

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG AC SERVO MITSUBISHI TRONG ĐIỀU KHIỂN CHUYỂN ĐỘNG KHỚP ROBOT CÔNG NGHIỆP

RESEARCH APPLICATION OF AC SERVO MITSUBISHI IN CONTROLLING CONTROL OF INDUSTRIAL ROBOT

Hoàng Văn Tùng¹, Lưu Văn Vui¹, Phạm Công Tĩnh¹,
Đặng Quang Trọng¹, Nguyễn Văn Bình¹, Nguyễn Đức Quang^{2,*}

TÓM TẮT

Động cơ AC servo và bộ Driver Mitsubishi, dòng MR-J2S-A là hệ thống điều khiển định vị thay thế cho hệ thống điều khiển vị trí bằng động cơ bước (động cơ step) truyền thống. Ưu điểm của hệ thống dùng động cơ AC servo là có momen lớn, đáp ứng nhanh, điều khiển vị trí với độ tin cậy và chính xác cao. Ngoài ra, hệ thống còn được hỗ trợ rất tốt khi kết nối với máy tính, PLC và màn hình giao diện HMI. Việc nghiên cứu và khai thác hệ thống AC Servo Mitsubishi kết hợp điều khiển lập trình sử dụng PLC rất cần thiết cho mục tiêu điều khiển chuyển động khớp Robot công nghiệp để áp dụng vào thực tiễn.

Từ khóa: Động cơ AC Servo, điều khiển lập trình, điều khiển vị trí.

ABSTRACT

The Mitsubishi AC Servo Motor and Driver, MR-J2S-A series is the position control system which is replaced for the position control system using the traditional stepper motor drive systems. The advantages of the AC servo motor system are high torque, fast response time, high reliability, high precision position control. In addition, the system is also very well supported by connecting the computer, PLC and display interface human machine. The research and exploitation of Mitsubishi AC Servo controller system combines with programmable logic controller PLC that is essential to serve on the goal of teaching the subject of Robot techniques, Electrical Drives and Process technology automation. Besides, this document is also necessary to service human resource training, improve skills in businesses.

Keywords: AC Servo Motor, PLC, Servo Driver.

¹Lớp TĐH3 - K11, Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: ducquangtdh@gmail.com

KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
Pb	mm	Chiều dài dịch chuyển của trục vít
n	const	Tỷ số truyền của hộp số
Pt	pulse/rev	Độ phân giải của Servo Motor
Δl_0	mm/pulse	Độ dịch chuyển với 1 xung
ΔS	mm/rev	Độ dịch chuyển với 1 vòng quay động cơ
$\Delta \theta$	°/pulse	Góc quay tương ứng với 1 xung

$\Delta \theta$	°/rev	Góc quay tương ứng với 1 vòng động cơ
f	pulse/s	Tần số phát xung của PLC
N_0	r/min	Tốc độ Servo Motor

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống truyền động điều khiển vị trí là hệ thống được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp như cơ cấu truyền động cho robot, cơ cấu ăn dao máy gia công kim loại, máy cắt bao bì,... Tùy thuộc vào cơ cấu mà công suất truyền động nằm trong dải rộng từ vài chục W đến vài trăm kW.

Ứng dụng và phát triển phần mềm điều khiển AC Servo Mitsubishi vào điều khiển vị trí giúp hệ thống có momen lớn, đáp ứng nhanh, độ tin cậy và chính xác cao. Trong đào tạo, ứng dụng này có ý nghĩa rất lớn cho giảng dạy các học phần Kỹ thuật Robot, Truyền động điện và Tự động hóa quá trình công nghệ.

2. BỘ ĐIỀU KHIỂN SERVO DRIVER MR-J2S-A

Bộ điều khiển động cơ AC Servo MR-J2S-A là dòng sản phẩm cơ bản của hãng Mitsubishi. MR-J2S-A có khả năng điều khiển động cơ servo với tốc độ cao, độ chính xác, hiệu suất cao và cài đặt đơn giản.



Hình 1. Bộ Drive và AC Servo Motor Mitsubishi dòng MR-J2S-A

MR-J2S-A có thể cài đặt bằng cách sử dụng phần mềm MeIServo Setup161E hoặc Keypad trên Drive.

Servo Drive được điều khiển bằng thiết bị phát xung tần số cao như: Vi điều khiển, vi xử lý, các mạch chuyên dụng, PLC có kênh phát xung...

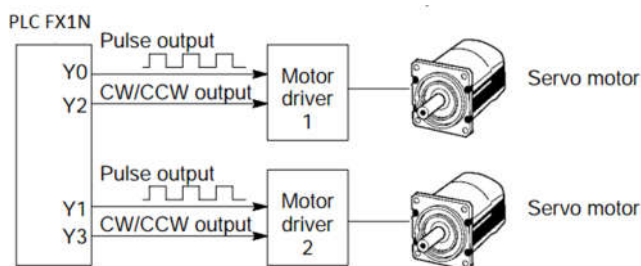
Tuy nhiên, phương án dùng PLC điều khiển Servo Drive có nhiều ưu điểm. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu đặc tính và phát triển phần mềm dùng PLC FX1N của Mitsubishi.

3. BỘ ĐIỀU KHIỂN LẬP TRÌNH PLC MITSUBISHI FX1N



Hình 2. Bộ PLC FX1N

Các bộ PLC của Mitsubishi có những đặc điểm phù hợp với ứng dụng riêng. Căn cứ vào những đặc điểm, người sử dụng lựa chọn cấu hình phù hợp. Trong điều khiển AC Servo, chúng ta sử dụng PLC có đầu ra Transistor FX1N-60MT.



Hình 3. Hai kênh phát xung của FX1N

FX1N có chức năng điều khiển vị trí với 6 bộ đếm tốc độ cao đến 60kHz, hai bộ phát xung đầu ra với tần số tối đa 100kHz. Điều này cho phép FX1N cùng lúc điều khiển hai động cơ servo hoặc điều khiển vị trí hai tọa độ độc lập.

4. LẬP TRÌNH CHO PLC FX1N ĐIỀU KHIỂN AC SERVO MR-J2S-A

4.1. Yêu cầu với điều khiển Servo Drive

Servo Drive có các chế độ điều khiển:

- *Điều khiển vị trí:* Động cơ quay một lượng xác định, truyền động cho cơ cấu di chuyển hoặc góc xoay. Ví dụ: máy gia công kim loại, robot công nghiệp,...

- *Điều khiển tốc độ:* Duy trì bám sát tốc độ được cài đặt. Ví dụ: Động bộ tốc độ của dao và sản phẩm trong máy cắt bao bì.

- *Điều khiển lực căng:* Ổn định lực căng tránh bị trùng hoặc đứt dây trong các máy kéo sợi, máy cán dây...

Trong điều khiển vị trí, ta cần lập trình phát xung tần số cao theo các luật được tính toán để Servo Drive khống chế động cơ làm việc theo yêu cầu công nghệ đặt ra.

Giả sử Servo có độ phân giải encoder là $2^{17} = 131072$ xung/vòng, để động cơ quay một vòng, PLC cần phát ra 131072 xung.

4.2. Các lệnh phát xung trong PLC Mitsubishi

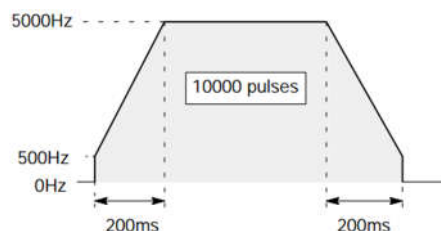
Các PLC hỗ trợ phát xung tốc độ cao thì ngõ ra phải là dạng Transistor, khi đó chúng ta sẽ có thể dùng các lệnh như sau:

PLSY: Phát xung vuông với tần số và số xung được đặt trong tham số lệnh.

Câu lệnh **PLSY D0 D1 Y000**

Với lệnh **PLSY** chúng ta chỉ có thể nạp giá 16 bit tối đa là 32767, để tăng số xung sử dụng lệnh cho thanh ghi 32bit **DPLSY**, giá trị tối đa là 2.147.483.647 xung.

PLSR: Phát xung vuông nhưng có thêm tham số hiệu chỉnh thời gian tăng và giảm tần số khi khởi động và kết thúc, chuyển động mềm hơn ở những tốc độ cao.



Hình 4. Phát xung dùng lệnh PLSR

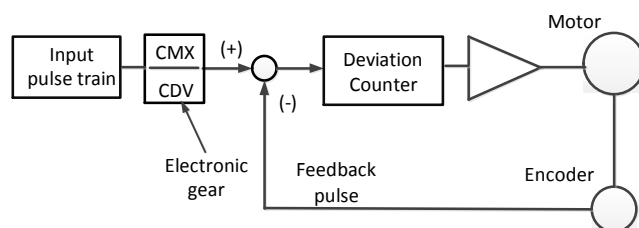
DRVI: Phát xung kèm lệnh đảo chiều theo giá trị +/- của xung. Lệnh này cũng cho phép hiệu chỉnh sườn dốc khi bắt đầu và chuẩn bị kết thúc lệnh. Mỗi lần phát xung, số xung được tính tương đối theo lệnh.

DRVA: Tương tự lệnh DRVI nhưng vị trí ban đầu được xác định tuyệt đối. Số xung sẽ lưu lại trong thanh ghi và xác định tuyệt đối so với điểm ban đầu.

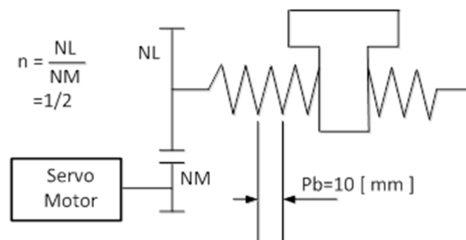
4.3. Tính toán và cài đặt hộp số điện tử

Hộp số điện tử (Electronic gear) được cài đặt thông qua hai tham số CMX và CDV giúp cơ cấu máy có thể dịch chuyển với bất kỳ hệ số xung đầu vào nào:

$$\frac{CMX}{CDV} = \frac{\text{Parameter No.3}}{\text{Parameter No.4}}$$



Hình 5. Sơ đồ cấu trúc hộp số điện tử



Hình 6. Nguyên lý truyền động từ Servo sang máy sản xuất

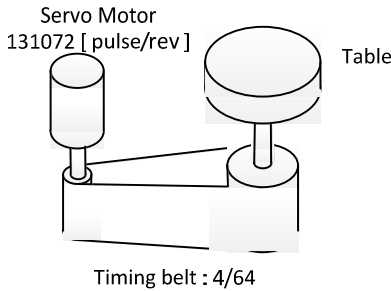
* Giả sử máy có thông số như hình 6, tính hệ số của hộp số điện tử để có khoảng dịch chuyển 10µm mỗi xung như sau:

$$\frac{CMX}{CDV} = \Delta l_0 \cdot \frac{Pt}{\Delta S} = \Delta l_0 \cdot \frac{Pt}{nPb}$$

$$= 10 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{131072}{1/2 \cdot 10} = \frac{262144}{1000} = \frac{32768}{125}$$

⇒ Cài đặt CMX = 32768 và CDV = 125.

Ví dụ cài đặt để chuyển động quay 0,01° mỗi xung:



Hình 7. Nguyên lý truyền động cơ cấu quay từ Servo sang máy sản xuất

Cách tính toán như sau:

Bàn quay 360°/vòng, n = 4/64

Servo có Pt = 131072 [xung /vòng]

$$\frac{CMX}{CDV} = \Delta \theta^\circ \cdot \frac{Pt}{\Delta \theta} = 0,01 \cdot \frac{131072}{4 / 64 \cdot 360} = \frac{65536}{1125}$$

Chọn $\frac{CMX}{CDV} \approx \frac{26214}{450}$

⇒ Cài đặt: CMX = 26214 và CDV = 450

+ Cài đặt hộp số điện tử để chọn tốc độ động cơ như sau:

$$f \cdot \frac{CMX}{CDV} = \frac{N_0}{60} \cdot Pt \Rightarrow \frac{CMX}{CDV} = \frac{N_0}{60} \cdot \frac{Pt}{f}$$

Ví dụ: Để tốc độ là 3000 vòng/phút ở tần số 200kHz, cài đặt như sau:

$$\frac{CMX}{CDV} = \frac{3000}{60} \cdot \frac{131072}{200 \cdot 10^3} = \frac{4096}{125}$$

⇒ Cài đặt CMX = 4096 và CDV = 125.

4.4. Bài toán điều khiển vị trí đa trục

Kỹ thuật điều khiển vị trí đa trục là kỹ thuật điều khiển phối hợp chuyển động giữa các trục, các trục này được dẫn động từ các động cơ AC Servo. Tùy theo yêu cầu công nghệ, số lượng các trục và động cơ Servo khác nhau. Đại lượng điều khiển các trục (lượng đặt φ_o) có ý nghĩa quan trọng. Thông thường φ_o là một hàm của thời gian, có thể là hàm nhảy cấp, hàm tuyến tính hoặc hàm tuyến tính từng đoạn theo thời gian, hàm parapol, hàm điều hòa.... Tùy thuộc vào lượng điều khiển ta có hệ truyền động điều khiển vị trí cho cơ cấu chuyển dịch và hệ truyền động điều khiển vị trí theo chế độ bám (hệ tùy động).

5. KIỂM NGHIỆM KẾT QUẢ

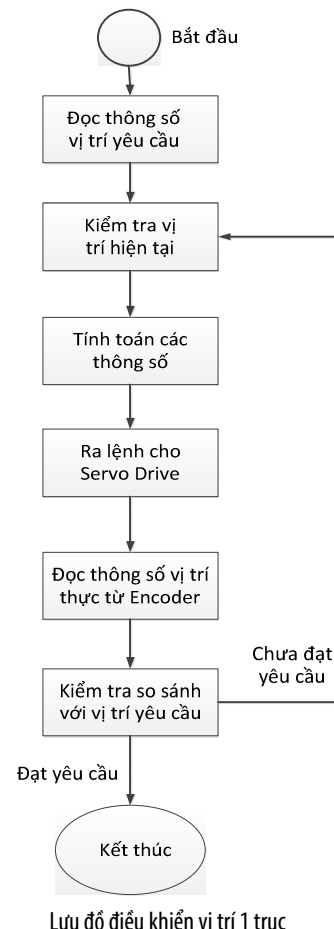
Mô hình thí nghiệm gồm các thiết bị sau: Máy tính PC, Khối nguồn 24VDC, Servo Drive MR-J2S-10A, động cơ Servo

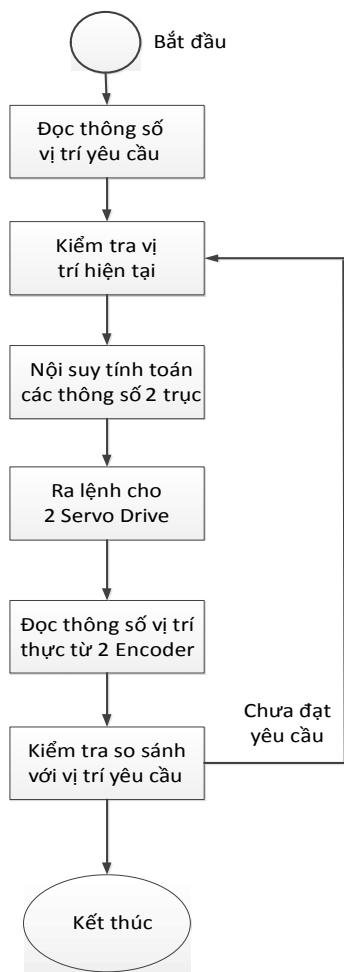
HC-KFS13, bộ PLC FX1N-60MT, màn hình cảm ứng HMI, mạch điều khiển phanh điện tử, cấp lập trình PLC, cáp kết nối PC-Servo, cáp kết nối HMI-PLC.

Thông số của Servo Drive MR-J2S-10A và động cơ HC-KFS13 dùng trong thí nghiệm như bảng 1.

Bảng 1. Thông số của Servo Drive MR-J2S-10A và động cơ HC-KFS13

TT	Thông số	Giá trị/ đặc tính	Đơn vị
1	Điện áp nguồn	3 pha 220 đến 230	VAC
2	Tần số	50	Hz
3	Dạng điện áp điều khiển	Sóng hàm sine điều chế PWM	
4	Phanh điện tử	Điều khiển bởi Drive	
5	Chế độ bảo vệ	Quá dòng, ngắn mạch, quá tải, quá nhiệt động cơ, quá tốc độ	
6	Tần số xung điều khiển lớn nhất	500	kHz
7	Hộp số điện tử	1 đến 65535	
8	Điện áp analog điều chỉnh tốc độ	0 đến 10	VDC
9	Tốc độ lớn nhất	3000	v/phút
10	Công suất động cơ	100	W
11	Điện áp động cơ	105	V
12	Dòng điện	0,9	A
13	Encoder	131072	Xung/vòng





Lưu đồ điều khiển vị trí 2 trục

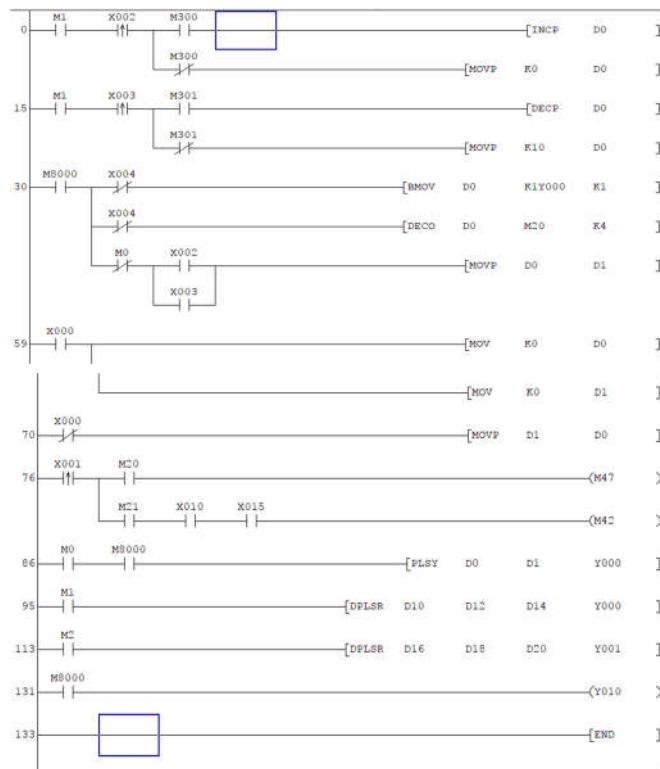
Hình 8. Lưu đồ thuật toán điều khiển vị trí 1 trục và 2 trục

Các thí nghiệm kiểm chứng

- ❖ Thí nghiệm 1: Thử nghiệm động cơ và cài đặt driver với PC và Keypad.
- ❖ Thí nghiệm 2: Điều khiển tốc độ động cơ AC Servo MR-J2S-A.
- ❖ Thí nghiệm 3: Điều chỉnh vị trí với AC Servo MR-J2S-A.
- ❖ Thí nghiệm 4: Điều khiển vị trí 1 trục với MR-J2S-A.
- ❖ Thí nghiệm 5: Điều khiển vị trí 2 trục với 2 MR-J2S-A.

Thuật toán điều khiển vị trí 1 trục và 2 trục được thể hiện theo lưu đồ hình 8.

Hình 9 là một đoạn chương trình viết cho PLC FX1N-60MT dùng phần mềm lập trình GX Developer trong thí nghiệm.



Hình 9. Một đoạn chương trình Ladder lập trình cho FX1N-60MT dùng GX Developer

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu việc ứng dụng AC Servo Mitsubishi trong điều khiển chuyển động khớp Robot công nghiệp. Việc nghiên cứu thành công hệ điều khiển hệ thống AC Servo Mitsubishi giúp nhóm tác giả nắm bắt được kiến thức về chuyên ngành tự động hóa, được cập nhật công nghệ mới gắn với thực tế sản xuất. Bên cạnh đó, đây cũng là tài liệu hữu ích phục vụ đào tạo kỹ thuật công nghệ, nâng cao trình độ chuyên môn cho các doanh nghiệp có nhu cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tạ Duy Liêm, 2001. *Hệ thống điều khiển số cho máy công cụ*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [2]. Nguyễn Mạnh Tiến, 2007. *Điều khiển Robot công nghiệp*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [3]. Mitsubishi Corporation, 2001. *pdf fp_programming_manual.pdf*.
- [4]. Mitsubishi Corporation, 2010. *MR-J2S-A_en.pdf*.
- [5]. Mitsubishi Corporation, 2009. *FX PLC Serial_manual.pdf*.