

ỨNG DỤNG PLC VÀ PHẦN MỀM STEP 7 MICRO WIN ĐỂ LẬP TRÌNH VÀ MÔ PHỎNG HOẠT ĐỘNG CỦA MÔ HÌNH TAY GẮP SẢN PHẨM SỬ DỤNG TRONG ĐÀO TẠO

USE PLC AND STEP 7 MICROWIN SOFTWARES TO PROGRAM AND SIMULATE THE OPERATION OF THE PRODUCT GRABBER MODEL IN TRAINING

Nguyễn Xuân Quỳnh^{1*}, Nguyễn Hữu Giang²,
Đinh Thị Hằng³, Nguyễn Đức Khoa², Phạm Thị Lan²

TÓM TẮT

Tay gấp sản phẩm là một yêu cầu cấp thiết trong công nghiệp nhằm thay thế cho con người, đặc biệt là di chuyển sản phẩm tới các vị trí khác nhau. Đã có nhiều mô hình có thể di chuyển các sản phẩm tới các vị trí khác nhau với các mục đích sang trái và phải hoặc lên cao và hạ xuống. Thiết kế và ứng dụng PLC (Programmable logic control) để điều khiển mô hình tay gấp sản phẩm là nội dung chính của bài báo. Mô hình bao gồm khối cơ khí và khối điều khiển. Để làm được công việc phức tạp này, nhóm tác giả sử dụng một hệ thống nhà phối kết hợp với đĩa quay và bốn cảm biến quang khác nhau. Bộ xử lý tín hiệu điều khiển của tay gấp này sử dụng PLC S7-200 CPU 224 thuộc họ PLC phổ biến của Siemens với nhiều tính năng ưu việt và giá thành rất tốt. Mặc dù là mô hình đơn giản nhưng nó có thể cho phép người học giải quyết được một số nội dung về điều khiển tự động. Đây là một trong những giải pháp quan trọng nhằm nâng cao chất lượng đào tạo.

Từ khóa: Điều khiển PLC, mô hình tay gấp sản phẩm, mô hình đào tạo.

ABSTRACT

Hand-held product is an urgent industrial requirement to replace the human being, especially moving the product to different positions with the goals left and right or up and down. The design and application of PLC (Programmable logic control) to control hand-held model is the main content of the article. Models include mechanical blocks and control blocks. To do this complicated work, the authors use an embryo release system in combination with a rotating disc and four different optical sensors. The controller of this hand-held signal controller from PLC S7- 200 CPU 224 belongs to the popular PLC family with many advanced features and very good price. Although it is a simple model, it can allow learners to solve some content about automatic control. This is one of the important solutions to improve the quality of training.

Keywords: PLC control, Models include mechanical blocks and control blocks.

¹Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trung tâm Việt - Nhật, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Khoa Điện, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

*Email: nxquynhhaui@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/5/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/7/2021

Ngày chấp nhận đăng: 27/12/2021

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, tay gấp sản phẩm là một công đoạn được sử dụng rất nhiều trong thực tế sản xuất. Khi chúng ta sử dụng trực tiếp con người, công việc này yêu cầu sức lao động và đòi hỏi sự tập trung cao và có tính lặp lại nên người thao tác sẽ cảm thấy nhàm chán, khó đảm bảo được sự chính xác trong công việc. Mặt khác, có những yêu cầu đặt vị trí sản phẩm với yêu cầu độ chính xác cao mà mắt thường khó có thể kiểm tra chính xác. Điều này ảnh hưởng trực tiếp tới năng suất và chất lượng sản phẩm. Vì vậy, hệ thống tự động gấp sản phẩm ra đời đã dần đáp ứng được nhu cầu cấp bách này [1, 2].

Cùng với mục tiêu đào tạo nguồn nhân lực tự động hóa chất lượng cao đáp ứng được công nghệ 4.0, sinh viên ra trường không chỉ nắm vững lý thuyết mà còn phải có kỹ năng nghề nghiệp tốt, tự tin về tay nghề. Vì vậy, cần phải đầu tư bổ sung và hiện đại hóa các thiết bị giảng dạy.

Chương trình đào tạo các ngành Công nghệ kỹ thuật và tự động hóa, ngành điện - điện tử đã có nhiều môn học thuộc lĩnh vực điều khiển tự động hóa như: Đo lường cảm biến, điều khiển logic, lập trình PLC... [3]. Do vậy yêu cầu về thiết kế chế tạo bổ sung các mô hình thực hành là rất cần thiết giúp cho sinh viên có thể tiếp cận kiến thức một cách tốt nhất trong quá trình học tập tại trường. Mô hình tay gấp tuy không thể thay thế hoàn toàn việc mua sắm và hiện đại hoá thiết bị nhưng vẫn có thể đảm bảo được yêu cầu phục vụ đào tạo. Kết quả nghiên cứu là một trong những giải pháp hiệu quả để nâng cao chất lượng đào tạo, nghiên cứu khoa học.

Thiết kế mô hình tay gấp sản phẩm được cấu thành từ những thiết bị, linh kiện điện điện tử, cơ khí và khí nén, quá trình hoạt động rất quen thuộc trong lĩnh vực sản xuất. Khi tìm hiểu và vận hành hệ thống giúp sinh viên có kiến thức cần thiết để thiết kế các hệ thống điều khiển tự động hóa trong thực tế sản xuất tại các công ty xí nghiệp. Giúp sinh viên có điều kiện thực tập trên mô hình thực, tiếp cận được các thiết bị công nghiệp hiện đại: PLC, cảm biến... nâng

cao tầm hiểu biết, cũng như tri thức về quá trình sản xuất, các khâu hoạt động của hệ thống gồm điện - khí nén - điện tử - máy tính, góp phần phục vụ công tác giảng dạy các bộ môn chuyên ngành: SCADA, Điều khiển khí nén, Lập trình PLC hay Kỹ thuật đo lường cảm biến.



Hình 1. Tay gắp sản phẩm

2. ĐỘNG LỰC HỌC TAY MÁY

Xét phương trình động lực học của tay máy 3 bậc tự do được đưa ra trong hình 1:

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = \tau \tag{1}$$

Ở đây, $(q, \dot{q}, \ddot{q}) \in R^{n \times 1}$ là vị trí, vận tốc và gia tốc của robot. $M(q) \in R^{n \times n}$ là ma trận khối lượng suy rộng. $C(q, \dot{q}) \in R^{n \times n}$ là ma trận ly tâm và Coriolis. $G(q) \in R^{n \times 1}$ là một véc tơ mô tả thành phần trọng lượng, $\tau \in R^{n \times 1}$ là mô men điều khiển.

Để thiết kế bộ điều khiển chúng ta đưa ra một số tính chất cho (1) như sau:

Tính chất 1: Ma trận khối lượng suy rộng $M(q)$ là một ma đối xứng và xác định dương:

$$M(q) \leq m_0 I \tag{2}$$

ở đây $m_0 > 0$ và $m_0 \in R$

Tính chất 2: $\dot{M}(q) - 2C(q, \dot{q})$ là ma trận đối xứng lệch cho véc tơ x bất kỳ:

$$x^T [\dot{M}(q) - 2C(q, \dot{q})] x = 0 \tag{3}$$

Tính chất 3: $C(q, \dot{q})\dot{q}$, $F(\dot{q})$ được giới hạn theo:

$$\|C(q, \dot{q})\dot{q}\| \leq C_k \|\dot{q}\|^2 \tag{4}$$

ở đây C_k là hằng số dương.

3. THIẾT KẾ KẾT CẤU CỦA MÔ HÌNH TAY GẤP 3 KHỚP

3.1. Yêu cầu thiết kế

Với mục tiêu là mô hình thực hành phục vụ đào tạo [4], nên không thể đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu trong thực tế cũng như các điều kiện về trọng lượng sản phẩm. Tuy nhiên, mô hình thiết kế phải đảm bảo một số yêu cầu kỹ thuật chung như sau: Mô hình cơ bản phải phù hợp với nguyên lý gắp sản phẩm trong thực tế. Lắp ráp, đấu nối và vận hành điều khiển dễ dàng. Sử dụng các vật tư, thiết bị, linh kiện thông dụng để dễ dàng thay thế sửa chữa. Đảm bảo tính thẩm mỹ và gọn gàng. Các cơ cấu truyền động, kết nối phải đảm bảo cứng vững.

3.2. Lựa chọn phương án thiết kế

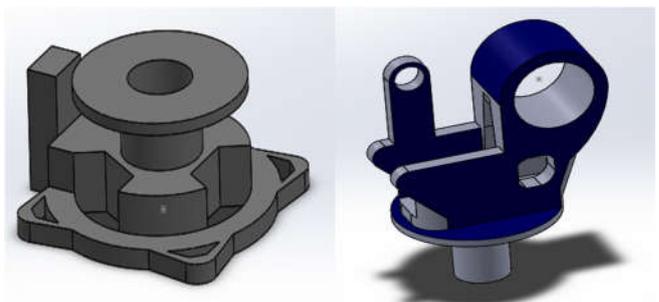
Để thiết kế mô hình, nhóm tác giả sử dụng phần mềm CAD (Solidworks 2011) kết hợp lựa chọn các chi tiết máy có sẵn trên thị trường để thiết kế tổng thể và xây dựng các bản vẽ chế tạo (theo TCVN). Do mô hình có kích thước nhỏ, kết cấu đơn giản và tải trọng nhỏ nên nhóm tác giả không đi tính toán động học; động lực học và điều kiện bền các chi tiết [5].

Sử dụng bộ điều khiển PLC S7-200 CPU 224 và phần mềm STEP 7-MicroWIN để lập trình. Cảm biến quang được cấp tín hiệu điện dùng để phát hiện phiê, cấp tín hiệu đầu vào cho PLC điều khiển hoạt động đầu ra của trạm.

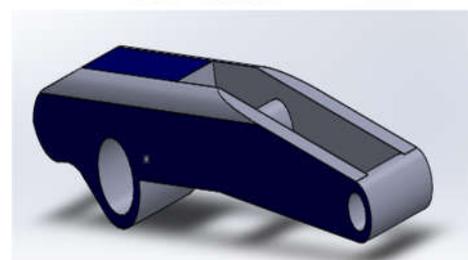
3.3. Xây dựng mô hình tay gắp trên Solidworks 2011



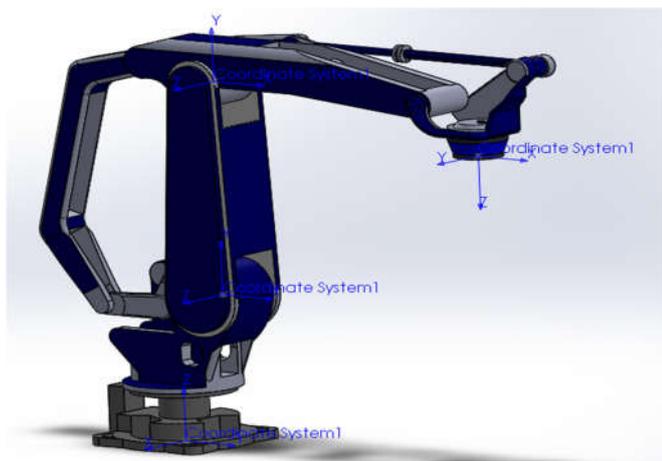
Hình 2. Thanh nối các khớp 1, 2



Hình 3. Khối đế và khối quay khớp thứ nhất



Hình 4. Khối quay khớp thứ 2, 3



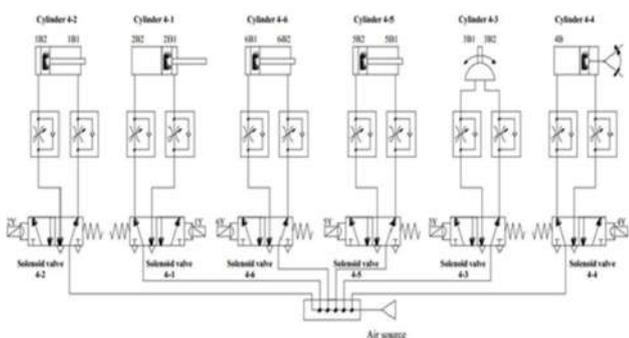
Hình 5. Mô hình tay gấp hoàn chỉnh

4. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

4.1. Nguyên lý hoạt động của tay gấp

Mở nguồn khí nén, khởi động PLC, kết nối PC với PLC. Bấm phím START đèn xanh sáng. Nếu ô bên trái tay quay không có phôi, cylinder 4-2 kẹp chặt phôi ở lớp thứ 2, cylinder 4-1 rút về để thả phôi xuống ô bên trái. Cylinder 4-1 duỗi ra để chặn phôi, cylinder 4-2 rút về và thả lỏng phôi ở lớp thứ 2. Khi ô bên trái có phôi và ô bên phải không có phôi, tay quay sẽ quay ô bên trái qua vị trí ô bên phải. Khi ô bên phải có phôi, tay gấp hạ xuống, tay gấp kẹp chặt, tay gấp rút lên, tay gấp đi ra, tay gấp hạ xuống, tay gấp mở kẹp, tay gấp rút lên, tay gấp rút về, xả hết phôi ra thì đèn báo trạng thái màu xanh tắt và đèn màu đỏ sáng nhấp nháy, thả phôi vào đèn xanh lại sáng, đèn đỏ tắt và hệ thống tiếp tục hoạt động bình thường. Khi đang hoạt động, bấm STOP đèn xanh tắt, đèn đỏ sáng, trạm tự trì hoàn tất công việc hiện hành và trở về vị trí ban đầu.

4.2. Sơ đồ hệ thống truyền động khí nén



Hình 6. Hệ thống điều khiển khí nén

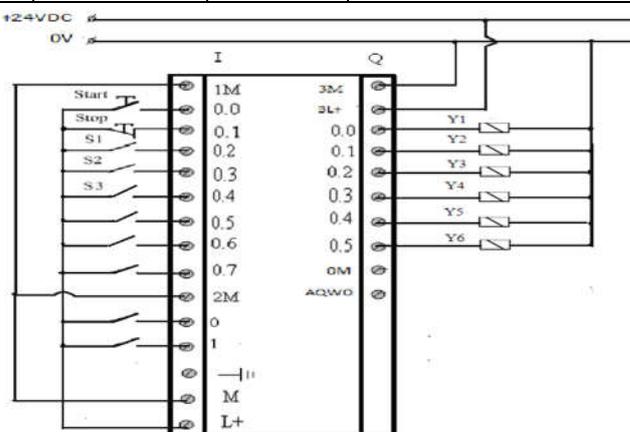
Bộ điều khiển PLC S7-200 CPU 224 có 14 cổng vào định địa chỉ từ I0.0 đến I0.7; từ I1.0 đến I1.5 và có 10 cổng ra định địa chỉ từ Q0.0 đến Q0.7; Q1.0 đến Q1.

4.3. Sơ đồ kết nối bộ điều khiển PLC và các thiết bị ngoại vi

Với yêu cầu của mô hình tác giả sử dụng các địa chỉ I/O như bảng 1 và sơ đồ đấu nối các thiết bị được mô tả như hình 7.

Bảng 1. Địa chỉ I/O sử dụng cho mô hình

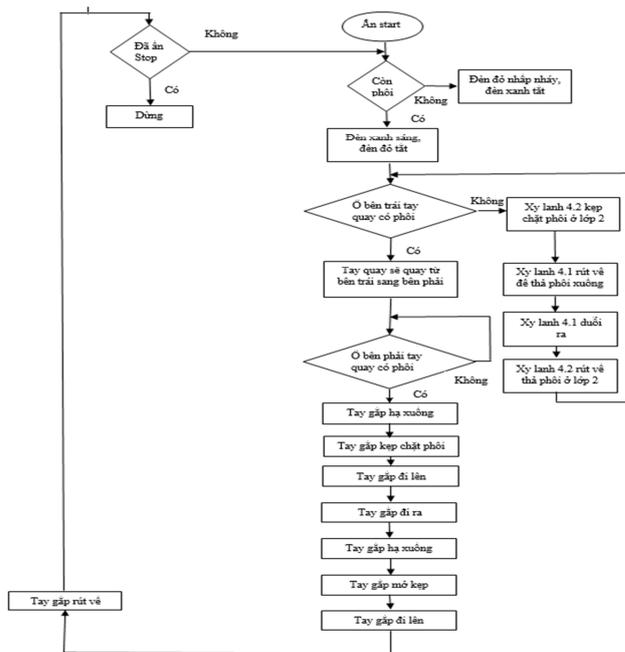
STT	Kí hiệu	Địa chỉ	Mô tả
1	m_bat	M.0.0	Nút khởi động hệ thống
2	MRES	M0.1	Nút Reset
3	Cbvat	I0.2	Cảm biến phát hiện vật
4	cbtrai	I0.3	Cảm biến phát hiện vật bên trái
5	cbphai	I0.4	Cảm biến phát hiện vật bên phải
6	xlduoi	Q0.0	Xy lanh dưới
7	xltren	Q0.1	Xy lanh trên
8	dia	Q0.2	Đĩa quay
9	kep	Q0.3	Tay kẹp vật
10	Taygapdira	Q0.5	Tay gấp đi ra
11	Taygapdixuong	Q0.4	Tay gấp đi xuống
12	Denxanh	M0.2	Đèn báo xanh
13	Dendo	M0.3	Đèn báo đỏ



Hình 7. Sơ đồ kết nối PLC với các thiết bị ngoại vi

4.4. Lưu đồ thuật toán

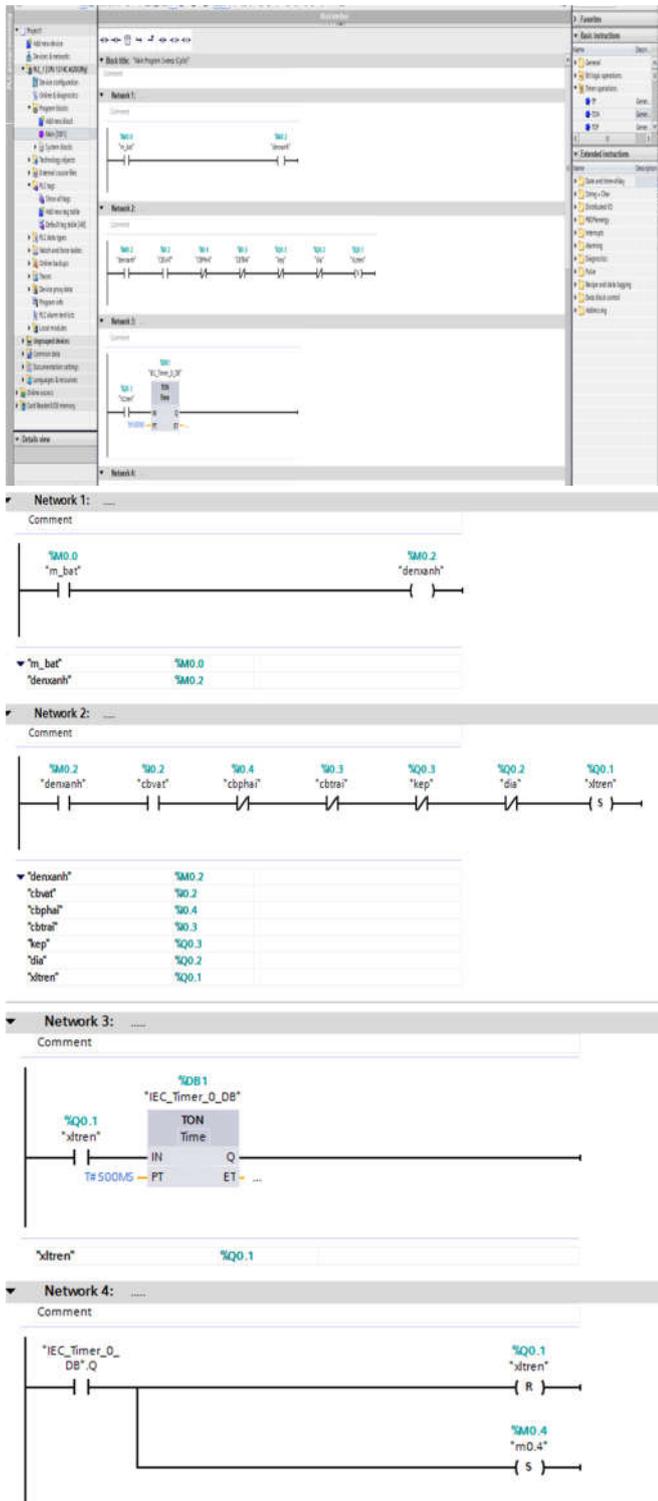
Lưu đồ thuật toán điều khiển được thể hiện trên hình 8.



Hình 8. Lưu đồ thuật toán điều khiển

4.5. Lập trình điều khiển

Lập trình PLC được thực hiện trên phần mềm Step7 - MicroWin từ máy tính và kết nối với bộ điều khiển thông qua cổng truyền thông RS 485-232 (hình 9).



Hình 9. Phần mềm lập trình và chương trình điều khiển

5. MÔ PHỎNG TAY GẮP TRÊN MATLAB SIMULINK

Trong phần này, nhóm tác giả mô phỏng hệ thống điều khiển cho tay máy 3 bậc tự do như hình 1.

$$M = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}$$

$$M_{11} = (m_1 + m_2 + m_3)l_1^2 + (m_2 + m_3)l_2^2 + m_3l_3^2 + 2(m_2 + m_3)l_1l_2 \cos(q_2) + 2m_3l_1l_3 \cos(q_2 + q_3) + 2m_3l_2l_3 \cos(q_3)$$

$$M_{12} = (m_2 + m_3)l_2^2 + m_3l_3^2 + (m_2 + m_3)l_1l_2 \cos(q_2) + m_3l_1l_3 \cos(q_2 + q_3) + 2m_3l_2l_3 \cos(q_3)$$

$$M_{13} = m_3l_3^2 + m_3l_1l_3 \cos(q_2 + q_3) + m_3l_2l_3 \cos(q_3)$$

$$M_{21} = M_{12}$$

$$M_{22} = (m_2 + m_3)l_2^2 + m_3l_3^2 + 2m_3l_2l_3 \cos(q_3)$$

$$M_{23} = m_3l_3^2 + m_3l_2l_3 \cos(q_3)$$

$$M_{31} = m_3l_3^2 + m_3l_1l_3 \cos(q_2 + q_3) + m_3l_2l_3 \cos(q_3)$$

$$M_{32} = M_{23}$$

$$M_{33} = m_3l_3^2$$

$$C_{11} = -2(m_2 + m_3)l_1l_2 \sin(q_2) \dot{q}_2 - 2m_3l_1l_3 \sin(q_2 + q_3) (\dot{q}_2 + \dot{q}_3) - 2m_3l_2l_3 \sin(q_3) \dot{q}_3$$

$$C_{12} = -(m_2 + m_3)l_1l_2 \sin(q_2) \dot{q}_2 - m_3l_1l_3 \sin(q_2 + q_3) (\dot{q}_2) - 2m_3l_2l_3 \sin(q_3) \dot{q}_3 - 2m_3l_1l_3 \sin(q_2 + q_3) \dot{q}_3$$

$$C_{13} = -m_3l_2l_3 \sin(q_3) \dot{q}_3 - m_3l_1l_3 \sin(q_2 + q_3) \dot{q}_3$$

$$C_{21} = -(m_2 + m_3)l_1l_2 \sin(q_2) \dot{q}_2 - m_3l_1l_3 \sin(q_2 + q_3) (\dot{q}_2 + \dot{q}_3) - 2m_3l_2l_3 \sin(q_3) \dot{q}_3$$

$$+ (m_2 + m_3)l_1l_2 \sin(q_2) (\dot{q}_2 + \dot{q}_1) + m_3l_1l_3 \sin(q_2 + q_3) (\dot{q}_2 + \dot{q}_1 + \dot{q}_3)$$

$$C_{22} = -2m_3l_2l_3 \sin(q_3) \dot{q}_3$$

$$C_{23} = -m_3l_2l_3 \sin(q_3) \dot{q}_3$$

$$C_{31} = -m_3l_1l_3 \sin(q_2 + q_3) (\dot{q}_2 + \dot{q}_3) - m_3l_2l_3 \sin(q_3) \dot{q}_3$$

$$+ m_3l_1l_3 \sin(q_2 + q_3) (\dot{q}_2 + \dot{q}_1 + \dot{q}_3) + m_3l_2l_3 \sin(q_2 + q_3) (2\dot{q}_2 + \dot{q}_1 + \dot{q}_3)$$

$$C_{32} = m_3l_2l_3 \sin(q_3) \dot{q}_2$$

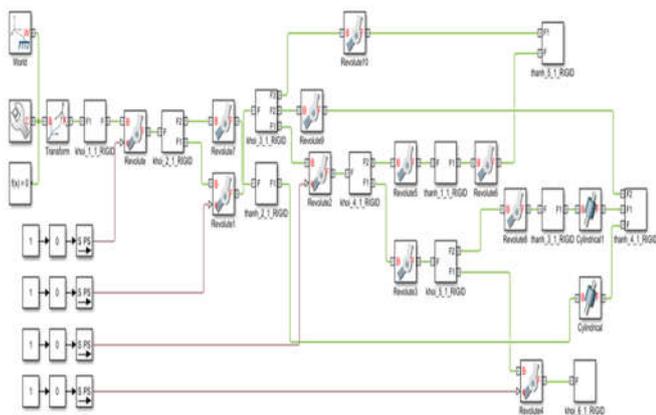
$$C_{33} = 0;$$

Trong đó, m_1, m_2, m_3 là khối lượng tay gắp; l_1, l_2, l_3 là chiều dài tay gắp; $g = 10(m/s^2)$ là gia tốc trọng trường.

Các thông số cụ thể được đưa ra như sau:

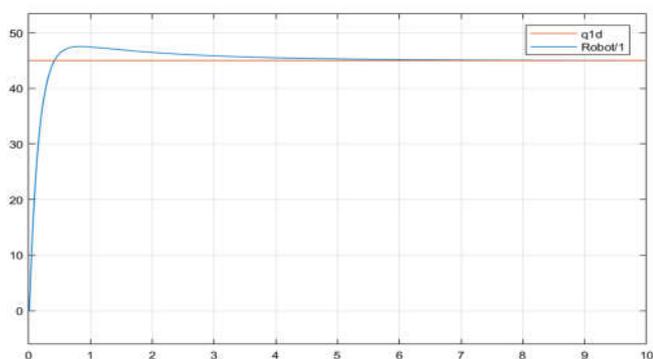
$$m_1 = 1,1 \text{ (kg)}, m_2 = 1,1 \text{ (kg)}, m_3 = 0,5 \text{ (kg)}$$

$$l_1 = 0,3 \text{ (m)}, l_2 = 0,3 \text{ (m)}, l_3 = 0,1 \text{ (m)}$$

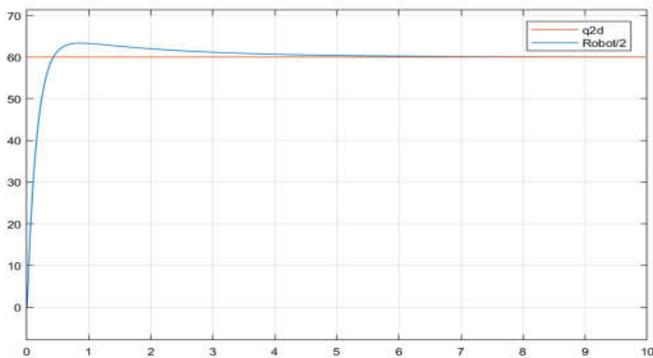


Hình 10. Sơ đồ khối tay gấp trên Matlab Simulink

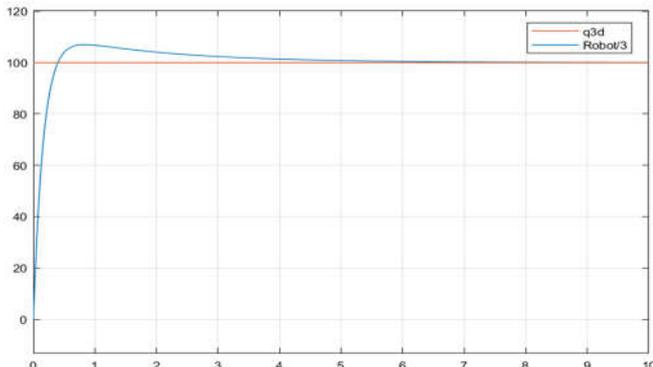
Sau khi quá trình mô phỏng kết thúc ta thu được các kết quả như hình 11 ÷ 13.



Hình 11. Đáp ứng giá trị thực và đặt của khớp 1



Hình 12. Đáp ứng giá trị thực và đặt của khớp 2



Hình 13. Đáp ứng giá trị thực và đặt của khớp 3

Kết quả mô phỏng hình 11 ÷ 13 đã khẳng định tính đúng đắn của thuật toán điều khiển giá trị đặt và thực bám sát nhau nên có thể khẳng định rằng bộ điều khiển đưa ra đã đạt được yêu cầu đặt ra. Kết quả mô phỏng kiểm chứng cho thấy, thuật toán làm việc ổn định khi điều khiển song song cả lực và vị trí cho tay máy và khắc phục tốt ảnh hưởng của sự tác động khi các tham số động lực học của tay máy thay đổi. Các kết quả mô phỏng cho thấy thuật toán tổng hợp có khả năng làm việc tốt trong trường hợp có đàn hồi, ma sát, sự thay đổi mô men quán tính và nhiễu tải gây ra.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã thiết kế được kết cấu cơ khí của mô hình tay gấp, viết chương trình điều khiển ứng dụng PLC S7-200 CPU 224 cho tay gấp sản phẩm tới các vị trí khác nhau. Nhóm nghiên cứu đã thực hiện mô phỏng chuyển động của tay gấp, kết quả đạt được như yêu cầu để ra. Với mục tiêu chính là phục vụ đào tạo, mô hình được thiết kế đơn giản nhưng độ chính xác cao và hoàn toàn đáp ứng được một số nội dung thực hành trong lĩnh vực điều khiển tự động. Đây là một trong những giải pháp hiệu quả để nâng cao chất lượng đào tạo, nghiên cứu khoa học trong điều kiện hiện nay. Hướng nghiên cứu tiếp theo là thực hiện chế tạo tay gấp trên thực tế, khảo sát hoạt động và đưa vào giảng dạy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyen Manh Tien, 2007. *Dieu kien robot cong nghiep*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.
- [2]. Nguyen Doan Phuoc, Phan Xuan Minh, 1997. *Tu dong hoa voi Simatic S7-200*. Agricultural Publishing House, Hanoi.
- [3]. Bui Quoc Khanh, Nguyen Van Lien, Nguyen Thi Hien, 2007. *Truyen dong dien*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.
- [4]. Trinh Van Chat, Le Van Uyen, 2003. *Tinh toan thiet ke he dan dong co khi*. Vietnam Education Publishing House.
- [5]. Nguyen Hong Thai, 2006. *Ung dung Solidworks trong thiet ke co khi*. Science and Technics Publishing House, Hanoi.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Xuan Quynh¹, Nguyen Huu Giang², Dinh Thi Hang³, Nguyen Duc Khoa², Pham Thi Lan²

¹Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry

²Vietnam - Japan Center, Hanoi University of Industry

³Faculty of Electrical Engineering, University of Economics - Technology for Industries