
2. Phan Nguyên Duy, Nguyễn Văn Khang - Tính toán dao động máy, Nhà xuất bản KHKT, Hà nội 1991.
3. Nguyễn Văn Đạo - Những phương pháp cơ bản của lý thuyết dao động phi tuyến, Nhà xuất bản ĐH và THCN, Hà nội 1971.
4. Nguyễn Thiện Phúc - Người máy công nghiệp, Tài liệu giảng dạy Cao học, Hà nội 1995.
5. Trần Doãn Tiến - Cơ sở dao động trong kỹ thuật, Nhà xuất bản ĐH và THCN, Hà nội 1981.
6. Văn Hữu Thịnh - Luận văn tốt nghiệp Cao học, Tp. Hồ Chí Minh 1995.