

# PHÂN TÍCH ĐỘNG HỌC CƠ CẤU TAY QUAY CON TRƯỢT BẰNG PHẦN MỀM EXCEL

KINEMATIC ANALYSIS OF A SLIDER-CRANK MECHANISM  
BY USING MICROSOFT OFFICE EXCEL

**Hoàng Vị, Phạm Minh Tuấn**

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên.

## TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu về ứng dụng phần mềm Excel để phân tích động học và động lực học cơ cấu tay quay con trượt. Trong bài báo này, các bài toán động học như xác định chuyển vị, xác định vận tốc, gia tốc của các điểm trên cơ cấu đã được giải quyết một cách nhanh chóng và tiện lợi nhờ phần mềm đã nêu. Tất cả các bài toán nêu trên đã được tính toán tự động. Kết quả của các bài toán này cho dưới dạng bảng và đồ thị nên rất thuận tiện cho người dùng.


## ABSTRACT

*This paper presents a research on using Microsoft Office Excel for kinematic analysis of a slider – crank mechanism. In this paper, kinematic problems as the displacement of the slider, the velocity and the acceleration of the connecting rod were solved by using the software. All above problems are solved automatic. The results of the problems are very easy to use because all they are in table and graph forms.*

## 1. GIỚI THIỆU

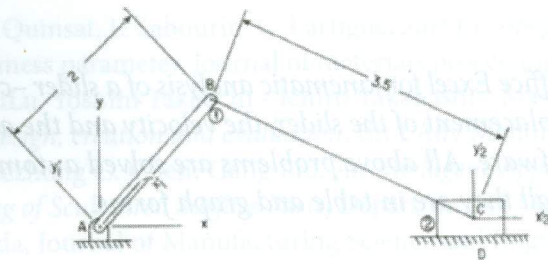
Cơ cấu tay quay con trượt là cơ cấu dùng để biến chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến. Cơ cấu này được dùng rất phổ biến trong công nghiệp như trong máy bào, trong các động cơ đốt trong ... Chính vì vậy, việc giải các bài toán động học (bao gồm các bài toán chuyển vị, vận tốc và gia tốc của các điểm trên cơ cấu) đã và đang được quan tâm nhiều.

Phân tích động học cơ cấu phẳng toàn khớp thấp nói chung hay cơ cấu tay quay con trượt nói riêng thực chất là giải bài toán chuyển vị, vận tốc, gia tốc khi biết các thông số kích thước của các khâu, vị trí, vận tốc khâu dẫn. Để

giải bài toán động học có thể dùng hai phương pháp là phương pháp họa đồ và phương pháp giải tích. Phương pháp họa đồ là phương pháp trong đó sử dụng các phép dựng hình để xác định các giá trị chuyển vị, vận tốc và gia tốc của bài toán động học. Đây là phương pháp rất quen thuộc đối với sinh viên các ngành cơ khí. Tuy nhiên, phương pháp này cho độ chính xác không cao và mất nhiều thời gian để giải. Phương pháp giải tích (được trình bày khá kỹ trong [1]) có nhiều ưu điểm hơn hẳn phương pháp họa đồ như cho độ chính xác cao, dễ dàng lập trình bằng máy tính và tự động hóa tính toán. Nhờ các ưu điểm này mà phương pháp này đã và đang được sử dụng rất rộng rãi để phân tích động học cơ cấu. 

Bài toán động học của cơ cấu tay quay con trượt trong máy bào ngang đã được giải bằng phương pháp giải tích nhờ việc ứng dụng tâm quay tức thời và giải thuật tam giác trong [2]. Trong [3] bài toán động học của cơ cấu tay quay con trượt dùng trong động cơ 4 kỳ đã được giải bằng phương pháp này. Hơn thế nữa, kết quả giải bài toán động học bằng giải tích còn được kiểm chứng nhờ nghiên cứu thực nghiệm với sai số nhỏ hơn 3,3% [3]. Việc giải bài toán động học của cơ cấu tay quay con trượt bằng phương pháp giải tích còn được khảo sát bằng nhiều phần mềm khác nhau. Bài toán này đã được giải bằng phần mềm Pascal for Dos [2], phần mềm Matlab [3], giải và so sánh kết quả sử dụng phần mềm Matlab và UGS NX [4]. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có nghiên cứu nào công bố kết quả giải trên phần mềm Microsoft Office Excel (gọi tắt là Excel) – là phần mềm rất hữu hiệu với các bảng tính và đồ thị. Chính vì thế nghiên cứu này đã chọn phần mềm Excel để giải bài toán động học cho cơ cấu tay quay con trượt.

**2. BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC CƠ CẤU TAY QUAY CON TRƯỢT**



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý cơ cấu tay quay con trượt.

Như trên đã nêu, bài toán động học bao gồm các bài toán chuyển vị, vận tốc và gia tốc của các điểm trên cơ cấu. Với cơ cấu tay quay con trượt (hình 1), việc giải các bài toán thành phần nêu trên thực chất là đi xác định các kết quả chuyển vị, vận tốc tương đối và gia tốc theo góc quay  $\theta_1$  của cơ cấu tay quay con. Để có thể sử dụng các bảng tính của Excel giải các bài toán động học nói trên, trước hết phải miêu tả các đại lượng chuyển vị, vận tốc và gia tốc nói trên bằng các phương trình toán học. Vấn đề này đã được trình bày khá kỹ trong [1] cũng như trong nhiều tài liệu khác nên

ở đây chỉ nêu các hàm kết quả biểu diễn các đại lượng. Cụ thể như sau:

$$X = R \cos \theta + L \sqrt{1 - (R/L)^2 \sin^2 \theta}$$

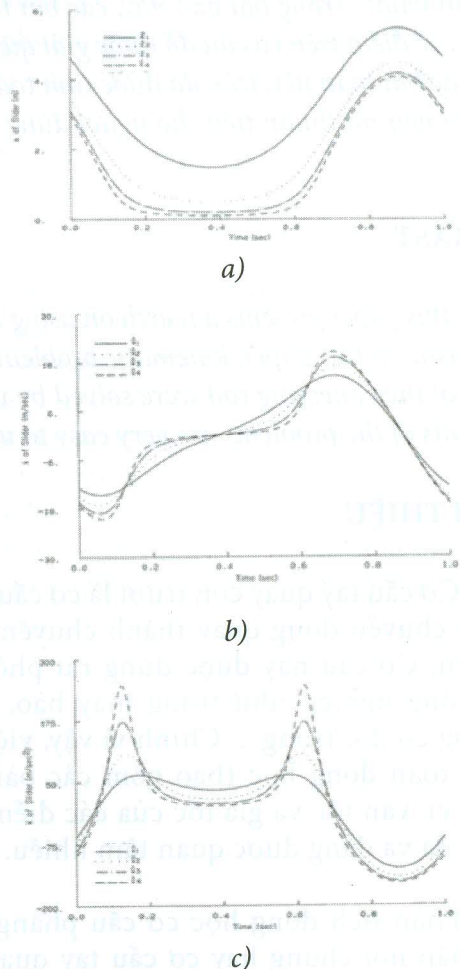
$$\dot{X} = -(\omega + \dot{\varphi})R \sin \theta$$

$$\ddot{X} = -\omega^2 R \left[ \cos \theta + \frac{\ddot{\varphi}}{\omega^2} \sin \theta + \frac{\dot{\varphi}}{\omega} \cos \theta \right]$$

$$\dot{\varphi} = \omega \left[ \frac{(R/L) \cos \theta}{\sqrt{1 - (R/L)^2 \sin^2 \theta}} \right]$$

$$\ddot{\varphi} = \frac{\omega^2 (R/L) \sin \theta [(R/L)^2 - 1]}{[1 - (R/L)^2 \sin^2 \theta]^{3/2}}$$

Trong các công thức trên, R, L là chiều dài của tay quay và thanh truyền; X và  $\dot{X}$  là chuyển vị, vận tốc và gia tốc của con trượt;  $\varphi$  và  $\dot{\varphi}$  là vận tốc góc và gia tốc góc của tay quay.



Hình 2: Quan hệ giữa chuyển vị (a), vận tốc (b) và gia tốc (c) với thời gian với các giá trị khác nhau của thanh truyền.



Sau khi đã biểu diễn các đại lượng chuyển vị, vận tốc và gia tốc bằng các hàm toán học, với việc sử dụng phần mềm Excel việc tính toán các giá trị này và biểu diễn các kết quả tính toán bằng các bảng và đồ thị trở nên đơn giản và nhanh chóng. Hình 2 biểu diễn quan hệ giữa các đại lượng chuyển vị, vận tốc và gia tốc với thời gian với các giá trị khác nhau của chiều dài tay quay L (với các giá trị của L là 3,5 2,5 2,2 và 2,1 m). Ta có thể thay đổi các thông số đầu vào (R, L...) và thu được kết quả tính toán dạng bảng và đồ thị một cách đơn giản và dễ dàng.

### 3. KẾT LUẬN

Bài toán phân tích động học cho cơ cấu tay quay con trượt đã được giải bằng phần mềm

Microsoft Office Excel. Kết quả cho thấy việc giải bài toán này bằng phần mềm Excel là rất đơn giản và nhanh chóng. Hơn thế nữa việc sử dụng phần mềm này cho phép tương tác người – máy rất linh hoạt, dễ dàng và tiện lợi. Phần mềm cho phép người dùng quan sát và có thể thay đổi các thông số đầu vào và nhận kết quả đầu ra một cách trực tiếp dưới dạng bảng và dạng đồ thị. Thêm vào đó, nhờ công cụ này, mối quan hệ giữa các thông số chuyển vị, vận tốc và gia tốc của bài toán động học dễ dàng được hình dung qua các đồ thị kết quả. ❖

Ngày nhận bài: 15/5/2013

Ngày phản biện: 10/6/2013

Người phản biện: PGS, TS. Vũ Ngọc Pi,

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Oleg Vinogradov, Fundamentals of Kinematics and Dinamics of Machines and Mechanisms, CRC Press, 2000.
- [2]. Trần Văn Lâm, *Tâm quay tức thời và giải thuật tam giác trong phân tích động học cơ cấu phẳng*, Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 1997.
- [3]. D. Porter, A. Pirlo, M. Benaventura, Kinematics of a slider-crank mechanism, Experimental report, 2005.
- [4]. Phan Quang Thế, Vũ Quý Đặc, Nguyễn Đăng Hào, *Ứng dụng giải tích và máy vi tính cho bài toán cơ cấu tay quay con trượt*, Tạp chí Khoa học Công nghệ, Đại học Thái Nguyên, Số 4 (44), Tập 1, 2007.
- [5]. Michael Flemming, Using a slider crank mechanism to compare simulation abilities of Matlab and UGS NX, Student research project, Thai Nguyen University of Technology, 2009.