

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM MATHCAD ĐỂ XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG ĐỘNG HỌC VÀ MÔ PHÒNG CHUYỂN ĐỘNG CHO CƠ CẤU DẠNG THANH TRUYỀN

Nguyễn Thái Dương, Đào Thanh Hùng

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng

Liên hệ email: ntduong.dct@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo sử dụng phương pháp mới để xác định các đặc trưng động học của hệ cơ cấu thanh truyền. Để xác định được các đặc trưng này, chúng ta có thể sử dụng những phương pháp truyền thống như: phương pháp giải tích, phương pháp đồ thị giải tích, phương pháp họa đồ vectơ. Ở bài báo này, nhóm tác giả đề xuất việc ứng dụng phần mềm MathCAD nhằm đơn giản hóa việc phân tích động học, qua đó xác định nhanh chóng những đặc trưng động học của hệ cơ cấu dạng thanh truyền như: vị trí, vận tốc, gia tốc của các khâu và quỹ đạo của những điểm trên khâu, bên cạnh đó thực hiện mô phỏng chuyển động của hệ cơ cấu thanh truyền, kết quả thể hiện được tính trực quan trong chuyển động của cơ cấu. Kết quả bài báo có giá trị tham khảo nhất định như là một phương thức để giải bài toán dạng thanh truyền nói riêng và các bài toán trong nguyên lý máy nói chung.

Từ khóa: Cơ cấu thanh truyền, đặc tính động học, MathCAD, mô phỏng, thiết kế.

Nhận bài: 16/12/2017

Hoàn thành phân biên: 04/01/2018

Chấp nhận bài: 22/01/2018

1. MỞ ĐẦU

Cơ cấu thanh truyền là dạng cơ cấu được cấu thành từ những cặp động thuộc nhóm thấp, những cơ cấu này có hệ số ứng lực và công suất lớn, hệ số hiệu suất có ích trong quá trình làm việc rất cao (Timofeyev, 2010). Vì vậy, hệ cơ cấu dạng thanh truyền từ lâu đã được ứng dụng rộng rãi trong việc thiết kế kết cấu rô bốt công nghiệp hay các cơ cấu dùng trong các hệ thống bơm. Tuy nhiên, để giải bài toán thiết kế cơ cấu dạng thanh truyền lại là một vấn đề phức tạp. Việc giải quyết bài toán thiết kế cơ cấu dạng thanh truyền được chia làm nhiều giai đoạn (Zarubin và cs., 2011). Trong đó, giai đoạn một là giai đoạn lựa chọn sơ đồ động học của cơ cấu, giai đoạn này đảm bảo cho cơ cấu thực hiện được đúng chuyển động theo quy luật đã cho. Giai đoạn hai là giai đoạn liên quan đến việc tính toán cơ cấu sao cho đảm bảo về điều kiện bền và điều kiện tuổi thọ của cơ cấu. Giai đoạn ba là bước tính toán thiết kế cơ cấu sao cho đảm bảo các chỉ số về tính kinh tế cho cơ cấu (Galkin, 2010).

Trong các giai đoạn trên, thì giai đoạn một là giai đoạn quan trọng đầu tiên mà người thiết kế cần thực hiện. Có nhiều phương pháp để thực hiện công việc ở giai đoạn một như: phương pháp giải tích, phương pháp đồ thị giải tích, phương pháp họa đồ vectơ, nhằm lựa chọn được sơ đồ kết cấu thích hợp nhất và xác định những đặc trưng động học cho cơ cấu. Tuy nhiên, nếu áp dụng những phương pháp truyền thống này thì việc giải những bài toán trên sẽ rất phức tạp vì cần thực hiện một khối lượng lớn các phép tính toán, việc xây dựng các đồ thị cũng rất khó khăn. Đã có nhiều tác giả đưa ra cách xác định các đặc trưng động

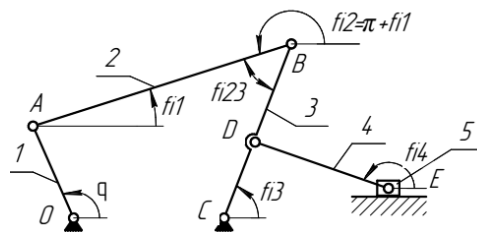
học của cơ cấu dạng thanh truyền bằng phần mềm MATLAB (Liu và cs., 2012), tuy nhiên việc tiến hành xây dựng thuật toán trong MATLAB là không đơn giản, vì đòi hỏi người thiết kế phải am hiểu về các ngôn ngữ lập trình. Ở bài báo này, nhóm tác giả đề xuất việc ứng dụng phần mềm MathCAD nhằm đơn giản hóa công việc giải quyết bài toán tổng hợp kết cấu và phân tích động học, qua đó dễ dàng xác định những đặc trưng động học của cơ cấu như: vị trí, vận tốc, gia tốc của các khâu và quỹ đạo của những điểm trên các khâu của cơ cấu dạng thanh truyền một cách nhanh chóng. Đồng thời, với sự trợ giúp của phần mềm MathCAD, nhóm tác giả đã thực hiện việc mô phỏng chuyển động của cơ cấu này theo đúng quy luật chuyển động của bài toán. Kết quả mang lại giá trị tham khảo như một phương pháp để giải bài toán thanh truyền nói riêng và các bài toán trong nguyên lý máy nói chung.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phân tích động học cơ cấu dạng thanh truyền

2.1.1. Sơ đồ động học và dữ liệu ban đầu của cơ cấu dạng thanh truyền

Ở bài báo này, nhóm tác giả thực hiện phân tích đối với bài toán cơ cấu dạng thanh truyền - dạng sơ đồ động của một hệ thống bơm dầu - như trong hình 1 đã được cho những dữ kiện ban đầu: quy luật chuyển động, độ dài của các khâu, tọa độ của những điểm góc. Việc phân tích động học của cơ cấu sẽ xác định các hàm vị trí của các điểm trên các khâu của cơ cấu, qua đó dễ dàng xác định thông số tọa độ vị trí của các khâu, quỹ đạo của những điểm nằm trên các khâu. Từ những hàm vị trí đã tìm được, tiến hành các bước lấy đạo hàm sẽ xác định được vận tốc và gia tốc của những điểm trên cơ cấu.



Hình 1. Sơ đồ động học của cơ cấu thanh truyền

2.1.2. Phân tích động học

Để xác định các hàm vị trí, vận tốc và gia tốc của khâu bị dẫn, nhóm tác giả đã thực hiện những bước thiết lập như sau:

a) Thành lập các phương trình liên kết các khâu của cơ cấu trong dạng vector:

$$\overline{OA} + \overline{AB} = \overline{OC} + \overline{CB} \tag{1}$$

$$\overline{CD} + \overline{DE} = \overline{CE} \tag{2}$$

b) Lập các phương trình liên kết các khâu trong dạng tọa độ dựa trên (1) và (2):

- Phương trình tọa độ điểm A của cơ cấu: L1 – Độ dài khâu 1

$$\begin{cases} X_a = L_1 \cdot \cos(q) \\ Y_a = L_1 \cdot \sin(q) \end{cases} \tag{3}$$

- Phương trình tọa độ điểm B của cơ cấu: L3 – Độ dài khâu 3

$$\begin{cases} X_B = X_c + L_3 \cdot \cos(fi3) \\ Y_B = Y_c + L_3 \cdot \sin(fi3) \end{cases} \tag{4}$$

- Từ (4) suy ra hệ phương trình (5): L2 – Độ dài khâu 2
$$\begin{cases} X_a + L_2 \cdot \cos(fi1) = X_c + L_3 \cdot \cos(fi3) \\ Y_a + L_2 \cdot \sin(fi1) = Y_c + L_3 \cdot \sin(fi3) \end{cases} \quad (5)$$

- Từ hệ phương trình (5) thực hiện chuyển vế thu được (6):

$$\begin{cases} L_2 \cdot \cos(fi1) - L_3 \cdot \cos(fi3) = X_c - X_a \\ L_2 \cdot \sin(fi1) - L_3 \cdot \sin(fi3) = Y_c - Y_a \end{cases} \quad (6)$$

- Phương trình tọa độ điểm D nằm trên khâu 4 của cơ cấu:
$$\begin{cases} X_D = X_c + CD \cdot \cos(fi3) \\ Y_D = Y_c + CD \cdot \sin(fi3) \end{cases} \quad (7)$$

- Phương trình tọa độ điểm E trên khâu bị dẫn 5 của cơ cấu: L4 – Độ dài khâu 4:

$$\begin{cases} X_E = X_D + L_4 \cdot \cos(fi4) \\ Y_E = Y_D + L_4 \cdot \sin(fi4) \end{cases} \quad (8)$$

- Từ hệ phương trình (6), dễ dàng suy ra biểu thức tính cho góc fi23 như sau:

$$fi23 = \arccos \left[\frac{(X_a - X_c)^2 + (Y_a - Y_c)^2 - L_2^2 - L_3^2}{2 \cdot L_2 \cdot L_3} \right] \quad (9)$$

Sau khi thu được fi23, sẽ dễ dàng tính được tất cả các ẩn còn lại của các phương trình tọa độ trên.

c) Xác định vận tốc của các điểm trên các khâu:

- Tại điểm A:
$$\begin{cases} X'_a = (L_1 \cdot \cos(q))' \\ Y'_a = (L_1 \cdot \sin(q))' \end{cases} \quad (10)$$

- Tại điểm B:
$$\begin{cases} X'_B = (X_c + L_3 \cdot \cos(fi3))' \\ Y'_B = (Y_c + L_3 \cdot \sin(fi3))' \end{cases} \quad (11)$$

- Tại điểm E:
$$\begin{cases} X'_E = (X_D + L_4 \cdot \cos(fi4))' \\ Y'_E = (Y_D + L_4 \cdot \sin(fi4))' \end{cases} \quad (12)$$

d) Xác định gia tốc của các điểm trên các khâu bằng cách lấy đạo hàm bậc 2 theo thời gian từ các phương trình tọa độ:

- Tại điểm A:
$$\begin{cases} X''_a = (L_1 \cdot \cos(q))'' \\ Y''_a = (L_1 \cdot \sin(q))'' \end{cases} \quad (13)$$

- Tại điểm E:
$$\begin{cases} X''_E = (X_D + L_4 \cdot \cos(fi4))'' \\ Y''_E = (Y_D + L_4 \cdot \sin(fi4))'' \end{cases} \quad (14)$$

Qua những bước phân tích động học trên đây, cho thấy rằng, để xác định các đặc trưng động học của cơ cấu thanh truyền đã cho nếu thực hiện bằng phương pháp giải tích là khá khó khăn. Tại đây, nếu tiến hành thực hiện bằng phần mềm MATLAB thì sẽ thu được kết quả khá nhanh chóng, tuy nhiên việc ứng dụng phần mềm này yêu cầu người thiết kế phải am hiểu về ngôn ngữ lập trình, ngoài ra thời gian để xây dựng các thuật toán tương đối lâu dài. Chính vì vậy, nhóm tác giả đề xuất việc giải bài toán này thông qua phần mềm MathCAD sẽ giúp người thiết kế xây dựng bài toán trực quan hơn, thao tác đơn giản hơn,

nhANH chóng thu đượC kết quả hơn, đồng thời có thể truy xuất trực tiếp kết quả bài toán ra WORD để tiện lưu trữ.

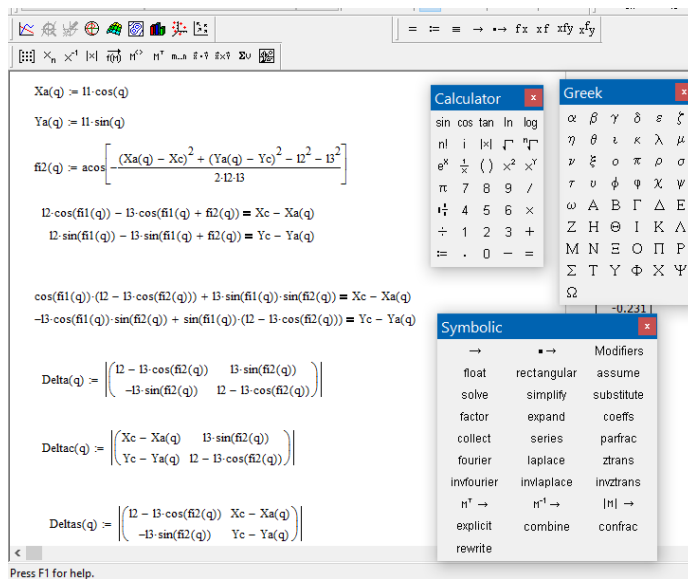
2.2. Ứng dụng phần mềm MathCAD để phân tích động học cơ

2.2.1. Giới thiệu phần mềm MathCAD

MathCAD là một loại chương trình xử lý toán học đượC áp dụng rất rộng rãi trên thế giới hiện nay. Nó hỗ trợ cho việc sử dụng máy tính làm công cụ thiết kế, xuất ra các văn bản mà người đoc hiểu đượC các bảng tính cũng như các công thức tính một cách tường minh. MathCAD có thể thay thế cho các bảng tính excel trong việc diễn đạt các bản tính thiết kế đối tượng cơ khí hay xây dựng. MathCAD hơn hẳn Excel vì đã sử dụng ký hiệu toán học để biểu diễn các công thức và các kết quả tính toán, nên người kỹ sư luôn kiểm soát đượC bảng tính của mình. Mặt khác, phần đồ họa thể hiện rõ ràng và đa dạng hơn. Đặc biệt những tính toán phức tạp như giải phương trình vi phân, các phép toán ma trận, giải các bài toán số phức, các bài toán tối ưu hóa đều trở nên rõ ràng.

2.2.2. Xây dựng mô hình bài toán

Thông qua các phương trình liên kết giữa các khâu đượC thiết lập từ phương trình (1) đến phương trình (14) trong mục 2.1.2. Mô hình bài toán đã đượC xây dựng trong môi trường MathCAD như hình 2 thể hiện.



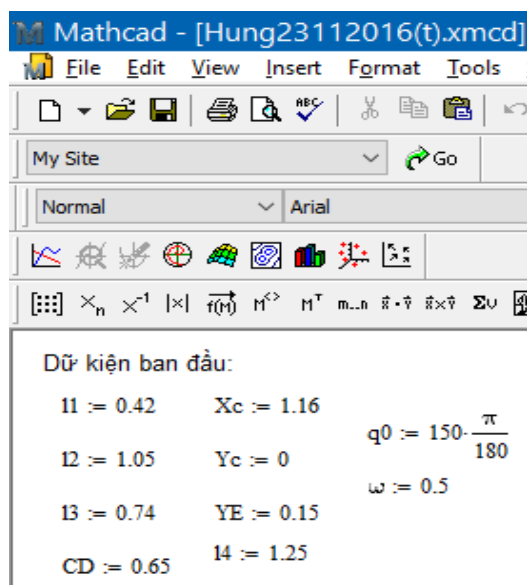
Hình 2. Xây dựng bài toán cơ cấu thanh truyền trong môi trường MathCAD.

2.2.3. Nhập dữ liệu bài toán

Ví dụ: Dữ liệu ban đầu của cơ cấu dạng thanh truyền đã cho trong hình 1 nêu trên đượC lấy từ số liệu của một hệ thống bơm dầu thực tế, cụ thể như sau: góc quay $q=150^{\circ}$; tay quay OA chuyển động đều với vận tốc góc $\omega = 0.5 \text{ rad/s}$; kích thước của các khâu của cơ cấu lần lượt như sau: $L_1 = 0,42 \text{ (m)}$; $L_2 = 1,05 \text{ (m)}$; $L_3 = 0,74 \text{ (m)}$; $L_4 = 1,25 \text{ (m)}$; $X_C = 1,16 \text{ (m)}$; $Y_C = 0 \text{ (m)}$; $Y_E = 0,15 \text{ (m)}$; $CD = 0,65 \text{ (m)}$.

Yêu cầu xác định vị trí, vận tốc, gia tốc của khâu bị dẫn (điểm E nằm trên con trượt).

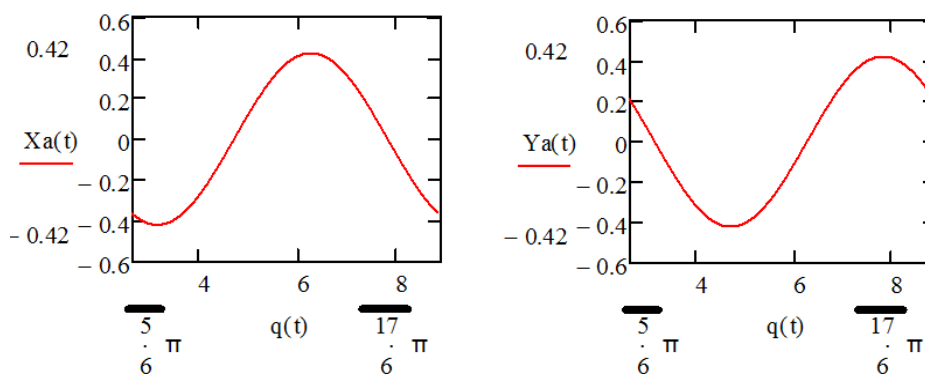
- Nhập dữ liệu bài toán vào môi trường MathCAD như trong Hình 3 thể hiện.



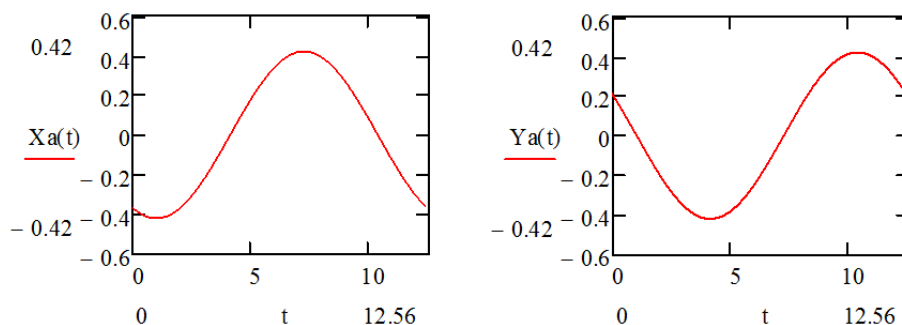
Hình 3. Nhập dữ kiện ban đầu của bài toán.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

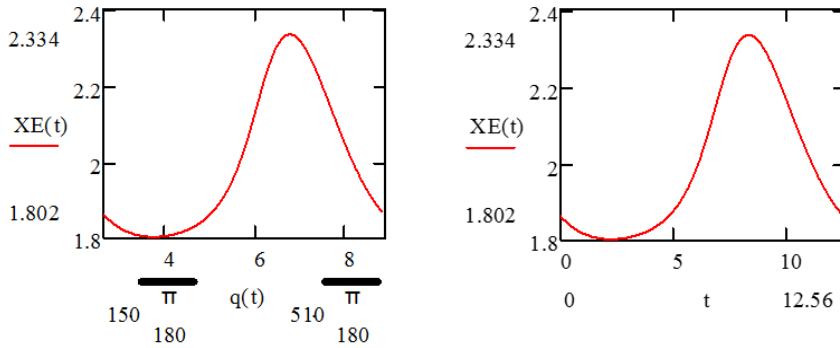
Sau khi tính toán, các đặc trưng động học của bài toán cơ cấu dạng thanh truyền được thể hiện lần lượt trong các Hình 4 đến Hình 7.



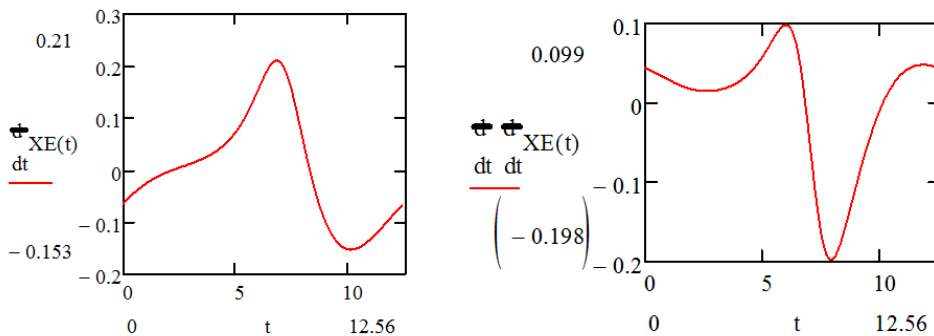
Hình 4. Quỹ tích tọa độ X và Y của điểm A theo góc quay q.



Hình 5. Quỹ tích tọa độ X và Y của điểm A theo thời gian t.



Hình 6. Quỹ tích tọa độ của điểm E theo góc quay q và thời gian t.



Hình 7. Đồ thị vận tốc và gia tốc tại điểm E theo thời gian t.

Ngoài ra, bằng việc ứng dụng phần mềm MathCAD, nhóm tác giả đã nhanh chóng thu được bằng kết quả các đặc trưng động học của các khâu thuộc cơ cấu dạng thanh truyền tại vị trí $q = 150^\circ$ như Bảng 1 thể hiện.

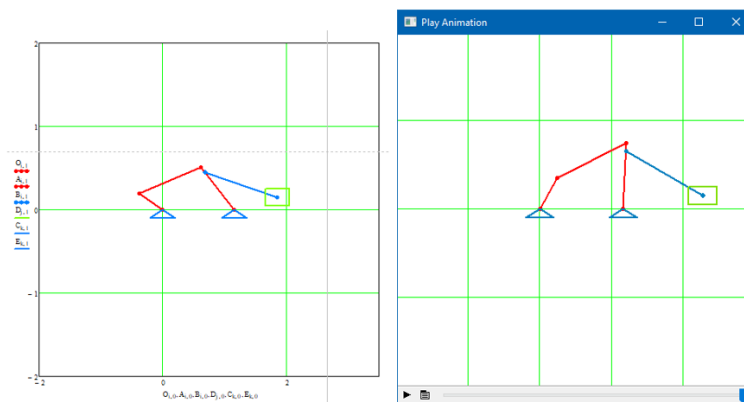
Bảng 1. Đặc trưng động học của các khâu trong cơ cấu thanh truyền ứng với vị trí $q = 150^\circ$

Vận tốc	Ký hiệu	Giá trị	Gia tốc	Ký hiệu	Giá trị
Vận tốc góc của khâu 2	ω_2	0.059 rad/s	Gia tốc góc của khâu 2	ϵ_2	0.063 rad/s ²
Vận tốc góc của khâu 3	ω_3	0.235 rad/s	Gia tốc góc của khâu 3	ϵ_3	-0.074 rad/s ²
Vận tốc góc của khâu 4	ω_4	0.093 rad/s	Gia tốc góc của khâu 4	ϵ_4	-0.011 rad/s ²
Vận tốc của con trượt	v_E	-0.066 m/s	Gia tốc của con trượt	w_E	0.045 m/s ²

Như vậy, đối với các bài toán đi tìm đặc trưng động học của các cơ cấu dạng thanh truyền nói riêng, các bài toán khác trong môn học nguyên lý máy nói chung, việc xây dựng bài toán trong môi trường MathCAD tạo cho người dùng dễ dàng thiết lập hơn, các công thức trực quan hơn, thao tác đơn giản, kết quả đạt được lại nhanh chóng. Ngoài ra, với việc thay đổi các thông số đầu vào khác nhau, người dùng cũng nhanh chóng thu được kết quả mong muốn. Các kết quả trong môi trường Mathcad đều có thể lưu được dưới dạng WORD, điều này sẽ mang lại tiện lợi cho việc lưu trữ báo cáo.

Cuối cùng, bên cạnh việc tìm ra các đặc trưng động học của cơ cấu dạng thanh truyền nêu trên, phần mềm MathCAD còn có thể mô phỏng được chuyển động của cơ cấu bằng cách thiết lập các bước như sau: Lập các mảng giá trị tọa độ của các điểm O, A, B, C, D, E trên cơ cấu đã cho, sau đó sử dụng các mảng giá trị tọa độ trên để vẽ cơ cấu đã cho như

Hình 1, tiếp đến thực hiện mô phỏng chuyển động bằng chức năng Animation trong MathCAD, sau khi tính toán thu được kết quả như Hình 8 thể hiện.



Hình 8. Mô phỏng chuyển động của cơ cấu dạng thanh truyền.

Thông qua việc mô phỏng chuyển động của cơ cấu dạng thanh truyền, người thiết kế ngoài việc biết được các kết quả đặc trưng động học của các khâu, còn có thể quan sát được quá trình chuyển động của chúng, điều này giúp cho người thiết kế tiếp cận bài toán trực quan sinh động hơn và việc giải bài toán dạng thanh truyền nói riêng, cũng như các bài toán trong môn học Nguyên lý máy nói chung sẽ trở nên dễ dàng hơn rất nhiều.

4. KẾT LUẬN

Việc giải bài toán phân tích động học của cơ cấu là rất quan trọng trong thiết kế máy. Giải bài toán phân tích động học cơ cấu, cụ thể là xác định các đặc trưng động học như vị trí, vận tốc và gia tốc các khâu, các điểm trên khâu là thật sự rất cần thiết. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã đề xuất sử dụng phần mềm MathCAD để giải bài toán động học cơ cấu dạng thanh truyền. Kết quả sau khi tính toán trong phần mềm đã được xác định một cách nhanh chóng và chính xác so với giá trị tính toán lý thuyết. Bên cạnh đó, phần mềm MathCAD còn cho phép tạo các đối tượng động nhằm mô phỏng cơ cấu chuyển động, từ đó giúp cho người thiết kế cũng như các sinh viên Đại học, Cao đẳng có cái nhìn trực quan hơn về hoạt động của cơ cấu. Cuối cùng, việc áp dụng phương pháp phân tích động học như trên có ý nghĩa lớn trong tính toán thiết kế cũng như giảng dạy tại các trường kỹ thuật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Galkin, P. A., (2010). Sintez i kinematicheskii analiz mekhanizmov. *Tambov*, 4-5-9-10.
- Liu, F., Lin, S. X., Wang, A. B., and Li, Y. N., (2012). Simulation of Shaper Kinematics and Dynamics Rules Based on MATLAB. *Advanced Materials Research*, 479-481, 772-777.
- Timofeyev, G. A., (2010). Teoriya mekhanizmov i mashin. *Moskva*, 60-62.
- Yevgrafov, A. N., and Petrov, G. N., (2008). *Komp'yuternaya Animatsiya Kinematicheskikh Skhem V Programmakh Excel I MathCAD*, 78.
- Zarubin, V. P., and Boytsova, V. V., (2011). Metodicheskiye ukazaniya po teoriya mekhanizmov i mashin. *Ivanova*, 7.

APPLYING MATHCAD SOFTWARE FOR DETERMINATING KINETIC CHARACTERISTICS AND SIMULATING MOTION OF BAR LINKAGE MECHANISMS

Nguyen Thai Duong, Dao Thanh Hung

University of Technology and Education, The University of Danang

Contact email: ntduong.dct@gmail.com

ABSTRACT

Determining the kinetic characteristics of bar linkage mechanism is based on a new method. To determine the kinetic characteristics, it is possible to use traditional methods such as analytic methods, analytic graphics method, and vectorial graphics methods. This research proposes the applied MathCAD software to simplify the kinetic analysis and rapidly determine kinetic characteristics of the bar linkage mechanisms such as position, velocity, and acceleration. At the same time, the authors applied MathCAD software to simulate the motion of mechanism, simulating represents the visualization of the motion of the mechanism. The results have a certain reference value as a method for solving the bar linkage mechanisms.

Key words: Bar linkage mechanism, kinetic characteristics, design, simulation, MathCAD.

Received: 16th December 2017 *Reviewed:* 4th January 2018

Accepted: 22nd January 2018