

ỨNG DỤNG GIẢI TÍCH VÀ MÁY VI TÍNH CHO BÀI TOÁN CƠ CẤU TAY QUAY CON TRƯỢT

Phan Quang Thế, Vũ Quý Đặc, Nguyễn Đăng Hào (Trường Đại học KTCN – ĐH Thái Nguyên)

1. Giới thiệu

Cơ cấu tay quay con trượt được dùng phổ biến trong nhiều thiết bị điều khiển, với nhiệm vụ đặc biệt, biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến. Phân tích động học cơ cấu phẳng toàn khớp thấp thực chất là giải bài toán chuyển vị, vận tốc, gia tốc với các thông số kích thước động của các khâu, vị trí, vận tốc khâu dẫn,... Để giải bài toán này có thể dùng phương pháp họa đồ hoặc phương pháp giải tích. Giải bài toán này bằng phương pháp họa đồ là các phép dựng hình để xác định các giá trị trên. Phương pháp này đã rất quen thuộc với các thầy giáo và sinh viên ngành cơ khí. Hiện nay, phương pháp giải tích cho thấy nó có những tính năng ưu việt hơn hẳn như độ chính xác cao, dễ dàng thực thi các phép tính dựa vào phương trình hàm biểu diễn chuyển vị, vận tốc, gia tốc của các khâu trong cơ cấu...

Sử dụng phương pháp giải tích để giải bài toán chuyển vị, vận tốc, gia tốc của các khâu trong cơ cấu bốn khâu phẳng toàn khớp thấp đã được nhiều tác giả sử dụng phần mềm máy tính giải các bài toán trên. Bài báo giới thiệu cách giải hệ phương trình đa biến trên Matlab và tập trung vào việc giải các hệ phương trình chuyển vị, vận tốc, gia tốc của cơ cấu tay quay con trượt. Lý thuyết tính toán các đại lượng này đã được trình bày trong các giáo trình Nguyên lý máy, ví dụ như [1]. Các dữ liệu tính toán được xử lý trên Matlab và được lưu dưới dạng các ma trận số. Các kết quả chuyển vị, vận tốc tương đối theo góc quay θ_1 của cơ cấu tay quay con trượt được phân tích và minh họa bằng các đồ thị. Kết quả của bài báo đã cho thấy tính thuận tiện, nhanh chóng của việc giải bài toán cơ cấu bằng giải tích và máy tính.

Bài báo được cấu trúc thành 3 phần: Mô hình toán học của cơ cấu trình bày trong phần 2. Kết quả chạy chương trình và một vài thảo luận được diễn giải ở phần 3. Phần 4 là kết luận của bài báo.

2. Mô hình toán:

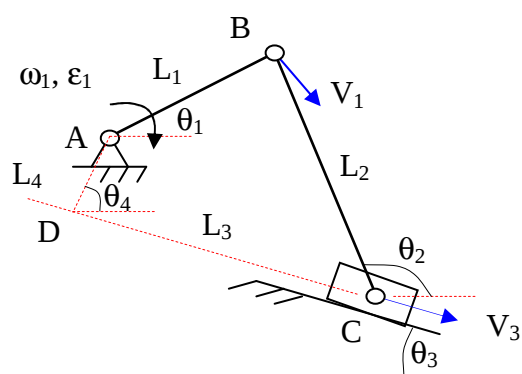
Cơ cấu tay quay con trượt (hình 1) có khâu AB nối giá bằng khớp bản lề và khâu trượt 3 nối giá bằng khớp trượt. Để xác định chuyển vị, vận tốc, gia tốc của khâu 3 cần biết trước các kích thước $L_1, L_2, \theta_3, \theta_4$ ($\theta_4 = 90 - \theta_3$) và giá trị ω_1, ϵ_1

Phương pháp xác định vị trí, vận tốc, chuyển vị của khâu 3 khi biết trước kích thước $L_1, L_2, \theta_3, \theta_4$ ($\theta_4 = 90 - \theta_3$) và giá trị ω_1, ϵ_1 được tác giả giới thiệu trong [1], [2].

Vị trí của khâu 3 được tính:

$$C_x = L_1 \cdot \cos(\theta_1) + L_2 \cdot \cos(\theta_2)$$

$$C_y = L_1 \cdot \sin(\theta_1) - L_2 \cdot \sin(\theta_2)$$



Hình 1: Mô hình toán

Trong đó: Giá trị θ_2 , L_3 là nghiệm của hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} L_1 \cos(\theta_1) + L_2 \cos(\theta_2) - L_3 \cos(\theta_3) + L_4 \cos(\theta_4) &= 0 \\ L_1 \sin(\theta_1) - L_2 \sin(\theta_2) + L_3 \sin(\theta_3) + L_4 \sin(\theta_4) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Vận tốc khâu 3 được xác định sau khi biết được các giá trị θ_2 , L_3 tương ứng với θ_1 qua lời giải của bài toán vị trí (1). Giá trị của V_3 , ω_2 (ω_{BC}) là nghiệm của hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} V_3 \cos(\theta_3) - \omega_1 l_1 \sin(\theta_1) - \omega_2 l_2 \sin(\theta_2) &= 0 \\ V_3 \sin(\theta_3) + \omega_1 l_1 \cos(\theta_1) + \omega_2 l_2 \cos(\theta_2) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Gia tốc khâu 3 được xác định khi biết giá trị của ω_2 sau khi giải (2). Các giá trị ε_2 , a_3 là nghiệm của hệ phương trình:

$$\left. \begin{aligned} -\omega_1^2 l_1 \cos(\theta_1) - \varepsilon_1 l_1 \sin(\theta_1) - \omega_2^2 l_2 \cos(\theta_2) - \varepsilon_2 l_2 \sin(\theta_2) + a_3 \cos(\theta_3) &= 0 \\ -\omega_1^2 l_1 \sin(\theta_1) + \varepsilon_1 l_1 \cos(\theta_1) - \omega_2^2 l_2 \sin(\theta_2) + \varepsilon_2 l_2 \cos(\theta_2) + a_3 \sin(\theta_3) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

3. Thực hiện trên máy vi tính, kết quả và thảo luận

Matlab[®] (xem thêm [3]) là phần mềm rất hữu dụng cho phép giải hệ phương trình nhiều biến, phù hợp với các bài toán kỹ thuật.

Hệ phương trình

$$\left. \begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ \vdots & \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n &= b_n \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Được viết lại dưới dạng ma trận là: $A \cdot x = b$

Trong đó:

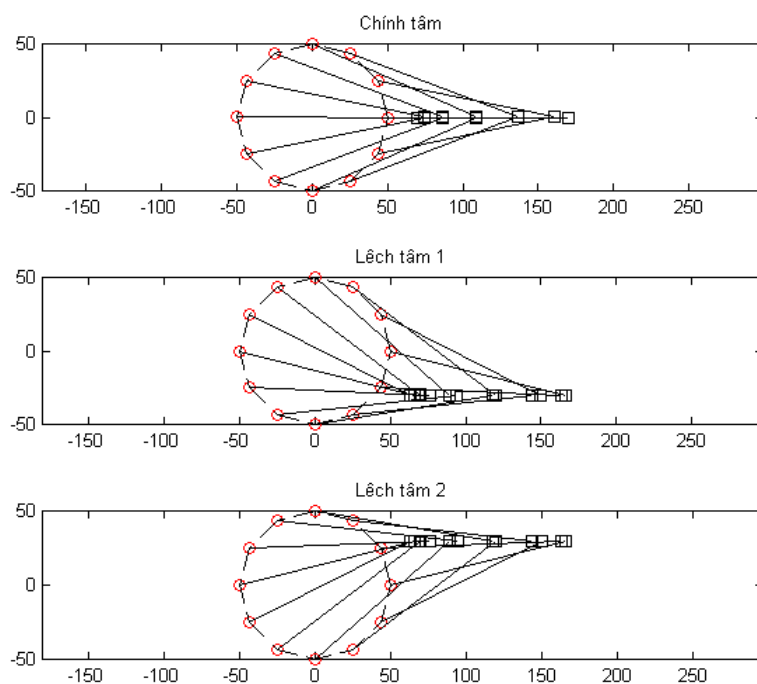
$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \rightarrow (n \times n) \quad (5)$$

x và b là hai ma trận véc tơ cột ($n \times 1$):

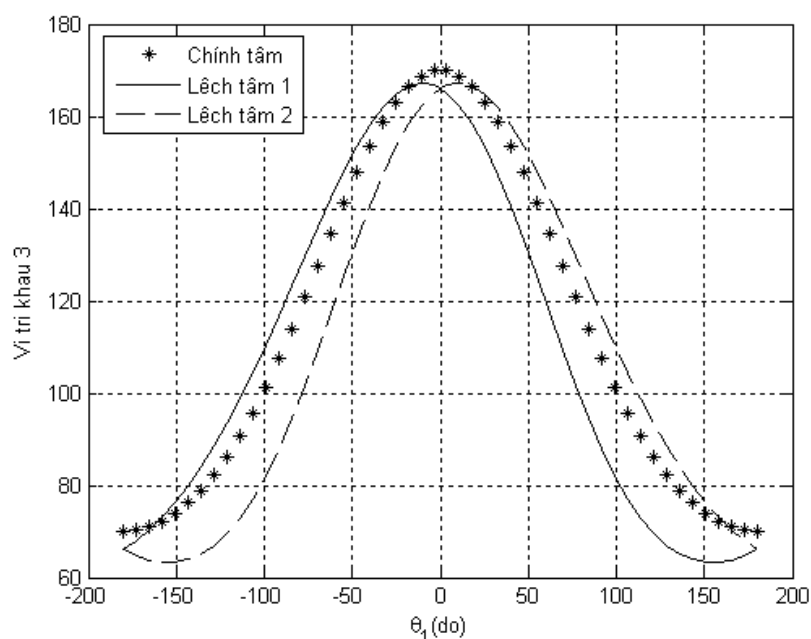
$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \rightarrow (n \times 1) \quad \text{và} \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \rightarrow (n \times 1) \quad (6)$$

$x = A \setminus b$ là ma trận nghiệm của hệ phương trình (4)

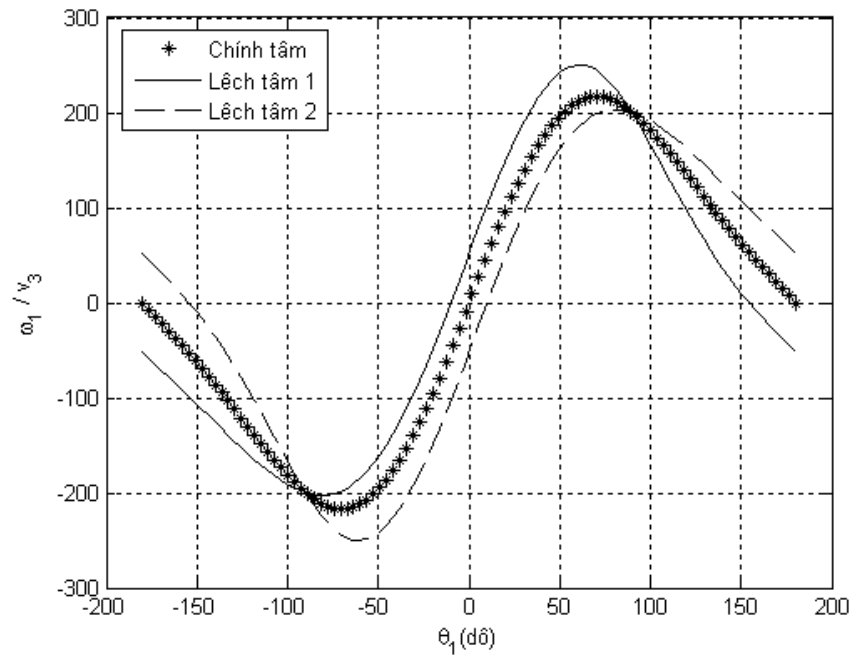
Kết quả giải bài toán vị trí và vận tốc của cơ cấu tay quay con trượt theo các hệ phương trình (1) và (2) với giá trị giả định $L_1 = 50$, $L_2 = 120$, $\theta_3 = 0^\circ$ (với trường hợp chính tâm và lệch tâm theo phương ngang), θ_4 ($\theta_4 = 90 - \theta_3$), $L_4 = 30$ (với trường hợp lệch tâm), $L_4 = 0$ (với trường hợp chính tâm) như hình 2, hình 3 và hình 4.



Hình 2: Vị trí của cơ hệ tay quay con trượt chính tâm và lệch tâm



Hình 3: Biểu diễn quan hệ vị trí của con trượt 3 theo góc quay θ_1



Hình 4: Biểu diễn quan hệ vận tốc của con trượt 3 với góc quay θ_1

Với kết quả trên, chuyển vị và vận tốc của con trượt 3 so với góc quay θ_1 trong cơ cấu tay quay con trượt chính tâm rất đều đặn, trong cơ cấu tay quay con trượt lệch tâm, tùy thuộc vào giá trị L_4 cho trước mà vận tốc của con trượt 3 có các giá trị nhanh, chậm của các hành trình khác nhau. Hình 3 biểu diễn quan hệ vị trí của con trượt 3 theo θ_1 . với $\theta_1 = 0$, con trượt 3 ở vị trí xa nhất so với tâm quay A. Hình 4 biểu diễn quan hệ vận tốc của khâu 3 theo θ_1 . Với cơ hệ tay quay con trượt chính tâm, vận tốc của khâu 3 trong cả hành trình đi và về bằng nhau. Với lệch tâm 1 (hướng chuyển động của con trượt 3 nằm phía dưới tâm quay) hành trình về của khâu 3 sẽ nhanh hơn hành trình đi. Ngược lại với lệch tâm 2 (hướng chuyển động của con trượt 3 nằm phía trên tâm quay) hành trình về của khâu 3 sẽ chậm hơn hành trình đi.

Số liệu trên có thể dùng làm cơ sở cho việc xây dựng mô hình mô phỏng các thí nghiệm phân tích quan hệ giữa vận tốc và từ trường từ trường trong ống dây của hệ rung và đập tắt dụng nguyên lý cộng hưởng điện trong mạch RLC.

4. Kết luận

Giải phương trình đa biến trên Matlab có thể áp dụng cho các cơ cấu bốn khâu phẳng toàn khớp thấp trong việc giải các bài toán chuyển vị, vận tốc và gia tốc với các giá trị ban đầu cho trước và thay các hệ phương trình (1), (2), (3) phù hợp với từng dạng cơ cấu. Kết quả phân tích biên dạng, chuyển vị, vận tốc so với góc quay θ_1 của cơ cấu tay quay con trượt là cơ sở cho việc xây dựng mô hình các thí nghiệm tiếp theo nghiên cứu về từ trường trong ống dây của hệ rung và đập tắt dụng nguyên lý cộng hưởng điện trong mạch RLC.

Do khuôn khổ bài báo có hạn, các vấn đề chi tiết không được trình bày ở đây. Độc giả quan tâm xin vui lòng liên hệ với tác giả.

Tóm tắt

Bài báo này trình bày một ứng dụng máy tính trên nền Matlab để giải bài toán cơ cấu tay quay con trượt. Các phép phân tích, so sánh chuyển vị và vận tốc của cơ cấu chấp hành trong các trường hợp cơ cấu tay quay con trượt chính tâm, lệch tâm, nghiêng một góc so với mặt phẳng ngang tiến hành thông qua chương trình máy tính. Các kết quả so sánh với lý thuyết cho thấy độ tin cậy và tính hiệu quả nhờ máy tính.

Summary

This article shows an application of computer via Matlab® package to solve the slider-block mechanism. Analysis and comparison of displacement and velocity of the mechanism in centric, eccentric and oblique cases were implemented via computer scripts. Obtained results showed that the application of computer in this case is reliable and effective.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Đinh Gia Tường, Tạ Khánh Lâm (1999), Nguyên Lý Máy, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Anthony Bedford and Wallace Fowler (1995), Dynamics, Addison – Wesley publishing company,.
- [3]. Magrab-Azarm, An Engineer's Guide to Matlab (2005), Pearson Education.