

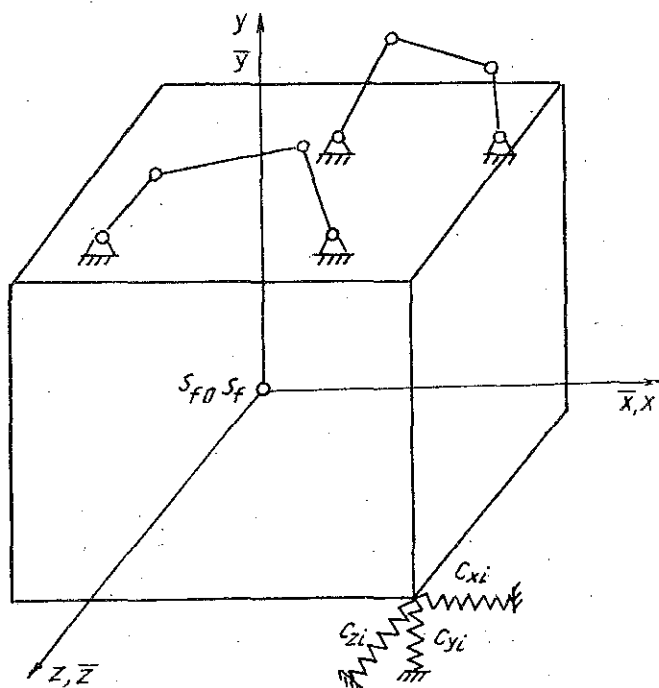
VỀ DAO ĐỘNG CỦA GIÁ ĐỠ KHỐI CỦA NHIỀU CƠ CẤU PHẪNG SONG SONG

NGUYỄN VĂN KHANG

1. MỞ ĐẦU

Các giá đỡ của cơ cấu có thể phân thành các giá đỡ khối và các giá đỡ khung. Giả sử trên cùng một giá đỡ có J cơ cấu phẳng làm việc. Các cơ cấu trong các máy thực thường có các mặt phẳng chuyển động song song (xem thí dụ ở hình 1).

Nếu khối lượng của cơ cấu là quá nhỏ so với khối lượng của giá đỡ thì khi thiết lập các phương trình vi phân dao động của giá đỡ người ta thường bỏ qua các khối lượng của các khâu của cơ cấu chuyển động, xem lực quán tính của cơ cấu là các lực kích động. Với các giả thiết đó, phương trình vi phân dao động của giá đỡ là các phương trình vi phân hệ số hằng số. Ta có các dao động cưỡng bức. Nếu khối lượng của cơ cấu không phải là quá bé so với khối lượng của giá đỡ thì khi thiết lập các phương trình vi phân dao động của giá đỡ phải xét đến ảnh hưởng của khối lượng của cơ cấu. Khi đó chúng ta sẽ nhận được các phương trình vi phân hệ số tuần hoàn.



Hình 1a

Trong bài báo này sẽ thiết lập các phương trình vi phân dao động tuyến tính của giá đỡ khối của nhiều cơ cấu phẳng song song. Các phương trình vi phân tuyến tính hệ số tuần hoàn của giá đỡ cơ cấu nhận được dễ dàng giải được trên máy tính điện tử bằng các hệ chương trình của tác giả [1, 2].

2. BIỂU THỨC ĐỘNG NĂNG VÀ THỂ NĂNG CỦA HỆ GIÁ ĐỠ - CƠ CẤU

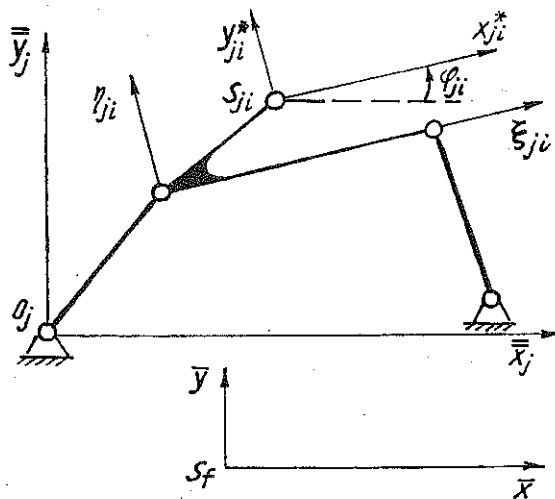
Để mô tả chuyển động của giá đỡ cơ cấu chúng ta sẽ sử dụng các hệ tọa độ sau (xem hình 1a và 1b):

- Hệ tọa độ không gian (x, y, z) .
- Hệ tọa độ gắn liền với giá đỡ $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$, với gốc ở trọng tâm giá đỡ, các trục ở thời điểm đầu song song với các trục của hệ (x, y, z) .
- Hệ tọa độ gắn liền với giá đỡ $(\bar{x}_j, \bar{y}_j, \bar{z}_j)$ với gốc ở khớp nối giữa giá đỡ và cơ cấu thứ j , các trục của nó chọn song song với các trục của hệ $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$.
- Hệ tọa độ $(\xi_{ji}, \eta_{ji}, \zeta_{ji})$ gắn liền với khâu thứ i của cơ cấu thứ j , với gốc ở khớp có chỉ số bé nhất.
- Hệ tọa độ gắn liền với khâu thứ i của cơ cấu thứ j $(x_{ji}^*, y_{ji}^*, z_{ji}^*)$ với gốc ở trọng tâm khâu thứ i của cơ cấu thứ j và các trục song song với các trục $\xi_{ji}, \eta_{ji}, \zeta_{ji}$.

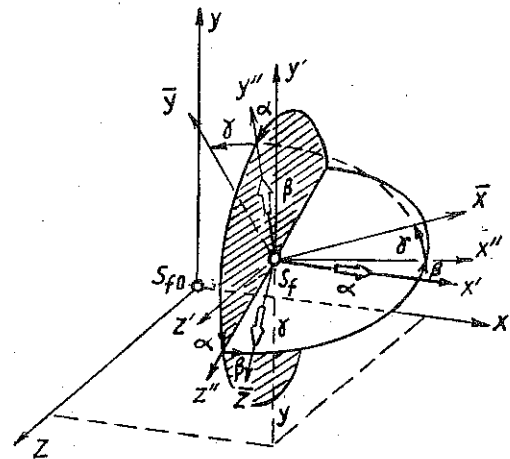
Như đã biết vị trí của một vật rắn bất kỳ trong không gian được xác định bởi 6 tham số độc lập: 3 thành phần dịch chuyển tịnh tiến và 3 thành phần dịch chuyển quay [3]. Ở đây các góc Kardan để xác định các thành phần dịch chuyển quay. Như thế chúng ta sẽ chọn các thành phần dịch chuyển theo các trục x, y, z của trọng tâm giá đỡ S_f là x_f, y_f, z_f và các góc Kardan α, β, γ (hình 2) làm các tọa độ suy rộng:

$$\vec{q} = (x_f, y_f, z_f, \alpha, \beta, \gamma)^T \quad (2.1)$$

Trong đó các dịch chuyển của trọng tâm được tính từ vị trí cân bằng tĩnh S_{f0} của nó.



Hình 1b



Hình 2. Các góc Kardan α, β, γ

Sau đây sẽ giả thiết các tọa độ suy rộng $q_i (i = 1, \dots, 6)$ là nhỏ. Do đó giới hạn xét dao động tuyến tính của giá đỡ cơ cấu.

Biểu thức động năng của hệ gồm động năng của giá đỡ T_f và các động năng của các khâu của cơ cấu T_{ji} :

$$T = T_f + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J T_{ji} \quad (2.2)$$

Giả thiết giá đỡ của cơ cấu cũng như các khâu của cơ cấu đều là các vật rắn tuyệt đối. Khi đó biểu thức động năng của chúng có dạng như sau [3, 4, 5]:

$$T_f = \frac{1}{2} m_f (\dot{x}_f^2 + \dot{y}_f^2 + \dot{z}_f^2) + \frac{1}{2} J_{f1} \bar{\omega}_1^2 + \frac{1}{2} J_{f2} \bar{\omega}_2^2 + \frac{1}{2} J_{f3} \bar{\omega}_3^2 + J_{f12} \bar{\omega}_1 \bar{\omega}_2 + J_{f13} \bar{\omega}_1 \bar{\omega}_3 + J_{f23} \bar{\omega}_2 \bar{\omega}_3 \quad (2.3)$$

$$T_{ji} = \frac{1}{2} m_{ji} (\dot{x}_{Sji}^2 + \dot{y}_{Sji}^2 + \dot{z}_{Sji}^2) + \frac{1}{2} J_{ji1} \bar{\omega}_{ji1}^2 + \frac{1}{2} J_{ji2} \bar{\omega}_{ji2}^2 + \frac{1}{2} J_{ji3} \bar{\omega}_{ji3}^2 + J_{ji12} \bar{\omega}_{ji1} \bar{\omega}_{ji2} + J_{ji13} \bar{\omega}_{ji1} \bar{\omega}_{ji3} + J_{ji23} \bar{\omega}_{ji2} \bar{\omega}_{ji3} \quad (2.4)$$

Trong đó m_f là khối lượng giá đỡ, m_{ji} là khối lượng của khâu thứ i của cơ cấu thứ j , \dot{x}_{Sji} , \dot{y}_{Sji} , \dot{z}_{Sji} là các thành phần của vận tốc tuyệt đối của trọng tâm các khâu, J_{f1} , J_{f2} , J_{f3} là các mô men quán tính của giá đỡ đối với các trục \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} ; J_{ji1} , J_{ji2} , J_{ji3} là các mô men quán tính của khâu thứ i của cơ cấu thứ j đối với các trục x_{ji}^* , y_{ji}^* , z_{ji}^* . Các đại lượng J_{f12} , J_{f13} , J_{f23} và J_{ji12} , J_{ji13} , J_{ji23} là các mô men tích quán tính.

Từ hình 2 dễ dàng suy ra [2]:

$$\begin{aligned} \bar{\omega}_1 &= \dot{\alpha} \cos \beta \cos \gamma + \dot{\beta} \sin \gamma \\ \bar{\omega}_2 &= \dot{\beta} \cos \gamma - \dot{\alpha} \cos \beta \sin \gamma \\ \bar{\omega}_3 &= \dot{\gamma} + \dot{\alpha} \sin \beta \end{aligned} \quad (2.5)$$

và

$$\begin{aligned} \bar{\omega}_{ji1} &= \dot{\alpha} \cos \beta \cos(\gamma + \varphi_{ji}) + \dot{\beta} \sin(\gamma + \varphi_{ji}) \\ \bar{\omega}_{ji2} &= \dot{\beta} \cos(\gamma + \varphi_{ji}) - \dot{\alpha} \cos \beta \sin(\gamma + \varphi_{ji}) \\ \bar{\omega}_{ji3} &= \dot{\gamma} + \dot{\varphi}_{ji} + \dot{\alpha} \sin \beta \end{aligned} \quad (2.6)$$

Theo [2] công thức xác định tọa độ trọng tâm các khâu của cơ cấu có dạng

$$\begin{bmatrix} x_{Sji} \\ y_{Sji} \\ z_{Sji} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_f \\ y_f \\ z_f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{x}_{Sji} \\ \bar{y}_{Sji} \\ \bar{z}_{Sji} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Trong đó

$$\{a_{ji}\} = \begin{bmatrix} \cos \beta \cos \gamma & -\cos \beta \sin \gamma & \sin \beta \\ \cos \alpha \sin \gamma + \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma & \cos \alpha \cos \gamma - \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma & -\sin \alpha \cos \beta \\ \sin \alpha \sin \gamma - \cos \alpha \sin \beta \cos \gamma & \sin \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma & \cos \alpha \cos \beta \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Đạo hàm các biểu thức (2.5), (2.6), (2.7) rồi thay vào các biểu thức (2.3) và (2.4) ta nhận được biểu thức động năng của hệ.

Thế năng của hệ bao gồm thế năng đàn hồi của các lò xo và thế năng trọng lực các khâu. Do ta xét dao động của giá đỡ quanh vị trí cân bằng tĩnh của nó và ta quan tâm tới các trường hợp vận tốc khâu dẫn lớn, nên trong một số trường hợp có thể bỏ qua ảnh hưởng của trọng lực. Tuy

nhiên nếu để cả các trọng lực thì biểu thức tính cũng không phức tạp lên bao nhiêu. Nếu xem lò xo là tuyến tính, thì biểu thức thế năng của giá đỡ có dạng [4, 6]:

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 C_{fji} q_i q_j \quad (2.9)$$

Ngoài ra hàm hao tán có dạng:

$$\Phi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 b_{fij} q_i q_j \quad (2.10)$$

3. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN DAO ĐỘNG CỦA GIÁ ĐỠ CƠ CẤU

Thế các biểu thức động năng (2.2), thế năng (2.9) và hàm hao tán (2.10) vào các phương trình Lagrange loại hai [3] và khi biến đổi bỏ qua các số hạng phi tuyến ta nhận được phương trình vi phân dao động tuyến tính của giá đỡ nhiều cơ cấu song song:

$$(\underline{M}_0 + \underline{M}_M(t)) \ddot{\bar{q}} + (\underline{B}_0 + \underline{B}_M(t)) \dot{\bar{q}} + (\underline{C}_0 + \underline{C}_M(t)) \bar{q} = \bar{h}(t) \quad (3.1)$$

Các ma trận \underline{M}_0 , \underline{B}_0 , \underline{C}_0 là các ma trận hằng và không chứa các tham số của các cơ cấu. Dạng cụ thể của các ma trận này đã được thiết lập khá chi tiết trong [5, 7, 8]. Các ma trận \underline{M}_M , \underline{B}_M , \underline{C}_M và vectơ \bar{h} có dạng như sau [2, 6]:

$$\underline{M}_M(t) = \begin{pmatrix} m_{M11} & 0 & 0 & 0 & m_{M15} & m_{M16} \\ & m_{M22} & 0 & m_{M24} & 0 & m_{M26} \\ & & m_{M33} & m_{M34} & m_{M35} & 0 \\ \text{(đối xứng)} & & & m_{M44} & m_{M45} & m_{M46} \\ & & & & m_{M55} & m_{M56} \\ & & & & & m_{M66} \end{pmatrix} \quad (3.2)$$

Trong đó

$$\begin{aligned} m_{M11} &= m_{M22} = m_{M33} = \sum_j \sum_i m_{ji} \\ m_{M15} &= \sum_j \sum_i m_{ji} \bar{z}_{0j}, \quad m_{M16} = - \sum_j \sum_i m_{ji} (\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji}) \\ m_{M24} &= - \sum_j \sum_i m_{ji} \bar{z}_{0j}, \quad m_{M26} = \sum_j \sum_i m_{ji} (\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji}) \\ m_{M34} &= \sum_j \sum_i m_{ji} (\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji}), \quad m_{M35} = - \sum_j \sum_i m_{ji} (\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji}) \\ m_{M44} &= \sum_j \sum_i \left\{ m_{ji} [(\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji})^2 + \bar{z}_{0j}^2] + J_{ji1} \cos^2 \varphi_{ji} + \right. \\ &\quad \left. + J_{ji2} \sin^2 \varphi_{ji} - 2J_{ji12} \sin \varphi_{ji} \cos \varphi_{ji} \right\} \\ m_{M45} &= - \sum_j \sum_i [m_{ji} (\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji}) (\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji}) + \\ &\quad + (J_{ji2} - J_{ji1}) \sin \varphi_{ji} \cos \varphi_{ji} - J_{ji12} (\cos^2 \varphi_{ji} - \sin^2 \varphi_{ji})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
m_{M46} &= - \sum_j \sum_i [m_{ji}(\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji})\bar{z}_{0j} + J_{ji23} \sin \varphi_{ji} - J_{ji13} \cos \varphi_{ji}] \\
m_{M55} &= \sum_j \sum_i \left\{ [m_{ji}(\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji})^2 + \bar{z}_{0j}^2] + \right. \\
&\quad \left. + J_{ji1} \sin^2 \varphi_{ji} + J_{ji2} \cos^2 \varphi_{ji} + 2J_{ji12} \sin \varphi_{ji} \cos \varphi_{ji} \right\} \\
m_{M56} &= - \sum_j \sum_i [m_{ji}(\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji})\bar{z}_{0j} - J_{ji13} \sin \varphi_{ji} - J_{ji23} \cos \varphi_{ji}] \\
m_{M66} &= \sum_j \sum_i \left\{ m_{ji}[(\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji})^2 + (\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji})^2 + J_{ji3}] \right\}
\end{aligned}$$

$$\underline{B}_M(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{M16} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{M26} \\ 0 & 0 & 0 & b_{M34} & b_{M35} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{M44} & b_{M45} & b_{M46} \\ 0 & 0 & 0 & b_{M54} & b_{M55} & b_{M56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{M66} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Trong đó

$$\begin{aligned}
b_{M16} &= -2 \sum_j \sum_i m_{ji} \dot{\bar{y}}_{Sji}, & b_{M26} &= 2 \sum_j \sum_i m_{ji} \dot{\bar{x}}_{Sji} \\
b_{M34} &= 2 \sum_j \sum_i m_{ji} \dot{\bar{y}}_{Sji}, & b_{M35} &= -2 \sum_j \sum_i m_{ji} \dot{\bar{x}}_{Sji} \\
b_{M44} &= 2 \sum_j \sum_i [m_{ji}(\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji}) \dot{\bar{y}}_{Sji} + (J_{ji2} - J_{ji1}) \dot{\varphi}_{ji} \sin \varphi_{ji} \cos \varphi_{ji} + \\
&\quad + J_{ji12} \dot{\varphi}_{ji} (\sin^2 \varphi_{ji} - \cos^2 \varphi_{ji})] \\
b_{M45} &= - \sum_j \sum_i [2m_{ji}(\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji}) \dot{\bar{x}}_{Sji} + (J_{ji2} - J_{ji1}) \dot{\varphi}_{ji} (\cos^2 \varphi_{ji} - \sin^2 \varphi_{ji}) + \\
&\quad + 4J_{ji12} \dot{\varphi}_{ji} \sin \varphi_{ji} \cos \varphi_{ji} - J_{ji3} \dot{\varphi}_{ji}] \\
b_{M46} &= -2 \sum_j \sum_i (m_{ji} \bar{z}_{0j} \dot{\bar{x}}_{Sji} + J_{ji13} \dot{\varphi}_{ji} \sin \varphi_{ji} + J_{ji23} \dot{\varphi}_{ji} \cos \varphi_{ji}) \\
b_{M54} &= - \sum_j \sum_i [2m_{ji}(\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji}) \dot{\bar{y}}_{Sji} + (J_{ji2} - J_{ji1}) \dot{\varphi}_{ji} (\cos^2 \varphi_{ji} - \sin^2 \varphi_{ji}) + \\
&\quad + 4J_{ji12} \dot{\varphi}_{ji} \sin \varphi_{ji} \cos \varphi_{ji} + J_{ji3} \dot{\varphi}_{ji}] \\
b_{M55} &= 2 \sum_j \sum_i [m_{ji}(\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji}) \dot{\bar{x}}_{Sji} + (J_{ji1} - J_{ji2}) \dot{\varphi}_{ji} \sin \varphi_{ji} \cos \varphi_{ji} + \\
&\quad + J_{ji12} \dot{\varphi}_{ji} (\cos^2 \varphi_{ji} - \sin^2 \varphi_{ji})] \\
b_{M56} &= -2 \sum_j \sum_i (m_{ji} \bar{z}_{0j} \dot{\bar{y}}_{Sji} + J_{ji12} \dot{\varphi}_{ji} \sin \varphi_{ji} - J_{ji13} \dot{\varphi}_{ji} \cos \varphi_{ji}) \\
b_{M66} &= 2 \sum_j \sum_i m_{ji} [(\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji}) \dot{\bar{x}}_{Sji} + (\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji}) \dot{\bar{y}}_{Sji}]
\end{aligned}$$

$$\underline{C}_M(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{M16} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{M26} \\ 0 & 0 & 0 & C_{M34} & C_{M35} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{M45} & C_{M46} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{M56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Trong đó

$$\begin{aligned} C_{M16} &= - \sum_j \sum_i m_{ji} \ddot{y}_{Sji}, \\ C_{M26} &= \sum_j \sum_i M_{ji} \ddot{x}_{Sji}, \\ C_{M34} &= \sum_j \sum_i m_{ji} \ddot{y}_{Sji}, \\ C_{M35} &= - \sum_j \sum_i m_{ji} \ddot{x}_{Sji}, \\ C_{M45} &= \sum_j \sum_i \left\{ m_{ji} [(\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji}) \ddot{y}_{Sji} - (\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji}) \ddot{x}_{Sji}] + J_{ji3} \ddot{\varphi}_{ji} \right\} \\ C_{M46} &= - \sum_j \sum_i [m_{ji} \bar{z}_{0j} \ddot{x}_{Sji} + \ddot{\varphi}_{ji} (J_{ji13} \sin \varphi_{ji} + J_{ji23} \cos \varphi_{ji}) + \\ &\quad + \dot{\varphi}_{ji}^2 (J_{ji13} \cos \varphi_{ji} - J_{ji23} \sin \varphi_{ji})] \\ C_{M56} &= - \sum_j \sum_i [m_{ji} \bar{z}_{0j} \ddot{y}_{Sji} + \ddot{\varphi}_{ji} (J_{ji23} \sin \varphi_{ji} - J_{ji13} \cos \varphi_{ji}) + \\ &\quad + \dot{\varphi}_{ji}^2 (J_{ji23} \cos \varphi_{ji} + J_{ji13} \sin \varphi_{ji})] \end{aligned} \quad (3.5)$$

với

$$\begin{aligned} \bar{h} &= (h_1 \quad h_2 \quad h_3 \quad h_4 \quad h_5 \quad h_6)^T \\ h_1 &= - \sum_j \sum_i m_{ji} \ddot{x}_{Sji}, \\ h_2 &= - \sum_j \sum_i m_{ji} \ddot{y}_{Sji}, \\ h_3 &= 0, \\ h_4 &= \sum_j \sum_i [m_{ji} \bar{z}_{0j} \ddot{y}_{Sji} + \ddot{\varphi}_{ji} (J_{ji23} \sin \varphi_{ji} - J_{ji13} \cos \varphi_{ji}) + \\ &\quad + \dot{\varphi}_{ji}^2 (J_{ji23} \cos \varphi_{ji} + J_{ji13} \sin \varphi_{ji})] \\ h_5 &= - \sum_j \sum_i [m_{ji} \bar{z}_{0j} \ddot{x}_{Sji} + \ddot{\varphi}_{ji} (J_{ji13} \sin \varphi_{ji} + J_{ji23} \cos \varphi_{ji}) + \\ &\quad + \dot{\varphi}_{ji}^2 (J_{ji13} \cos \varphi_{ji} - J_{ji23} \sin \varphi_{ji})], \\ h_6 &= - \sum_j \sum_i \left\{ m_{ji} [(\bar{x}_{0j} + \bar{x}_{Sji}) \ddot{y}_{Sji} - (\bar{y}_{0j} + \bar{y}_{Sji}) \ddot{x}_{Sji}] + J_{ji3} \ddot{\varphi}_{ji} \right\} \end{aligned}$$

Chú ý rằng các mô men tích quán tính J_{j12} , J_{j13} , J_{j23} trong các bài toán thực tế thường triệt tiêu do chọn các hệ tọa độ một cách thích hợp.

IV. KẾT LUẬN

Khi quan tâm tới khối lượng của các cơ cấu làm việc ở trên giá đỡ, chúng ta nhận được các phương trình vi phân dao động nhỏ của giá đỡ cơ cấu là các phương trình vi phân tuyến tính hệ số tuần hoàn. Các phương trình này có thể giải được một cách dễ dàng trên máy tính điện tử. Các hiệu ứng tham số có thể sẽ giúp chúng ta giải thích một số hiện tượng mà trong phạm vi lý thuyết dao động cưỡng bức tuyến tính không thể giải thích được. Việc chuyển bài toán trên thành bài toán phi tuyến về nguyên tắc không có gì khó khăn.

Địa chỉ:
Trường đại học Bách khoa Hà Nội

Nhận ngày 14/2/1992

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyen Van Khang. Numerische Bestimmung der dynamischen Stabilitätsparameter und periodischen Schwingungen ebener Mechanismen. Rev. Roum. Sci. - Mec. Appl. 27, N. 4, p. 495-507, Bucarest 1982.
2. Nguyen Van Khang. Dynamische Stabilität und periodische Schwingungen in Mechanismen. Diss. B, TH Karl-Marx-Stadt 1986.
3. Fischer U., Stephan W. Prinzipien und Methoden der Dynamik. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1972.
4. Kozesnik J. Maschinendynamik. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1965.
5. Holzweissig F., Dresig H. Lehrbuch der Maschinendynamik. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1979.
6. Schraut R. P. Ein Beitrag zur Berechnung der Gestellschwingungen periodisch uebersetzender Getriebe. Diss. TH Aschen 1975.
7. Makhult M. Schwingungstechnische Bemessungen von Maschinenlagerungen. Akademiai Kiado, Budapest 1970.
8. Major A. Berechnung und Planung von Maschinen - und Turbinenfundamenten. Verlag fuer Bauwesen, Berlin 1961.

SUMMARY

ON THE VIBRATION OF THE BLOCK BASE UNDER MANY PARALLEL PLANE MECHANISMS

In this paper the vibration equations of the block base under many parallel plane mechanisms were established. Using the Taylor's formula and neglecting the nonlinear terms we obtain the linear vibration equations having periodic coefficients. These equations can be solved by numerical method using digital computer.