

GIẢI THUẬT ĐIỀU KHIỂN TRUNG TÂM PHAY CNC 5 TRỤC ẢO KIỂU HEXAPOD

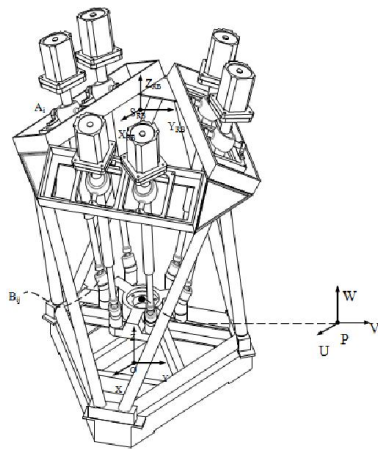
Nguyễn Tiến Thịnh

Trường Đại học Thủy lợi, email: ktcdt.thinhnt@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, kỹ thuật công nghệ phát triển xuất hiện ngày càng nhiều chi tiết gia công có bề mặt gia công phức tạp đòi hỏi độ chính xác cao, sự thay đổi hướng pháp tuyến gia công lớn khi đó các máy gia công CNC 3 trục, 5 trục hay 9 trục trở nên khó thực hiện hoặc có khả năng gia công nhưng thời gian đáp ứng chậm, độ chính xác và độ bóng không cao.

Trong bài báo này, tác giả trình bày phương pháp giải bài toán động học cho trung tâm phay CNC 5 trục ảo kiểu hexapod trên cơ sở tham số công nghệ dữ liệu đường dụng cụ trong gia công 5 trục, qua đó tính toán các tham số điều khiển vị trí, vận tốc các chân theo quỹ đạo đường dụng cụ. Trên cơ sở dữ liệu tính toán kết hợp mô phỏng trên OpenGL từ đó xuất tín hiệu các tham số điều khiển robot.



Hình 1. Mô hình trung tâm phay CNC 5 trục ảo kiểu hexapod

Máy CNC có cấu trúc chuỗi động học kín còn gọi là các máy CNC cấu trúc song song trở

nên hữu dụng hơn và đáp ứng được những chi tiết phức tạp như vậy. Vì vậy, việc tính toán các tham số điều khiển vị trí, vận tốc các chân theo một quỹ đạo dụng cụ bất kỳ là cần thiết và đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Trong tài liệu này tác giả đưa ra các bài toán xây dựng tham số điều khiển vị trí các chân cho trung tâm phay CNC 5 trục kiểu hexapod thông qua dữ liệu được mô hình hóa (Hình 1).

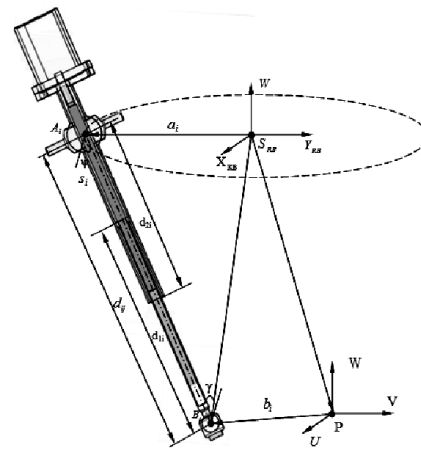
2. BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC

Để thuận tiện cho việc phân tích, tính toán động học, động lực học cấu trúc máy, ta xét riêng một chân điều khiển như Hình 2 với

d_{ij} : Là chiều dài chân thứ i ở vị trí j

d_{1j} : Là kích thước khâu trượt phía dưới

d_{2j} : Là kích thước khâu trượt trên



Hình 2. Hệ tọa độ xét trên 1 chân điều khiển

Từ đó ta có phương trình:

$$\overline{SA}_j + \overline{A}_j \overline{B}_j = \overline{S}_{RB} \overline{P} + \overline{PB}_j \quad \text{với } j = [1-6] \quad (1.1)$$

Viết phương trình (1.1) dưới dạng đại số:

$$\underline{a}_j + \overline{A}_j \overline{B}_{jj} \underline{s}_j = \underline{P} + {}^1 \underline{R}_2 {}^2 \underline{b}_j \quad \text{với } j = [1-6] \quad (1.2)$$

Biến đổi phương trình (1.2) ta có:

$$\underline{A}_j \underline{B}_{ji} s_j = \underline{P} + {}^1 \underline{R}_2 {}^2 \underline{b}_j - \underline{a}_j \quad \text{với } j = [1-6] \quad (1.3)$$

Từ phương trình (1.3) ta rút ra biểu thức biến thiên chiều dài khớp:

$$d_{ji} = \sqrt{[\underline{P} + {}^1 \underline{R}_2 {}^2 \underline{b}_j - \underline{a}_j]^T [\underline{P} + {}^1 \underline{R}_2 {}^2 \underline{b}_j - \underline{a}_j]} \quad (1.4)$$

Với cách đặt hệ trục tọa độ như Hình 2 ta có:

+ ${}^1 \underline{A}_j = [X_{A_j} \ Y_{A_j} \ Z_{A_j} \ 1]^T$ là tọa độ các điểm A_j trong hệ quy chiếu \mathcal{S}_1 với $j = [1-6]$

+ ${}^0 \underline{P}_{A_j}$ là vectơ định vị điểm A_j trong hệ quy chiếu \mathcal{S}_0 khi đó ta có:

$${}^0 \underline{P}_{A_j} = \underline{P}_{OS_{RB}} + \overline{S_{RB} A_j} \quad (1.5)$$

${}^1 \underline{r}_{OS_{RB}}$: Vectơ vị trí của điểm SRB trong hệ quy chiếu \mathcal{S}_0

${}^1 \underline{r}_{RB A_j}$: Vectơ vị trí của điểm A_j trong hệ quy chiếu \mathcal{S}_1 .

Viết phương trình (1.5) dưới dạng vectơ đại số:

$${}^0 \underline{A}_j = [x_{RB} \ y_{RB} \ z_{RB} \ 1]^T + {}^1 \underline{A}_j \quad (1.6)$$

+ ${}^0 \underline{P}_{B_{ji}}$: là vectơ định vị điểm B_{ji} trong hệ quy chiếu \mathcal{S}_0 ta có:

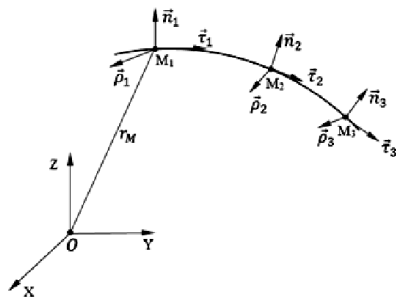
$${}^0 \underline{d}_{ji} = {}^0 \underline{P}_{A_j} - {}^0 \underline{P}_{B_{ji}} \quad (1.7)$$

$$\text{Và } {}^0 \underline{B}_{ji} = [x_{B_{ji}} \ y_{B_{ji}} \ z_{B_{ji}} \ 1]^T$$

Phương trình (1.7) được viết lại:

$$d_{ij} = \sqrt{[{}^0 \underline{A}_i - {}^0 \underline{B}_{ij}]^T [{}^0 \underline{A}_i - {}^0 \underline{B}_{ij}]} \quad (1.8)$$

3. PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN



Hình 3. Tam diện động trên quỹ đạo bề mặt gia công

Khi gia công các bề mặt phức tạp với đường cong quỹ đạo điểm gia công có hiện tượng xoắn tức là sự thay đổi tam diện động trên bề mặt gia công. Như vậy để tránh được

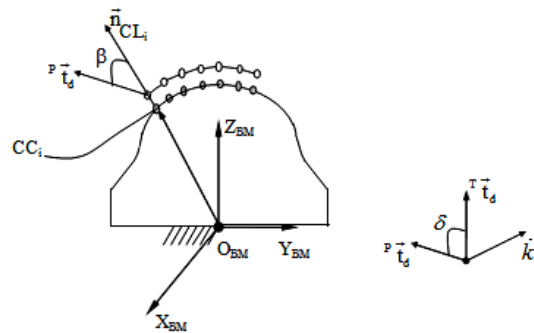
hiện tượng xoắn của giá di động modul robot song song (gây va chạm giữa các chân) ta sử dụng thuật toán điều khiển như sau:

3.1. Phương pháp xác định hướng dụng cụ

Xoay vectơ ${}^P \underline{t}_{di}^V$ trên đường dụng cụ (ζ) một góc δ quanh vectơ \underline{k}_i tại điểm điều khiển tạo hình (CL_i hoặc ${}^T CL_0$) để tạo ra ${}^T \underline{t}_{di}^V$ trên trục dụng cụ (Hình 4):

$$\text{Trong đó: } \underline{k}_i = \frac{{}^P \underline{t}_{di}^V \wedge {}^T \underline{t}_{d0}^V}{|{}^P \underline{t}_{di}^V \wedge {}^T \underline{t}_{d0}^V|} \quad (2.1)$$

với $\delta_i = \angle({}^P \underline{t}_{di}^V, {}^T \underline{t}_{d0}^V)$.



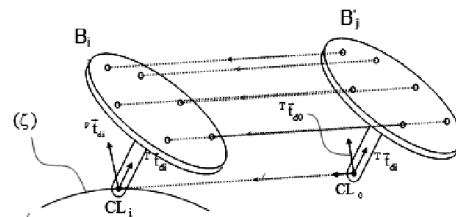
Hình 4. Điều khiển hướng trục dụng cụ

${}^T \underline{t}_{d0}^V$: là vectơ chỉ phương của trục dụng cụ tại vị trí "0" ban đầu, khi đó ${}^T \underline{t}_{d0}^V$ có phương trùng với phương của trục Z_{BM} .

3.2. Tính chọn góc điều khiển hướng trục dụng cụ

So sánh vectơ ${}^P \underline{t}_{di}^V$ trên đường dụng cụ (ζ) với vectơ ${}^T \underline{t}_{d0}^V$ (chuẩn không ban đầu) khi đó $\delta_i = \angle({}^P \underline{t}_{di}^V, {}^T \underline{t}_{d0}^V)$. Như vậy, góc $\Delta \delta_i$ điều khiển thực từ vị trí thứ i đến $i+1$ được cho bởi phương trình:

$$\Delta \delta_i = \delta_{i+1} - \delta_i \quad (2.2)$$



Hình 5. Tịnh tiến giá từ CL_i đến CL_0

Điểm B_{ji} được tịnh tiến theo vectơ \underline{t}_i^V một đoạn ${}^T CL_0 CL_j$ và cho dưới dạng phương trình:

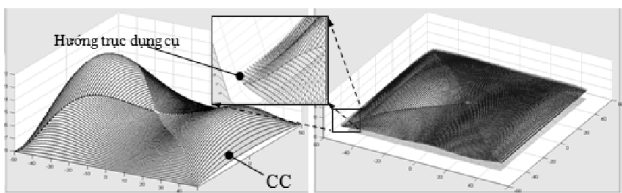
$${}^0P_{B_{ji}} = {}^0P_{B_{ji}} + a_i \cdot t_i \quad (2.3)$$

Trong đó: $t_i = \frac{{}^TCL_0CL_i}{|{}^TCL_0CL_i|}$,

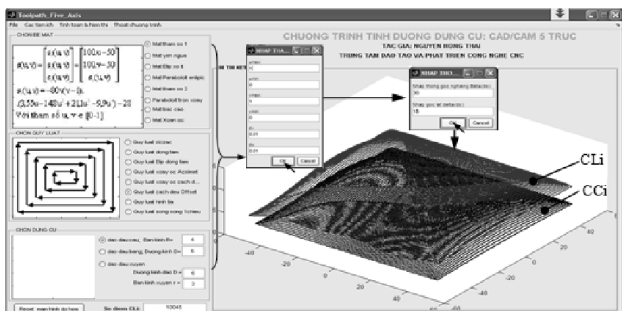
$$g_i = \sqrt{(x_{CL_i} - x_{TCL_0})^2 + (y_{CL_i} - y_{TCL_0})^2 + (z_{CL_i} - z_{TCL_0})^2}$$

3.3. Kết quả kiểm nghiệm thông qua mô phỏng gia công bề mặt cong phức tạp

Trên cơ sở phương trình điều khiển 2.3 xác định vectơ hướng trục dụng cụ cho bề mặt gia công tạo hình đường dụng cụ (Hình 6) với đường chạy dao dạng xoắn ốc.

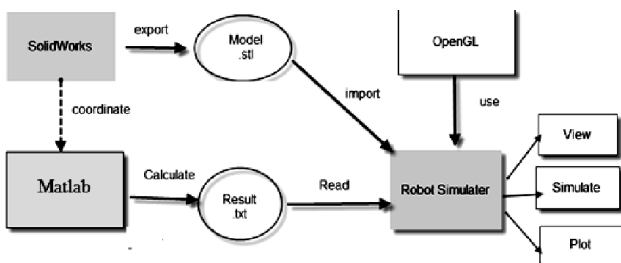


a) Quỹ tích điểm tạo hình đường dụng cụ b) Đường dụng cụ và trường vector hướng trục

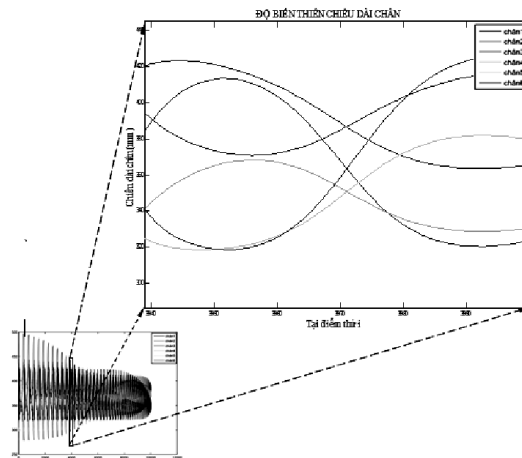


Hình 6. Quỹ đạo điểm tạo hình đường dụng cụ và trường vector hướng trục [4]

Trên cơ sở quỹ đạo điểm tạo hình đường dụng cụ và trường vectơ hướng trục xây dựng được, tác giả mô phỏng quá trình gia công của trung tâm phay CNC 5 trục ảo trên công cụ OpenGL thông qua cấu trúc mô phỏng số (Hình 7):



Hình 7. Cấu trúc mô phỏng trên OpenGL



Hình 8. Kết quả độ biến thiên chiều dài chân khi mô phỏng số quá trình gia công

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Bài báo này tác giả đã xây dựng được phương pháp điều khiển khi gia công bề mặt cong phức tạp của trung tâm phay CNC 5 trục ảo kiểu hexapod tránh được hiện tượng xoắn của bàn gia công và hiện tượng va chạm giữa các chân thể hiện qua độ biến thiên liên tục của các chân điều khiển (Hình 8).

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã tập trung trình bày được các vấn đề sau:

- Xây dựng được giải thuật điều khiển cho trung tâm phay CNC 5 trục ảo kiểu hexapod.
- Thiết kế mô hình và mô phỏng kiểm định quá trình gia công bề mặt cong phức tạp thông qua giải thuật xây dựng.
- Xuất biểu đồ các chân điều khiển.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Văn Khang; 2007; Động lực học hệ nhiều vật; NXB Khoa học và kỹ thuật; Thành phố Hà Nội;
 [2] Nguyễn Hồng Thái; 2012; Quỹ đạo điểm tạo hình đường dùng công cụ CAD/CAM/CNC; Tạp chí Khoa học và Công nghệ 50;
 [3] Dave shreiner; Mason Woo; JackieNeider; Tom Davis; OpenGL programming Guide; Version 2.1.