

# ỨNG DỤNG ĐỘNG CƠ SERVO ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN ĐỘNG CỦA DAO TIỆN KHI GIA CÔNG BỀ MẶT CÔN BẰNG PHƯƠNG PHÁP XOAY NGHIÊNG BÀN TRƯỢT DỌC TRÊN MÁY TIỆN TRUYỀN THỐNG

APPLYING SERVO MOTOR FOR CONTROLLING CUTTING TOOL MOVEMENT  
IN TAPER SURFACE MACHINING BY TILTING THE LONGITUDINAL SLIDE ON  
TRADITIONAL LATHES

**Nguyễn Đăng Hà, Dương Minh Hải**

Trung tâm Huấn luyện 125 Vĩnh Phúc, Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: dmh7915@gmail.com

## TÓM TẮT

*Gia công chi tiết có bề mặt côn trên máy tiện đòi hỏi sự điều chỉnh linh hoạt các thông số cắt do đường kính phôi thay đổi liên tục trong suốt quá trình cắt. Khi tốc độ trục chính được giữ cố định, tốc độ cắt và lực cắt biến thiên, gây ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt và hiệu suất gia công. Bài báo này đề xuất một phương pháp ứng dụng PLC để điều chỉnh lượng chạy dao dựa trên đường kính tức thời của phôi, nhằm tối ưu hóa quá trình gia công tự động. Kết quả cho thấy hệ thống PLC có khả năng duy trì sự ổn định của lực cắt, cải thiện độ đồng đều của bề mặt và nâng cao hiệu quả sản xuất.*

**Từ khóa:** PLC; Gia công côn; Lượng chạy dao; Tự động hóa; Lực cắt.

## ABSTRACT

*Machining a part with a conical surface on a lathe machine requires flexible adjustment of cutting parameters due to the continuous change in the workpiece diameter throughout the cutting process. When the main spindle speed is kept constant, the cutting speed and cutting force vary, affecting surface quality and machining efficiency. This paper proposes a method using PLC to adjust the feed rate based on the instantaneous diameter of the workpiece, aiming to optimize the automated machining process. The results show that the PLC system can maintain stable cutting force, improve surface uniformity, and enhance production efficiency.*

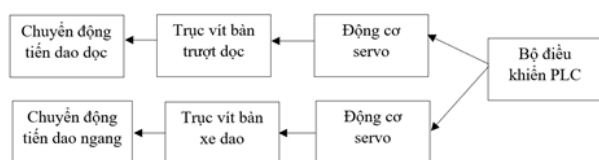
**Keywords:** PLC; Conical machining; Feed rate; Automation; Cutting force.



## 1. GIỚI THIỆU

Trong ngành cơ khí chế tạo, gia công các chi tiết có bề mặt côn (hình nón) là một yêu cầu phổ biến, đặc biệt trong sản xuất trục, ống côn, và các chi tiết máy phức tạp. Quá trình tiện côn trên máy tiện truyền thống thường gặp thách thức do sự thay đổi liên tục của đường kính phôi, dẫn đến biến thiên tốc độ cắt và lực cắt. Khi tốc độ quay trục chính (n) được giữ cố định - một điều kiện phổ biến trong nhiều máy tiện cơ bản - việc kiểm soát các thông số cắt trở nên khó khăn hơn, ảnh hưởng đến độ chính xác, độ nhám bề mặt và tuổi thọ dao cụ.

Để giải quyết vấn đề này, tự động hóa bằng bộ điều khiển PLC đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi nhờ khả năng lập trình linh hoạt và điều khiển chính xác. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một hệ thống sử dụng PLC để điều khiển lượng chạy dao (s) dựa trên đường kính phôi thay đổi, nhằm duy trì sự ổn định của quá trình gia công mà không cần can thiệp thủ công. Mục tiêu là cải thiện chất lượng bề mặt, tối ưu hóa hiệu suất và mở rộng khả năng tự động hóa trong sản xuất cơ khí.



Hình 1. Sơ đồ ứng dụng PLC vào điều khiển chuyển động dao tiện

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 2.1. Gia công bề mặt côn

Gia công côn trên máy tiện yêu cầu dao tiện di chuyển theo quỹ đạo nghiêng để tạo ra bề mặt có đường kính thay đổi tuyến tính. Khi tốc độ trục chính cố định, tốc độ cắt  $V_c$  tại mỗi

điểm trên phôi tỷ lệ thuận với đường kính. Điều này dẫn đến:

- $V_c$  lớn hơn tại đầu lớn của côn và nhỏ hơn tại đầu nhỏ, gây ra sự không đồng đều trong chất lượng bề mặt;

- Lực cắt biến thiên do thay đổi D, phụ thuộc vào chiều sâu cắt, lượng chạy dao và tính chất vật liệu.

Tốc độ cắt là yếu tố chính bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi đường kính.

$$\text{Công thức: } V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [2]$$

- \* Tại đường kính lớn ( $D_1$ ):  $V_c$  đạt giá trị tối đa.
- \* Tại đường kính nhỏ ( $D_2$ ):  $V_c$  đạt giá trị tối thiểu.

- \* Sự thay đổi tuyến tính: D giảm dần từ  $D_1$  đến  $D_2$  theo vị trí z (trục dọc), với:

$$D(z) = D_1 - \frac{(D_1 - D_2) \cdot z}{L}$$

Trong đó:

- z: Vị trí dao trên trục Z ( $0 < z < L$ );
- L: Chiều dài côn.

Lực cắt ( $F_c$ ) trong gia công tiện có thể được biểu diễn gần đúng bằng công thức thực nghiệm:

$$F_c = C \cdot t^x \cdot s^y \cdot V_c^z \quad [1]$$

Trong đó:

- C: Hằng số phụ thuộc vật liệu phôi và dao (ví dụ: thép C45,  $C \approx 2000 \text{ N/mm}^2$ );
- t: Chiều sâu cắt (giả sử cố định, ví dụ  $t = 1 \text{ mm}$ );
- s: Lượng chạy dao (điều chỉnh bằng PLC);

- $V_c$ : Tốc độ cắt (thay đổi theo  $D$ );
- $x, y, z$ : Số mũ thực nghiệm (thường  $x \approx 1, y \approx 0,75, z \approx -0,15$ ).

Khi  $D$  thay đổi,  $V_c$  thay đổi, kéo theo  $F_c$  biến thiên nếu  $s$  không được điều chỉnh.

## 2.2. Vai trò của PLC

PLC là một thiết bị điều khiển công nghiệp có khả năng xử lý tín hiệu đầu vào (từ cảm biến) và xuất tín hiệu điều khiển đến các cơ cấu chấp hành (động cơ, xi lanh). Trong gia công côn, PLC có thể được lập trình để điều chỉnh lượng chạy dao theo thời gian thực, dựa trên vị trí dao hoặc lực cắt đo được, nhằm giảm thiểu tác động của các thông số biến thiên.

## 3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

### 3.1. Mô tả hệ thống

Hệ thống bao gồm:

- PLC: Mitsubishi FX3U/32MT, hỗ trợ điều khiển động cơ;
- Động cơ: Servo điều khiển trục X (tiến dao ngang) và trục Z (tiến dao dọc);
- Cảm biến: Encoder đo vị trí dao trên trục X, Z;
- Máy tiện: Tốc độ trục chính cố định, không điều chỉnh trong quá trình gia công.

### 3.2. Nguyên lý điều khiển

Với tốc độ trục chính cố định, lượng chạy dao  $s$  được điều chỉnh dựa trên đường kính tức thời  $D$ .

\* Thu thập dữ liệu: Encoder xác định vị trí dao trên trục Z ( $z$ ). Đường kính  $D$  được tính theo công thức:  $D = D_1 - k.z$ , trong đó  $D_1$  là

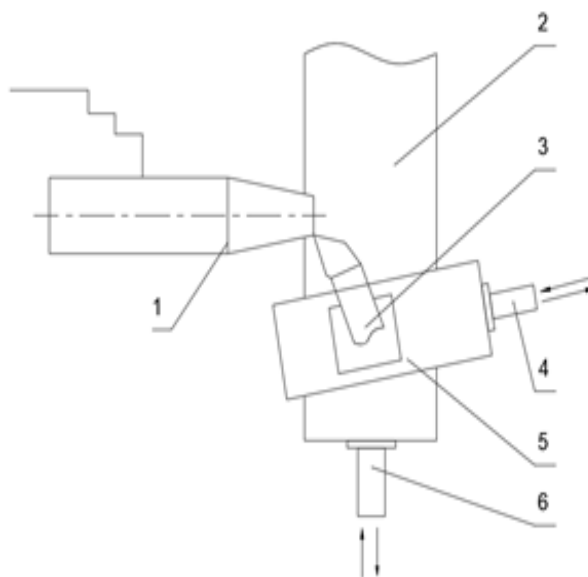
đường kính lớn,  $k$  là độ côn.

\* Tính toán tiến dao: Lượng chạy dao  $s$  được điều chỉnh theo hàm:  $S = S_0 \cdot \frac{D_0}{D}$ , với  $s_0$  là giá trị tiến dao cơ sở,  $D_0$  là đường kính tham chiếu.

\* Điều khiển: PLC xuất tín hiệu đến động cơ servo để thay đổi  $s$  theo thời gian thực.

### 3.3. Phương án bố trí

Hai động cơ servo cùng cơ cấu đồ gá được chế tạo, lắp trực tiếp vào trục vít me của bàn trượt dọc dài dao trên và trục vít me của bàn xe dao. Động cơ servo được tính toán, lập trình điều khiển bằng chương trình PLC nhằm bảo đảm cho các thông số như lượng tiến dao “ $s$ ”, chiều sâu cắt “ $t$ ” phù hợp với chế độ cắt đã chọn.



Hình 2. Sơ đồ áp dụng động cơ servo vào quá trình tiện côn:

- 1 - Phôi; 2 - Bàn dao ngang; 3 - Dao tiện;  
4 - Động cơ SERVO điều khiển bàn trượt dọc;  
5 - Bàn trượt dọc; 6 - Động cơ SERVO điều khiển bàn xe dao



Mặc dù việc áp dụng động cơ servo điều khiển chuyển động của dao tiện diễn ra tự động, nhưng chuyển động này hoàn toàn tách biệt với chuyển động trục chính của máy tiện trong quá trình gia công. Do đó, việc lựa chọn công suất động cơ và tính toán chế độ cắt để điều chỉnh tốc độ cho phù hợp đóng vai trò rất quan trọng tới chất lượng bề mặt được gia công.

## 3.4. Lập trình PLC

PLC sử dụng là Mitsubishi với phần mềm GX Works2. Động cơ servo được kết nối với bộ điều khiển servo và nhận chương trình trực tiếp từ máy tính:

- Đọc tín hiệu từ encoder để xác định  $z$ ;
- Tính  $D$  và  $f$  dựa trên thông số đầu vào (đường kính lớn, nhỏ, chiều dài côn);
- Xuất tín hiệu điều khiển đến động cơ servo.

\* Điều chỉnh lượng chạy dao ( $s$ ) bằng PLC:

Để giảm biến thiên lực cắt và cải thiện chất lượng gia công:

- Mục tiêu: Giữ  $F_c$  gần ổn định bằng cách thay đổi  $s$  theo  $D$ .
- Phương pháp: Từ công thức lực cắt, nếu muốn  $F_c$  không đổi:  $s^y \cdot V_c^z = \text{hằng số}$

$$s = s_0 \cdot \left( \frac{V_{c0}}{V_c} \right)^{\frac{z}{y}} \text{ với:}$$

- $s_0$ : Lượng tiến dao ban đầu (tại  $D_1$ );
- $V_{c0}$ : Tốc độ cắt tại  $D_1$ ;
- $V_c$ : Tốc độ cắt tại  $D$  bất kỳ.

## 4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

### 4.1. Kết quả thực nghiệm

Với một điều kiện gia công cụ thể:

\* Chi tiết côn:  $D_1 = 100\text{mm}$ ,  $D_2 = 50\text{mm}$ , chiều dài côn  $L = 200\text{mm}$ .

\* Chiều sâu cắt  $t = 1\text{mm}$ .

\* Vật liệu: Thép C45, với hằng số lực cắt  $C = 2000 \text{ N/mm}^2$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $z = -0,15$ .

Bảng 1. Sự thay đổi thông số theo vị trí  $z$ .

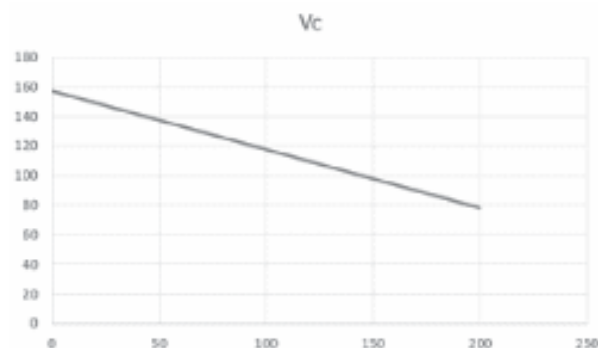
| $z$<br>(mm) | $D$<br>(mm) | $V_c$<br>(m/phút) | $s$<br>(mm/vòng) | $F_c$<br>(N) |
|-------------|-------------|-------------------|------------------|--------------|
| 0           | 100         | 157.08            | 0.200            | 511          |
| 100         | 75          | 117.81            | 0.184            | 513          |
| 200         | 50          | 78.54             | 0.168            | 514          |

• Ổn định lực cắt: Bằng cách giảm  $s$  tại đường kính lớn và tăng  $s$  tại đường kính nhỏ, lực cắt được duy trì trong ngưỡng ổn định, giảm rung động và mòn dao.  $F_c$  chỉ dao động từ 511N đến 514N (biến thiên  $< 1\%$ ).

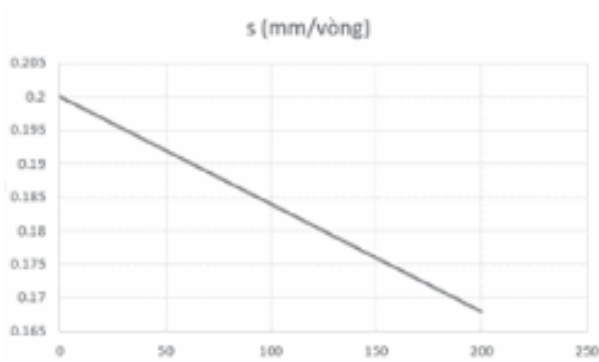
• Chất lượng bề mặt: Sự điều chỉnh  $s$  giúp giảm biến thiên  $V_c$ , cải thiện độ nhám bề mặt ( $R_a$ ) và độ chính xác hình học.

• Hiệu suất: Quá trình gia công hoàn toàn tự động, giảm thời gian can thiệp thủ công.

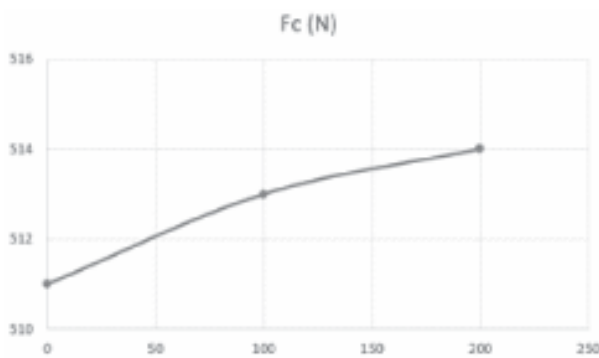
### 4.2. Biểu đồ minh họa



Hình 3. Biểu đồ lực cắt  $V_c$  theo  $z$



Hình 4. Biểu đồ lượng chạy dao  $s$  theo  $z$



Hình 5. Biểu đồ lực cắt  $F_c$  theo  $z$

### 4.3. Thảo luận

Phương pháp này phù hợp với các máy tiện cơ truyền thống. Tuy nhiên, hạn chế là  $V_c$  vẫn thay đổi do  $n$  cố định, có thể ảnh hưởng đến tuổi thọ dao trong một số trường hợp vật liệu cứng. Việc lắp ráp động cơ servo và bộ điều khiển vào máy tiện chiếm diện tích khá lớn, các

dây dẫn điều khiển phần nào gây bất tiện cho quá trình gia công. Việc tích hợp thêm cảm biến lực cắt (load cell) có thể nâng cao độ chính xác điều khiển, nhưng làm tăng chi phí hệ thống.

### 5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất một giải pháp sử dụng PLC để điều khiển lượng tiến dao trong gia công bề mặt côn trên máy tiện với tốc độ trục chính cố định. Kết quả cho thấy hệ thống không chỉ cải thiện độ ổn định và chất lượng gia công mà còn mở ra tiềm năng ứng dụng tự động hóa trong sản xuất cơ khí. Trong tương lai, việc kết hợp điều khiển lực cắt thời gian thực và tối ưu hóa thuật toán PLC sẽ được xem xét để nâng cao hiệu quả hơn nữa. ❖

Ngày nhận bài: **26/02/2025**

Ngày phản biện: **15/3/2025**

### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Ngọc Đào, Trần Thế San, Hồ Viết Bình, “*Chế độ cắt Gia công cơ khí*”. NXB. Đà Nẵng.
- [2]. Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiến, Ninh Đức Tôn, Trần Xuân Việt, “*Sổ tay công nghệ chế tạo máy - Tập 2*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [3]. Phạm Đình Tân, “*Nguyên lý cắt và dụng cụ cắt*”. NXB. Hà Nội.