

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY ĐA TRỰC TRONG ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN ĐỘNG THEO VỊ TRÍ

Nguyễn Tấn Đời^{1*}, Nguyễn Lê Tấn Tài¹

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh

*Tác giả liên hệ: Nguyễn Tấn Đời, doint@hcmute.edu.vn

THÔNG TIN CHUNG

Ngày nhận bài: 02/07/2024

Ngày nhận bài sửa: 16/07/2024

Ngày duyệt đăng: 27/07/2024

TỪ KHOÁ

Bộ điều khiển lập trình;

Bộ xy lanh điện đa trực;

Điều khiển chuyển động;

Nội suy đa trực.

TÓM TẮT

Điều khiển các cơ cấu trong một hệ thống hoạt động chính xác đã được nghiên cứu nhiều từ trước đến nay. Đặc biệt là việc phối hợp chuyển động đồng bộ của nhiều cơ cấu trong một hệ thống, được gọi là “Motion Control”. Việc phối hợp này tạo ra một hệ thống chuyển động nhịp nhàng với tốc độ và độ chính xác cao. Các hệ thống điều khiển hiện nay sử dụng thiết bị phức tạp, chi phí cao. Trong nghiên cứu này đưa ra một giải pháp đơn giản điều khiển chính xác vị trí, áp dụng các phương pháp nội suy trên bộ xy lanh đa trực JXC73. Bộ điều khiển lập trình PLC được kết nối với bộ JXC73 điều khiển các xy lanh điện theo phương pháp nội suy tuyến tính và nội suy đường tròn để đưa sản phẩm vào các vị trí khác nhau chính xác. Kết quả thực nghiệm cho thấy với tốc độ các trục dưới 100 mm/s thì đạt được độ chính xác hoàn toàn. Khi tốc độ tăng cao hơn sẽ có một số trường hợp lệch vị trí. Ngoài ra giao diện SCADA được sử dụng giúp cho việc điều khiển và giám sát mô hình dễ dàng hơn. Sử dụng bộ điều khiển đa trực JXC73 làm đơn giản việc điều khiển phối hợp các trục chuyển động mà không làm tăng sai số, giúp giảm bớt chi phí sử dụng thiết bị.

1. GIỚI THIỆU

Ngày nay nhu cầu sản xuất tự động hóa ngày một tăng cao đòi hỏi sử dụng các kỹ thuật điều khiển hiện đại, các công nghệ máy móc hiện đại ra đời để thay thế các công nghệ cũ. Để đáp ứng các hệ thống có yêu cầu độ chính xác cao, tốc độ chuyển động nhanh, các xy lanh điện đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp do có nhiều ưu điểm so với các loại xy lanh khí nén và thủy lực (Carducci et al., 2004; Sughashini et al., 2021). Các xy lanh điện được sử dụng rộng rãi trong các thiết bị tự động hóa công nghiệp và trong các hệ thống robot. Các hệ thống này yêu cầu độ chính

xác cao, tốc độ chuyển động nhanh và khả năng điều khiển linh hoạt. Xy lanh điện còn được sử dụng trong các dây chuyền sản xuất trong các ngành công nghiệp như ô tô, điện tử, sản xuất máy móc, sản xuất y tế và nhiều ngành công nghiệp khác (Giang, Minh et al., 2013; Jamian et al., 2020). Đây là các ứng dụng có yêu cầu độ chính xác cao, tốc độ chuyển động nhanh và khả năng điều khiển chính xác.

Bộ xy lanh điện đa trực là thiết bị cơ điện tử kết hợp các xy lanh điện đơn lẻ vào một hệ thống đa trục để thực hiện các chuyển động phức tạp và chính xác. Sự phát triển của công nghệ này đã mở ra nhiều ứng dụng mới trong

các lĩnh vực như tự động hóa công nghiệp, y tế, robot, và nhiều ngành khác. Các bộ xy lanh điện hoạt động theo nguyên lý điều khiển động cơ bước hoặc động cơ servo, là những thiết bị có yêu cầu cài đặt và lập trình điều khiển phức tạp (Nguyễn Tấn, Đồi, Phùng Sơn, T., Trần Vi, Đò, Huỳnh Trần Quốc, K., Hoàng Phi, T., Nguyễn Hào Lưu, B., Nguyễn Thanh, D., Huỳnh Minh et al., 2023). Tuy nhiên với hệ xy lanh điện đa trục JXC73, một thiết bị có thể điều khiển phối hợp đồng bộ cùng lúc bốn trục khác nhau, việc điều khiển sẽ đơn giản và hiệu quả hơn rất nhiều.

Bộ JXC73 bao gồm một Driver có khả năng kết nối điều khiển bốn xy lanh điện khác nhau, gồm điều khiển độc lập và điều khiển phối hợp. Người dùng có thể thiết lập tối đa 2048 điểm chuyển động cho các trục trên Driver, sau đó lập trình cho PLC điều khiển.

Với các đặc tính trên, việc nghiên cứu xây dựng mô hình hệ thống sắp xếp sản phẩm sử dụng bộ xy lanh điện đa trục JXC73 là cần thiết và hữu ích cho các ứng dụng thực tế khác. Hệ thống nghiên cứu bao gồm một Driver JXC73 nhận tín hiệu điều khiển từ một PLC S7-1200 để điều khiển phối hợp hai trục x và y. Việc phối hợp chuyển động tức thời của hai trục này sẽ di chuyển các sản phẩm đến đúng vị trí chính xác và nhanh chóng. Ngoài ra một trục xy lanh xoay cũng được sử dụng để gắn mâm xoay nhận các sản phẩm sau khi phân loại.

Sử dụng bộ xy lanh điện đa trục mang lại nhiều lợi ích, nhưng việc triển khai và ứng dụng chúng cũng đặt ra các vấn đề cần được giải quyết về chi phí, độ phức tạp, bảo trì sửa chữa.

2. CƠ SỞ THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO

2.1. Các phương pháp nội suy

Nội suy là phương pháp được sử dụng để ước lượng giá trị của một hàm tại một điểm bất kỳ, dựa trên giá trị của hàm đó tại một số điểm đã biết. Nội suy được sử dụng phổ biến trong các lĩnh vực như khoa học máy tính, kỹ thuật,

tài chính và nhiều ngành khác khi cần dự đoán hoặc ước lượng dữ liệu.

Nội suy tuyến tính là phương pháp đơn giản nhất, sử dụng đoạn thẳng để nối hai điểm dữ liệu và ước lượng giá trị tại điểm bất kỳ trên đoạn thẳng đó. Giả sử ta có hai điểm dữ liệu (x_0, y_0) và (x_1, y_1) . Cần ước lượng giá trị y tại điểm x bất kỳ giữa x_0 và x_1 . Công thức nội suy tuyến tính là:

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \cdot (x - x_0) \quad (1)$$

Nội suy tuyến tính thực hiện dễ, tính toán nhanh nhưng độ chính xác không cao nên phù hợp với bài toán đơn giản và tốc độ cao, hàm số ít thay đổi phức tạp giữa các điểm dữ liệu.

Trường hợp cần độ chính xác cao cho các bài toán phức tạp, quỹ đạo các điểm dữ liệu dạng cung tròn thì sử dụng phương pháp nội suy đường tròn sẽ hiệu quả hơn, cho dù tính toán phức tạp hơn.

Nội suy đường tròn là phương pháp nội suy dùng để ước lượng các điểm nằm trên hoặc gần một đường tròn dựa trên một số điểm đã biết. Đây là một kỹ thuật quan trọng trong các ứng dụng như thiết kế đồ họa, máy gia công CNC, và phân tích quỹ đạo.

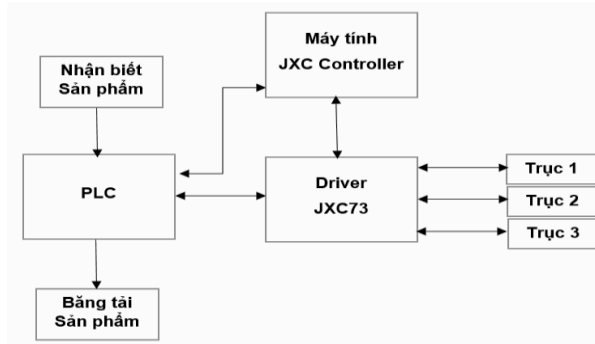
2.2. Thiết kế sơ đồ khối hệ thống

Hệ thống nghiên cứu thử nghiệm với bộ xy lanh điện đa trục, bao gồm bộ Driver JXC (SMC Corporation et al., 2019) và các xy lanh điện, theo các trường hợp sau:

- Cấu hình và thử nghiệm các tính năng hoạt động của hệ thống trên phần mềm JXC Controller. Với yêu cầu này, ta chỉ cần kết nối Driver JXC73 và máy tính có cài phần mềm. Từ đó thực hiện cấu hình và vận hành các trục trực tiếp trên phần mềm.

- Chạy thử nghiệm qua kết nối phần cứng và lập trình PLC điều khiển các trục. Với yêu cầu chạy thử nghiệm có lập trình PLC điều khiển các trục, ta cần sử dụng thêm một bộ PLC có các ngõ vào ra để kết nối với Driver JXC73.

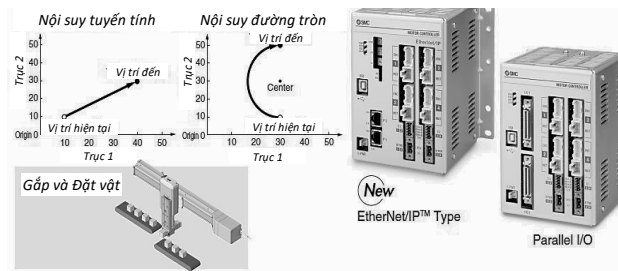
- Thực hiện mô hình ứng dụng Hệ thống sắp xếp sản phẩm, điều khiển phối hợp 3 trục để gắp 6 loại sản phẩm đặt vào 6 vị trí khác nhau. Lúc này, ngoài các chức năng lập trình PLC còn cần thêm các cảm biến và cơ cấu chấp hành cho hệ thống. Ngoài ra PLC còn kết nối với máy tính thực hiện chức năng điều khiển và giám sát trên giao diện SCADA như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống

2.3. Tính toán chọn thiết bị

Thiết bị nghiên cứu chính là bộ Driver JXC73 có nhiệm vụ điều khiển các trục 1, 2, 3. Đây là các thiết bị hỗ trợ từ công ty SMC Việt Nam cho nghiên cứu này như Hình 2.



Hình 2. Driver JXC73

Trục 1 và 2 được phối hợp điều khiển nội suy để di chuyển sản phẩm. Trục 3 được gắn với mâm xoay để thay đổi vị trí đặt sản phẩm.

Áp dụng nội suy tuyến tính trong điều khiển hai trục xy lanh điện. Dựa trên vận tốc trung bình tham chiếu cho trước, trong không gian (x,y,z) , ta sẽ tính toán vận tốc trục z và trục y để di chuyển từ điểm $A(x_1, y_1, z_1)$ đến điểm $B(x_2, y_2, z_2)$ như Hình 3.

Khoảng cách từ tọa độ điểm $A(x_1, y_1, z_1)$ đến tọa độ điểm $B(x_2, y_2, z_2)$ là:

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (2)$$

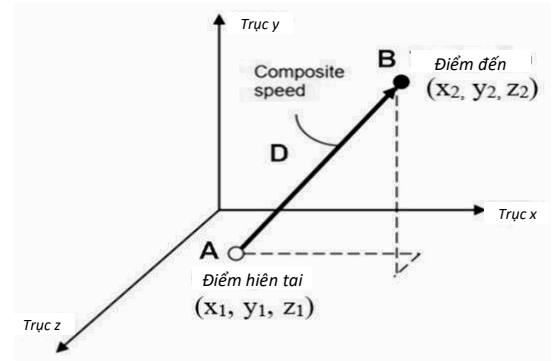
Gọi v_{xy} là vận tốc trung bình di chuyển trên cả quỹ đạo tuyến tính chọn trước, ta tính được:

Vận tốc trên trục x là:

$$v_x = \frac{x_2 - x_1}{D} \cdot v_{xy} \quad (3)$$

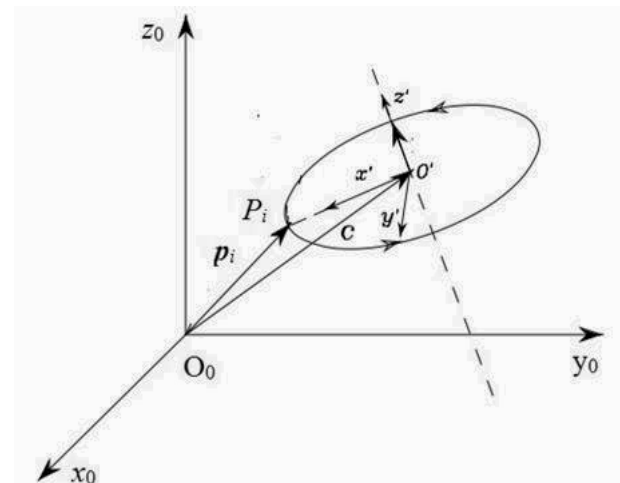
Vận tốc trên trục y là:

$$v_y = \frac{y_2 - y_1}{D} \cdot v_{xy} \quad (4)$$



Hình 3. Nội suy tuyến tính (Zeng et al., 2016)

Để tính toán nội suy đường tròn, ta giả định quỹ đạo trong không gian là vòng tròn tâm O' bán kính r . Vị trí O' trong hệ tọa độ tham chiếu là $c = O_0O'$. Gán vòng tròn hệ tọa độ $O'x'y'z'$, trục z' thẳng góc mặt phẳng vòng tròn và đi qua tâm vòng tròn. Gọi P là điểm trên vòng tròn, s là chiều dài cung tính từ điểm ban đầu P_i , p_i là tọa độ của P_i . Theo Hình 4.



Hình 4. Nội suy đường tròn (Đỗ Văn Căn, Nguyễn Phùng Quang, 2015)

Biểu diễn tọa độ của điểm P theo s:

$$p' = \begin{bmatrix} r \times \cos\left(\frac{s}{r}\right) \\ r \times \sin\left(\frac{s}{r}\right) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Gọi R là ma trận hướng của hệ $O'x'y'z'$ so với hệ $O0x0y0z0$. Ta có:

$$p = c + R.p' \quad (6)$$

Suy ra:

$$p = c + R \begin{bmatrix} r \cos\left(\frac{s(t)}{r}\right) \\ r \sin\left(\frac{s(t)}{r}\right) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Như vậy ta đã biểu diễn được vị trí một điểm trên vòng tròn theo tham số $s(t)$ là chiều dài cung tròn.

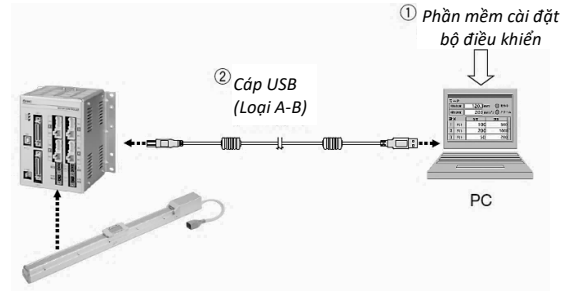
Gọi $\eta(t)$ là góc quay (tính theo rad), ta có:

$$s(t) = r.\eta(t) \quad (8)$$

Suy ra:

$$p = c + R \begin{bmatrix} r \cos\left(\frac{\eta(t)}{r}\right) \\ r \sin\left(\frac{\eta(t)}{r}\right) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Để thử nghiệm cài đặt tham số và vận hành Driver JXC73 trên phần mềm máy tính, cài đặt phần mềm JXC Controller, sau đó sử dụng cáp USB kết nối thiết bị thử nghiệm. Theo hình 5.

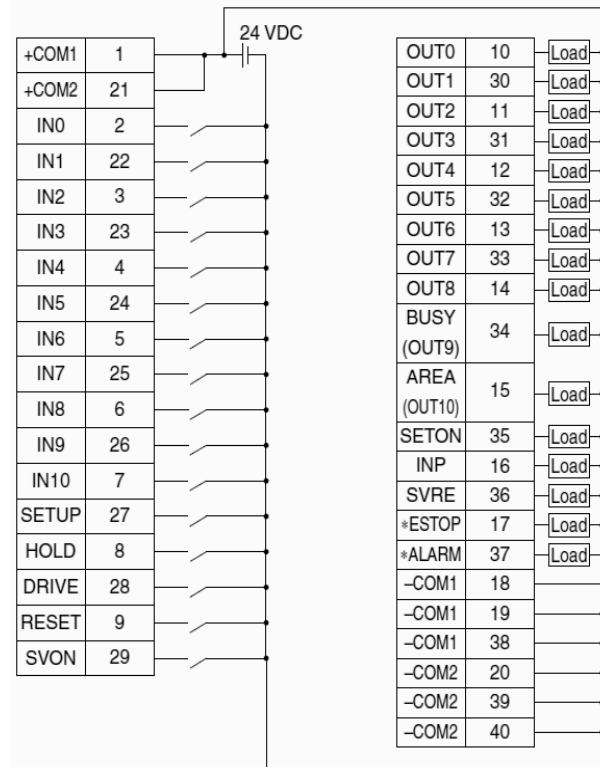


Hình 5. Điều khiển các trục trên máy tính

Để kết nối Driver JXC73 với PLC, cần phải sử dụng các chân vào ra trên Driver. Hình 6.

Các ngõ vào (các chân 1, 21,... 29) thực hiện chức năng điều khiển hoạt động của Driver và nhận tổ hợp bit xác định tọa độ cho các trục. Các ngõ vào nhận tín hiệu tích cực mức 0. Chức năng ngõ vào mô tả trong bảng 1.

Các ngõ ra (các chân 10, 30, ..., 40) báo trạng thái hoạt động của Driver và phản hồi vị trí tọa độ thực tế của các trục. Các ngõ ra xuất tín hiệu mức 0. Chức năng ngõ ra mô tả trong bảng 2.



Hình 6. Các chân vào ra trên Driver JXC

Bảng 1. Chức năng các ngõ vào Driver

Tên	Chi tiết
+COM1 +COM2	Kết nối nguồn 24V cho tín hiệu ngõ vào và ngõ ra
IN0 đến IN8	Số Bit xác định dữ liệu các bước (Tiêu chuẩn: Khi 512 điểm được dùng)
IN9 IN10	Số Bit mở rộng xác định dữ liệu các bước (Mở rộng: Khi 2048 điểm được dùng)
Setup	Lệnh trở về điểm gốc
HOLD	Dừng tạm thời
DRIVE	Lệnh chạy
RESET	Xóa cảnh báo và ngắt hoạt động
SVON	Lệnh Servo ON

Bảng 2. Chức năng các ngõ ra Driver

Tên	Chi tiết
OUT0 đến OUT8	Báo số bước dữ liệu trong lúc hoạt động
BUSY (OUT9)	Báo trạng thái đang hoạt động của cơ cấu chấp hành
AREA (OUT10)	Báo các cơ cấu chấp hành đang trong vùng hoạt động
SETON	Báo các cơ cấu chấp hành đã về vị trí gốc
INP	Báo khi hoạt động hoặc tăng cường của các cơ cấu chấp hành đã xong
SVRE	Báo khi Servo ở trạng thái ON
ESTOP	Không có tín hiệu ra khi dừng EMG
ALARM	Không có tín hiệu ra khi có cảnh báo
- COM1	Kết nối nguồn 0V cho tín hiệu ngõ vào và ngõ ra
- COM2	

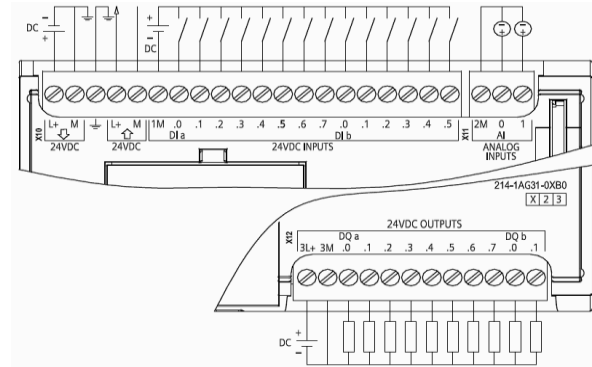
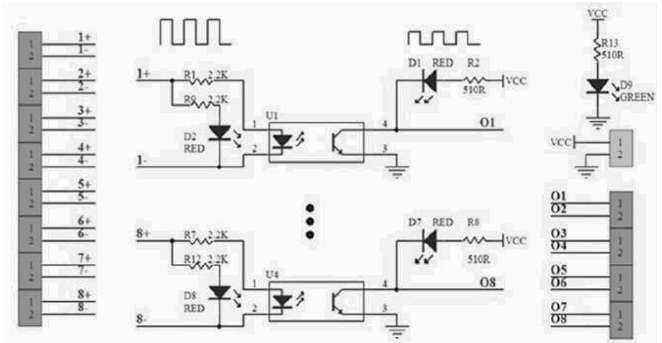
Có thể chọn tùy ý một PLC có các ngõ vào ra kết nối được với Driver JXC73 theo hình 6. Nghiên cứu thử nghiệm với hai dòng PLC nhỏ gọn, phổ biến hiện nay là PLC Mitsubishi CPU FX5U hoặc PLC Siemens CPU S7-1200 DC/DC/DC.

Với CPU FX5U 32MT/ES có 16 ngõ vào có thể kết nối Sinking/ Sourcing và 16 ngõ ra tích cực thấp, nên PLC này có thể kết nối trực tiếp với ngõ vào ra của Driver JXC.

Với PLC trong hình 7, loại S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC có 14 ngõ vào có thể kết nối Sinking/ Sourcing và 10 ngõ ra tích cực cao. Các ngõ ra mức cao của PLC S7-1200 không phù hợp với tín hiệu tích cực mức thấp của Driver JXC nên cần chọn thêm bộ chuyển đổi tín hiệu từ mức cao sang mức thấp cho phù hợp.

Chọn Board VCN08N chuyển đổi 8 kênh từ mức cao sang mức thấp. Theo hình 8.

Sử dụng PLC S7-1200 và bộ chuyển đổi VCN08 hệ thống nghiên cứu có tính tổng quát.

**Hình 7.** Sơ đồ chân CPU 1214C DC/DC/DC**Hình 8.** Sơ đồ chân Board VCN08

Theo giả định, mô hình sẽ nhận biết 6 loại sản phẩm và điều khiển phối hợp hai trục x, y để di chuyển đầu hút lấy từng loại sản phẩm đặt vào từng vị trí khác nhau trên mâm xoay.

Có thể chọn sử dụng các cảm biến có khả năng phân biệt nhiều loại sản phẩm khác nhau:

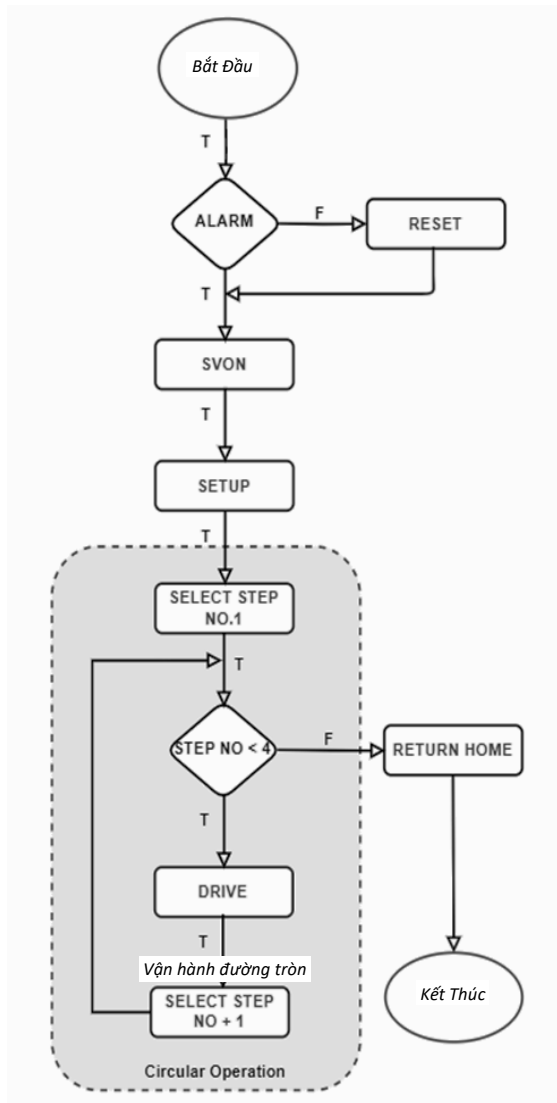
Cảm biến Loadcell phân loại khối lượng.

Cảm biến Vision phân loại theo màu sắc.

Camera kết hợp xử lý hình ảnh phân loại theo hình dạng, màu sắc.

Tuy nhiên mục tiêu của đề tài tập trung vào điều khiển vị trí cho các bộ xy lanh điện, nên đơn giản, chỉ chọn một cảm biến quang nhận biết có sản phẩm đến đúng vị trí trên băng tải. Mỗi lần có sản phẩm đến coi như là nhận dạng được một loại sản phẩm khác nhau.

2.4. Thiết kế lưu đồ điều khiển



Hình 9. Lưu đồ điều khiển thử nghiệm các trục

Lưu đồ điều khiển được thiết kế cho chương trình của PLC theo hai trường hợp.

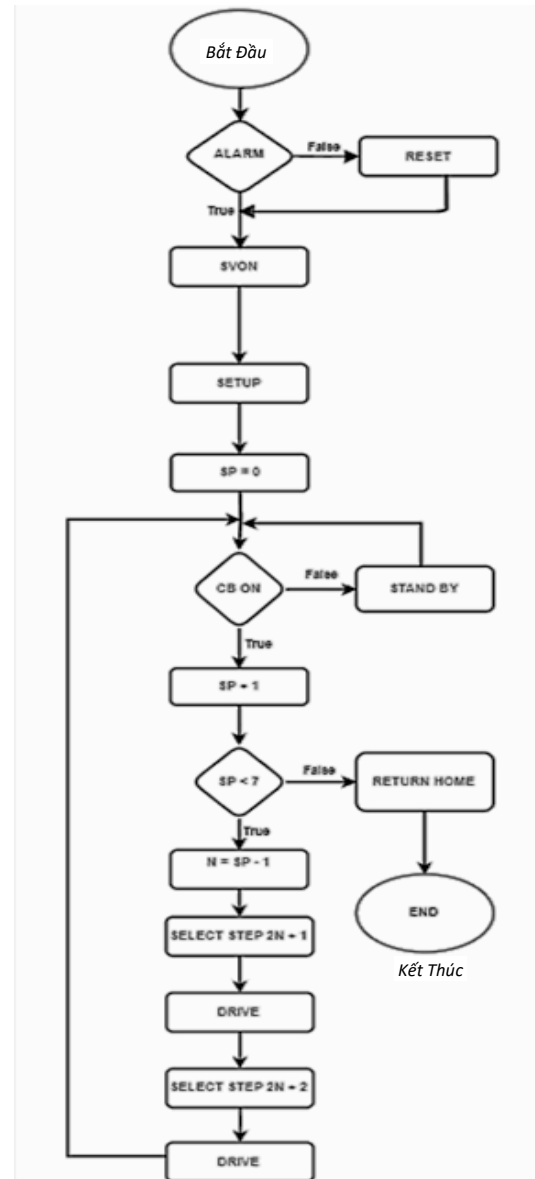
- Trường hợp chỉ thử nghiệm hoạt động vận hành các trục của bộ xy lanh điện đa trục. Theo hình 9. Yêu cầu bao gồm:

* Nhận biết cảnh báo lỗi qua tín hiệu Alarm từ Driver JXC báo về PLC.

* Các trục về vị trí gốc Home.

* Các trục di chuyển đến các tọa độ xác định trước.

* Thực hiện theo hai phương pháp nội suy tuyến tính và nội suy vòng tròn.



Hình 10. Lưu đồ điều khiển sắp xếp sản phẩm

- Trường hợp thực hiện điều khiển các trục trên mô hình phân loại và sắp đặt sản phẩm. Theo hình 10. Yêu cầu bao gồm:

* Các tính năng theo yêu cầu thử nghiệm trên PLC cho hoạt động các trục.

* Khi cảm biến nhận biết có sản phẩm đến, cơ cấu sẽ di chuyển tay gấp đến đúng vị trí có sản phẩm. Có 6 vị trí khác nhau cho 6 loại sản phẩm.

* Mỗi loại sản phẩm sẽ được di chuyển đến một vị trí khác nhau trên mâm xoay. Có 6 vị trí khác nhau để đặt 6 loại sản phẩm. Cần đồng bộ vị trí tay gấp với vị trí mâm xoay.

* Sắp xếp đủ 6 loại sản phẩm thì cơ cấu di chuyển đầu hút và mâm xoay trở về vị trí ban đầu Home.

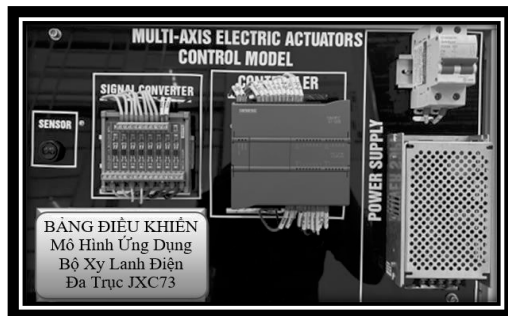
Sử dụng phần mềm JXC Controller đặt trước tọa độ cho 13 vị trí cho bộ Driver JXC. Bao gồm vị trí Home, vị trí cho 6 loại sản phẩm đến và 6 vị trí đặt sản phẩm trên mâm xoay.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình hệ thống

Mô hình thử nghiệm được thực hiện bao gồm các thiết bị tài trợ từ công ty SMC Việt Nam và bảng điện điều khiển PLC S7-1200.

Ngoài các thiết bị trên, một bảng điện điều khiển sử dụng PLC S7-1200 được lắp đặt để giao tiếp tín hiệu với Driver JXC, Board VCN08 chuyển đổi tín hiệu. Theo hình 11.

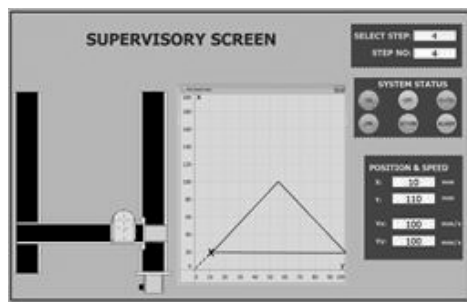


Hình 11. Bảng điều khiển PLC S7-1200

3.2. Giao diện giám sát và điều khiển

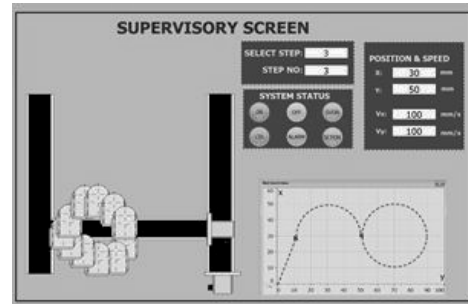
Để thuận tiện trong vận hành và giám sát hệ thống, giao diện SCADA cũng được thiết kế.

Khi cho các trục 1 và trục 2 chạy theo nội suy tuyến tính sẽ làm đầu hút di chuyển trên quỹ đạo tam giác, giao diện SCADA vẽ ra được kết quả vận hành này trên hình 12.



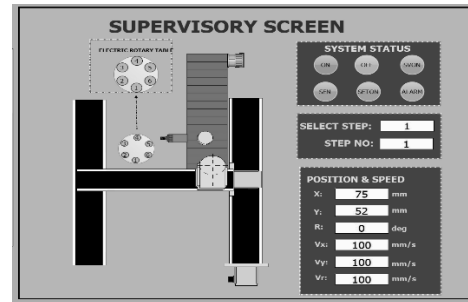
Hình 12. Hình ảnh hiển thị điều khiển nội suy tuyến tính

Khi cho các trục 1 và trục 2 chạy theo nội suy vòng tròn sẽ làm đầu hút di chuyển trên quỹ đạo các cung tròn, giao diện SCADA vẽ ra được kết quả vận hành này trên hình 13.



Hình 13. Hình ảnh hiển thị điều khiển nội suy đường tròn

Khi thử nghiệm nhận biết và sắp xếp sản phẩm vào các vị trí trên mâm xoay, giao diện SCADA hiển thị được hoạt động của các trục.



Hình 14. Hình ảnh hiển thị điều khiển vị trí

3.3. Kết quả vận hành

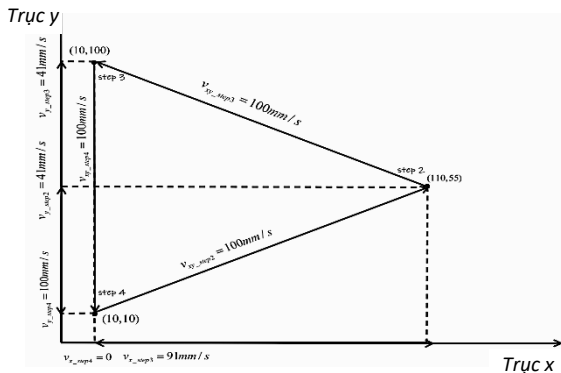
Mô hình được vận hành thử nghiệm theo nhiều chế độ hoạt động khác nhau, đáp ứng yêu cầu đa dạng trong các ứng dụng di chuyển các trục theo quỹ đạo xác định trước.

- Điều khiển trục theo nội suy tuyến tính:

Driver JXC gửi tín hiệu điều khiển các trục di chuyển theo một đường thẳng từ vị trí hiện tại đến các điểm kế tiếp theo tọa độ đã cài đặt trước. Mỗi Step thứ i sẽ quy định tọa độ các trục tại điểm thứ i tương ứng. Cụ thể gồm:

Step 0, các trục ở tọa độ ($x=0, y=0$). Tiếp theo ở Step 1, các trục sẽ di chuyển đến tọa độ (10,10) với tốc độ 100 mm/s. Tương tự với Step 2, các trục sẽ di chuyển đến tọa độ (110,55) theo chế độ nội suy tuyến tính. Step 3, các trục sẽ di chuyển đến tọa độ (10,100). Step 4, các trục sẽ di chuyển đến tọa độ (10,10).

Với các tọa độ và nội suy đặt ở các vị trí theo Step 2, Step 3, Step 4 ta có thể tạo ra quỹ đạo hình tam giác với chế độ nội suy tuyến tính.



Hình 15. Quỹ đạo và tốc độ di chuyển trục x và y

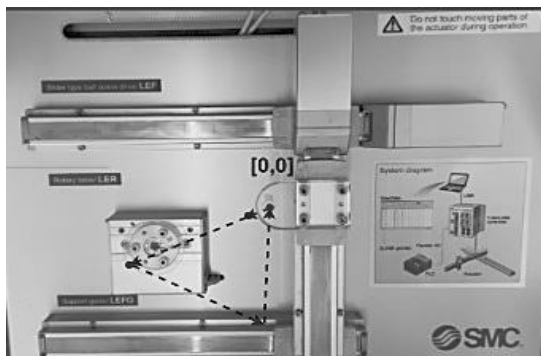
Thực hiện điều khiển trên các xy lanh điện trục x và y, cần cài đặt tham số theo bảng 3.

Bảng 3. Cài đặt tham số nội suy tuyến tính

Step No.	Axis	Movement mode	Speed mm/s	Position mm	Acceleration mm/s ²	Deceleration mm/s ²	PushingSelection	Area 1 mm	Area 2 mm
0	Axis 1	ABS	100	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 2	ABS	100	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 3		420	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 4		500	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
1	Axis 1	ABS	100	10.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 2	ABS	100	10.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 3		420	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 4		500	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
2	Axis 1	LIN-A	100	110.00	1000	1000		0.00	0.00
	Axis 2	LIN-A		55.00				0.00	0.00
	Axis 3			0.00				0.00	0.00
	Axis 4			0.00				0.00	0.00
3	Axis 1	LIN-A	100	10.00	1000	1000		0.00	0.00
	Axis 2	LIN-A		100.00				0.00	0.00
	Axis 3			0.00				0.00	0.00
	Axis 4			0.00				0.00	0.00
4	Axis 1	LIN-A	100	10.00	1000	1000		0.00	0.00
	Axis 2	LIN-A		10.00				0.00	0.00
	Axis 3			0.00				0.00	0.00
	Axis 4			0.00				0.00	0.00

Kết quả đạt được trên các trục x và y sẽ làm cho cơ cấu di chuyển trên quỹ đạo tam giác như hình 16.

Việc tạo sẵn tọa độ các điểm và áp dụng nội suy tuyến tính trên các trục làm cho cơ cấu di chuyển nhanh và chính xác, xử lý đơn giản.



Hình 16. Kết quả nội suy tuyến tính trục x và y

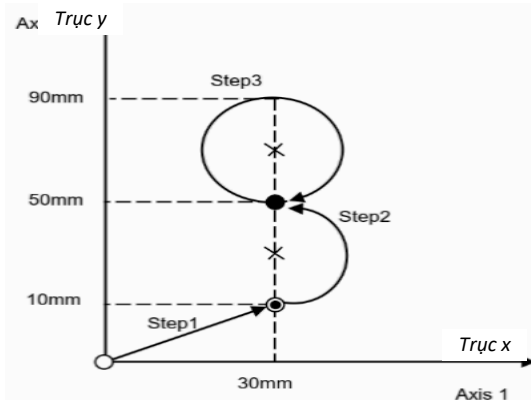
- Điều khiển trục theo nội suy đường tròn:

Nội suy đường tròn vận hành dựa trên việc di chuyển đồng thời 2 trục x và y theo đường tròn có bán kính và tâm được xác định trước đó. Hệ thống sẽ tự động tính toán và điều khiển các trục động cơ để di chuyển đồng thời trên hai trục x và y sao cho điểm điều khiển sẽ đi theo đường tròn. Cài đặt các tham số theo Bảng 4.

Bảng 4. Cài đặt tham số nội suy đường tròn

Step No.	Axis	Movement mode	Speed mm/s	Position mm	Acceleration mm/s ²	Deceleration mm/s ²	PushingSelection	Area 1 mm	Area 2 mm
0	Axis 1	ABS	100	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 2	ABS	100	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 3		420	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 4		500	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
1	Axis 1	ABS	100	30.00	1000	1000	0	0.00	0.00
	Axis 2	ABS	100	10.00	1000	1000	0	0.00	0.00
	Axis 3		500	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
	Axis 4		500	0.00	3000	3000	0	0.00	0.00
2	Axis 1	CR-L	100	0.00	1000	1000		0.00	0.00
	Axis 2	CR-L		40.00				0.00	0.00
	Axis 3			0.00				0.00	0.00
	Axis 4			20.00				0.00	0.00
3	Axis 1	CR-R	100	0.00	1000	1000		0.00	0.00
	Axis 2	CR-R		0.00				0.00	0.00
	Axis 3			0.00				0.00	0.00
	Axis 4			20.00				0.00	0.00

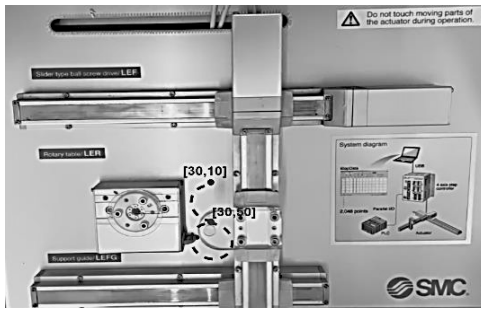
Kết quả quỹ đạo phối hợp giữa trục x và y phương pháp nội suy đường tròn như hình 17.



Hình 17. Quỹ đạo đường tròn phối hợp trục x và y

Từ điểm gốc, cơ cấu di chuyển tuyến tính đến điểm trên đường tròn, sau đó di chuyển trên các đường tròn khác nhau. Có thể chọn lần lượt các phương pháp nội suy khi cấu hình chuyển động theo ABS hay CR-L, CR-R. Việc điều khiển đơn giản, đáp ứng hệ thống nhanh chóng.

Kết quả đạt được trên các trục x và y sẽ tạo ra quỹ đạo đường tròn như hình 18.



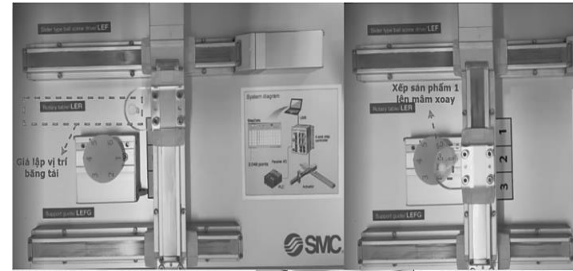
Hình 18. Kết quả nội suy đường tròn trục x và y

- Điều khiển sắp xếp sản phẩm lên 6 vị trí trên mâm xoay:

Để phân loại sản phẩm theo tác động cảm biến, cần thêm một cảm biến đưa tín hiệu về PLC để giả lập nhận dạng từng loại sản phẩm.

Cần cài đặt tham số Driver để di chuyển các trục theo yêu cầu phân loại sản phẩm. Cụ thể là đi đến 6 vị trí gấp sản phẩm rồi đặt vào 6 vị trí trên mâm xoay. Tham số cho 13 điểm, bao gồm 1 điểm Home và 6 điểm gấp sản phẩm và 6 điểm đặt sản phẩm. Theo bảng 5.

Kết quả áp dụng vào các trục trên bảng thiết bị. Mỗi lần cảm biến tác động, trục x và y sẽ phối hợp di chuyển đến một vị trí tương ứng để lấy sản phẩm, sau đó tiếp tục di chuyển đến một vị trí trên mâm xoay để đặt sản phẩm.



Hình 19. Kết quả sắp xếp sản phẩm

Trong thử nghiệm này, tốc độ các xy lanh điện được chọn thay đổi từ 100 mm/s lên 300 mm/s thì hệ thống vẫn đáp ứng được. Tuy nhiên vẫn có một vài trường hợp bị lệch vị trí. Vấn đề này liên quan đến moment tải và tốc độ của các động cơ bước trong xy lanh điện, ảnh hưởng trượt bước trên trục động cơ. Do đó đối với các ứng dụng tải lớn cần được nghiên cứu thêm

Bảng 5. Cài đặt tham số sắp xếp sản phẩm

Step No.	Axis	Movement mode	Speed mm/s	Position mm	Acceleration mm/s ²	Deceleration mm/s ²
0	Axis 1	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	500	0.00	3000	3000
1	Axis 1	ABS	300	50.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000
2	Axis 1	ABS	300	75.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	52.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000
3	Axis 1	ABS	300	50.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	60.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000
4	Axis 1	ABS	300	75.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	52.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	60.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000
5	Axis 1	ABS	300	50.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	120.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000
6	Axis 1	ABS	300	75.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	52.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	120.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000
7	Axis 1	ABS	300	50.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	180.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	500	0.00	3000	3000
8	Axis 1	ABS	300	75.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	52.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	180.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000
9	Axis 1	ABS	300	50.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	240.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	500	0.00	3000	3000
10	Axis 1	ABS	300	75.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	52.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	240.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000
11	Axis 1	ABS	300	50.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	0.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	300.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	500	0.00	3000	3000
12	Axis 1	ABS	300	75.00	3000	3000
	Axis 2	ABS	300	52.00	3000	3000
	Axis 3	ABS	300	300.00	3000	3000
	Axis 4	ABS	200	0.00	3000	3000

4. KẾT LUẬN

Một nghiên cứu thực nghiệm về điều khiển chính xác vị trí các trục xy lanh điện, theo phương pháp nội suy tuyến tính và nội suy đường tròn đã được thực hiện. Bộ điều khiển lập trình PLC S7-1200 và bộ xy lanh điện đa trục SMC JXC73 đã được sử dụng. Một số kết quả đạt được như sau: cài đặt, vận hành nội suy tuyến tính và nội suy đường tròn các trục x và trục y. Áp dụng các phương pháp nội suy vào mô hình sắp xếp sản phẩm. Các trục x và y phối hợp di chuyển chính xác, nhanh chóng đến 6 vị trí khác nhau để gắp sản phẩm, sau đó di chuyển đến 6 vị trí khác tương ứng để sắp đặt sản phẩm. Giao diện SCADA cũng được thực hiện làm tăng hiệu quả điều khiển và giám sát.

Kết quả nghiên cứu này có thể vận dụng trong một số ứng dụng điều khiển vị trí thay thế cho các hệ điều khiển chuyển động phức tạp.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo này là sản phẩm thuộc đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường năm 2023, mã số đề tài T2023-41, được cấp kinh phí bởi trường ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM. Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM đã tạo mọi điều kiện để hoàn thành đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Carducci, G., Foglia, M., Gentile, A., Giannoccaro, N. I., & Messina, A. (2004). Pneumatic robotic arm controlled by on-off valves for automatic harvesting based on vision localisation. *2004 IEEE International Conference on Industrial Technology. IEEE ICIT '04.*, 2, 1017-1022 Vol. 2. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2004.1490216>
- Đỗ Văn Cần, Nguyễn Phùng Quang, Đ. Q. V. (2015). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ ĐH Đà Nẵng*, số 11, 8-12.
- Giang, L. H., & Minh, N. T. H. (2013). *Giáo trình công nghệ thủy lực và khí nén (phần khí nén)*. NXB Đại học Quốc gia Tp.HCM.
- Jamian, S., Salim, S. N. S., Kamarudin, M. N., Zainon, M., Syed Mohamad, M. S., Abdullah, L., & Hanafiah, M. A. M. (2020). Review on controller design in pneumatic actuator drive system. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, Vol. 18, Issue 1, pp. 332–342. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.V18I1.12626>
- Nguyễn Tấn , Đồi, Phùng Sơn , T., Trần Vi , Đô, Huỳnh Trần Quốc , K., Hoàng Phi , T., Nguyễn Hào Lưu , B., Nguyễn Thanh , D., & Huỳnh Minh, M. (2023). Một nghiên cứu thực nghiệm ứng dụng cánh tay robot khí nén trong hệ thống phân loại tự động theo màu sắc. *Tạp Chí Khoa Học Trường Đại Học Tiền Giang*, 13, 38–44.
- SMC Corporation. (2019). 4-Axis Step Motor Controller. Operation Manual. <https://www.smcworld.com/upfiles/manual/en-jp/files/SFOD-OMT0010.pdf>
- Sughashini, K. R., Sunanthini, V., Johnsi, J., Nagalakshmi, R., & Sudha, R. (2021). A pneumatic robot arm for sorting of objects with chromatic sensor module. *Materials Today: Proceedings*, 45, 6364–6368. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.936>
- Zeng, M., Zhang, Y., & Huang, J. (2016). *A New Linear Interpolation Algorithm*. <https://doi.org/10.2991/iccia-16.2016.17>

A RESEARCH ON APPLICATION OF MULTI-AXIS
INTERPOLATION METHOD IN POSITION-BASED MOTION
CONTROL

Nguyen Tan Doi^{1*}, Nguyen Le Tan Tai¹

¹Ho Chi Minh City University of Technology and Education

*Corresponding author: Nguyen Tan Doi, doint@hcmute.edu.vn

GENERAL INFORMATION

Received date: 02/07/2024

Revised date: 16/07/2024

Accepted date: 27/07/2024

KEYWORD

*Programmable Logic
Controller;
Multi-axis electric cylinder;
Motion control;
Multi-axis interpolatio.*

ABSTRACT

Controlling mechanisms in an accuracy system has been investigated in many recent studies. The coordination of synchronous movements of many mechanisms in a system, called ‘Motion Control’. This coordination creates a system that moves smoothly with high speed and precision. Current control systems use complex and high-cost equipment. In this study, a simple solution for precise position control is presented, applying interpolation methods on the JXC73 multi-axis cylinder set. The PLC programming controller connected to the JXC73 controls the electric cylinders by linear interpolation and circular interpolation to accurately put the product into different positions. Experimental results show that with shaft speeds below 100 mm/s, complete accuracy is achieved. When the speed increases higher, there will be some misalignment cases. In addition, the SCADA interface is used to make controlling and monitoring the model easier. Using the JXC73 multi-axis controller simplifies the coordinated control of motion axes without increasing errors, helping to reduce equipment usage costs.