

DOI: 10.70993/TCDN.2026.4(28).89-94

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÔ HÌNH VẬN CHUYỂN VÀ KHOAN SẢN PHẨM SỬ DỤNG PLC PHỤC VỤ GIẢNG DẠY

Vũ Trọng Trường¹, Phan Thị Tươi², Bành Hoàng Long³

Ngày nhận bài: 25/03/2026; Gửi phản biện: 02/04/2026; Duyệt đăng: 13/04/2026

Tóm tắt: Trong đào tạo kỹ thuật tự động hóa, việc kết hợp giữa lý thuyết và thực hành có vai trò đặc biệt quan trọng. Tuy nhiên, nhiều cơ sở đào tạo hiện nay vẫn sử dụng các mô hình giảng dạy mang tính mô phỏng hoặc các thiết bị thương mại có kết cấu kín, gây hạn chế trong việc tiếp cận hệ thống điều khiển thực tế của sinh viên. Bài báo này trình bày quá trình nghiên cứu thiết kế và chế tạo mô hình vận chuyển và khoan sản phẩm sử dụng bộ điều khiển logic khả trình PLC Siemens S7-1200 kết hợp với giao diện người - máy (HMI). Mô hình mô phỏng một quy trình tự động gồm các công đoạn vận chuyển, định vị và khoan sản phẩm. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, logic điều khiển rõ ràng, giao diện trực quan và có giá trị cao trong giảng dạy, thực hành và nghiên cứu lĩnh vực tự động hóa công nghiệp.

Từ khóa: *PLC S7-1200; HMI; tự động hóa công nghiệp; hệ thống vận chuyển và khoan.*

Abstract: In automation engineering education, the integration of theoretical knowledge and practical training plays a critically important role. However, many training institutions still rely on simulation-based teaching models or commercially available equipment with closed architectures, which limit students' access to real control systems. This paper presents the research, design, and development of a material handling and drilling system model using a Siemens S7-1200 programmable logic controller (PLC) in combination with a human-machine interface (HMI). The model simulates an automated process consisting of material transportation, positioning, and drilling operations. Experimental results demonstrate that the system operates stably, features a clear control logic, and provides an intuitive user interface. The proposed model shows significant value for teaching, hands-on training, and research in the field of industrial automation.

Keywords: *PLC S7-1200; HMI; industrial automation; material handling and drilling system.*

^{1,2} Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên; Email: vutruongspdt@gmail.com

³ Trường THPT Chuyên Hà Nội Amsterdam; Email: hoanglongbanh@gmail.com

1. Giới thiệu

Tự động hóa công nghiệp đang ngày càng phát triển và được ứng dụng rộng rãi trong các dây chuyền sản xuất hiện đại. Do đó, đào tạo kỹ sư và kỹ thuật viên trong lĩnh vực tự động hóa không chỉ dừng lại ở kiến thức lý thuyết mà cần chú trọng đến kỹ năng thực hành, lập trình và vận hành hệ thống thực tế (Siemens, 2022).

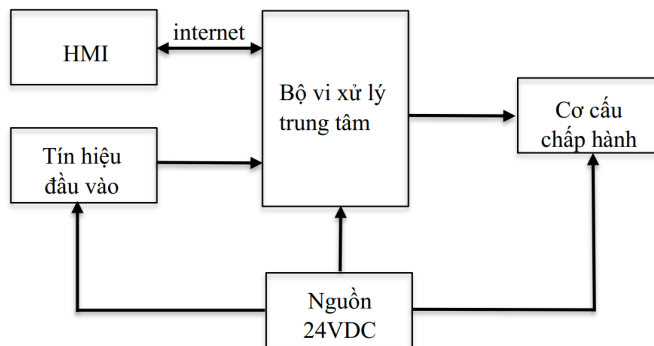
Trong thực tế giảng dạy, nhiều mô hình đào tạo hiện có chỉ cho phép sinh viên quan sát bên ngoài hoặc làm việc trên phần mềm mô phỏng, chưa đáp ứng được yêu cầu rèn luyện kỹ năng tổng hợp như lập trình PLC, kết nối phần cứng, giám sát và chẩn đoán lỗi. Vì vậy, việc xây dựng các mô hình đào tạo mở, cho phép sinh viên trực tiếp can thiệp vào hệ thống là cần thiết (Siemens, 2024a).

Xuất phát từ yêu cầu đó, bài báo này đề xuất và phát triển một mô hình vận chuyển và khoan sản phẩm sử dụng PLC S7-1200 và HMI, hướng tới mục tiêu phục vụ giảng dạy và đào tạo thực hành trong lĩnh vực tự động hóa công nghiệp (Siemens, 2024b).

2. Phương pháp nghiên cứu và thiết kế hệ thống

2.1. Cấu trúc tổng thể hệ thống

Hình 1. Sơ đồ khối tổng quát hệ thống



Nguồn: Sơ đồ thiết kế của nhóm tác giả.

Hệ thống được thiết kế theo cấu trúc điều khiển tập trung, trong đó PLC S7-1200 đóng vai trò điều khiển trung tâm (Al-Yaman, et al., 2025). Các khối chức năng chính bao gồm:

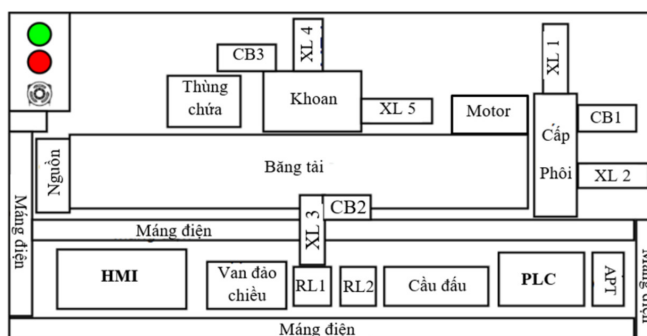
- Khối nguồn cung cấp 24 VDC: Cung cấp cho toàn bộ hệ thống;
- Khối điều khiển PLC: Sử dụng PLC S7-1200 để điều khiển;
- Khối điều khiển và hiển thị: HMI là màn hình hiển thị, lựa chọn chương trình thực hiện giao tiếp giữa người với máy;

- Khối cảm biến: Nhận dạng sản phẩm và điều khiển thiết bị;

- Khối cơ cấu chấp hành: Sử dụng động cơ băng tải, động cơ khoan, van điện từ);

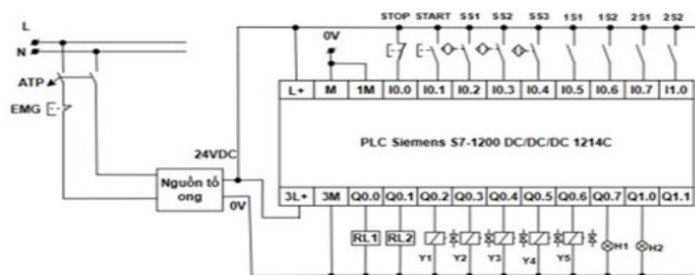
Sau đây là hình ảnh các bản vẽ thiết kế phần cứng và giao diện điều khiển ngoại vi.

Hình 2. Bản vẽ bố trí tổng thể mô hình vận chuyển và khoan sản phẩm



Nguồn: Sơ đồ thiết kế của nhóm tác giả.

Hình 3. Sơ đồ kết nối vào ra PLC



Nguồn: Sơ đồ thiết kế của nhóm tác giả.

Hình 4. Giao diện điều khiển tín hiệu ngoại vi HMI



Nguồn: Thiết kế của nhóm tác giả.

2.2. Nguyên lý hoạt động

Nguyên lý hoạt động của hệ thống dựa trên điều khiển trình tự. Khi hệ thống được khởi động, băng tải vận chuyển phôi đến vị trí khoan. Cảm biến phát hiện phôi sẽ gửi tín hiệu về PLC, PLC dừng băng tải và kích hoạt cơ cấu khoan. Sau khi quá trình khoan hoàn tất, băng tải tiếp tục hoạt động để đưa sản phẩm ra khỏi khu vực gia công. Chu trình được lặp lại cho đến khi có lệnh dừng từ người vận hành.

Hệ thống hỗ trợ hai chế độ vận hành:

- Chế độ bằng tay, phục vụ mục đích giảng dạy từng phần tử
- Chế độ tự động, mô phỏng quy trình sản xuất hoàn chỉnh

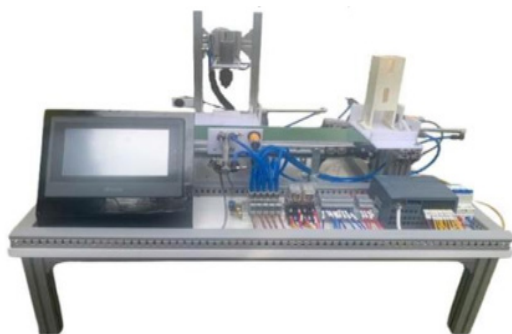
3. Kết quả thử nghiệm và đánh giá

3.1. Kết quả vận hành của mô hình

Dữ liệu khảo sát cho thấy mô hình vận chuyển và khoan sản phẩm sử dụng PLC S7-1200 hoạt động ổn định trong nhiều chu trình liên tục. Hệ thống thực hiện đúng trình tự điều khiển đã thiết kế, không xảy ra hiện tượng xung đột logic hoặc dừng đột ngột trong quá trình vận hành.

Thời gian thực hiện một chu trình hoàn chỉnh dao động trong khoảng 18–22 giây, phù hợp với yêu cầu của mô hình đào tạo. Độ chính xác dừng phôi tại vị trí khoan đạt sai số nhỏ (khoảng ± 1 mm), đảm bảo điều kiện làm việc ổn định cho cơ cấu khoan. Thời gian đáp ứng của PLC đối với tín hiệu cảm biến nhỏ hơn 50 ms, trong khi thời gian phản hồi của giao diện HMI nhỏ hơn 300 ms, cho phép người học dễ dàng quan sát và thao tác hệ thống theo thời gian thực.

Hình 5. Mô hình thực tế hệ thống vận chuyển và khoan sản phẩm



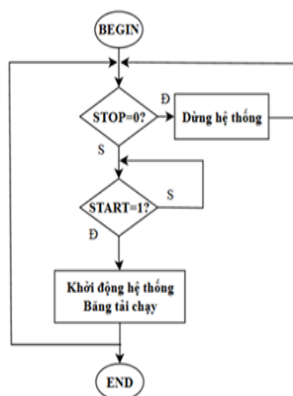
Nguồn: Sản phẩm nghiên cứu của nhóm tác giả

3.2. Thuật toán điều khiển và lập trình PLC

Thuật toán điều khiển trình tự được xây dựng dựa trên lưu đồ và triển khai bằng ngôn ngữ Ladder trong PLC. Các điều kiện chuyển trạng thái được xác định rõ ràng thông qua tín hiệu cảm biến, giúp hệ thống tránh được các tình huống kích hoạt sai hoặc chồng chéo lệnh điều khiển.

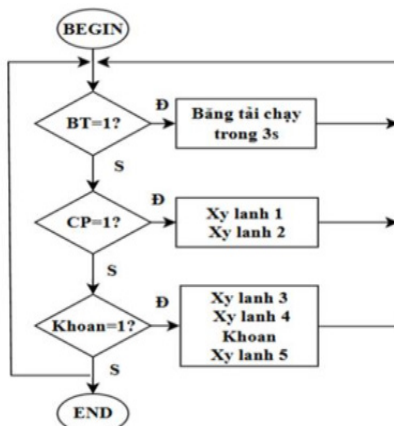
Qua các phép thử liên tục, 100% chu trình được thực hiện đúng thứ tự: vận chuyển - định vị - khoan - đưa sản phẩm ra khỏi khu vực gia công. Điều này chứng tỏ thuật toán điều khiển có độ tin cậy cao và phù hợp để sử dụng làm tài liệu giảng dạy cho các học phần điều khiển trình tự và lập trình PLC.

Hình 6. Lưu đồ thuật toán tổng quát mô hình



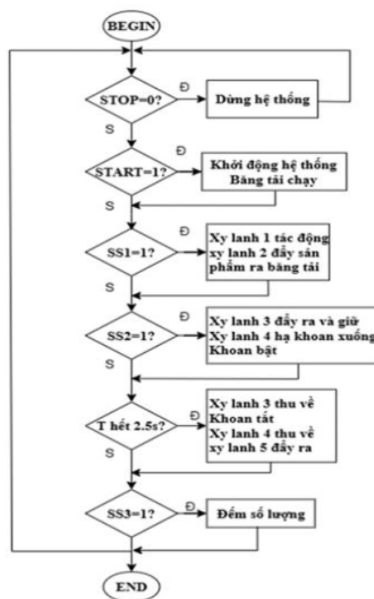
Nguồn: Sơ đồ thiết kế của nhóm tác giả.

Hình 7. Lưu đồ thuật toán test băng tải, van điện từ và động cơ khoan



Nguồn: Sơ đồ thiết kế của nhóm tác giả.

Hình 8. Lưu đồ thuật toán chương trình chính



Nguồn: Sơ đồ thiết kế của nhóm tác giả.

Giao diện HMI hiển thị đầy đủ trạng thái hoạt động của các thiết bị chính như băng tải, động cơ khoan và cảm biến. Việc chuyển đổi giữa chế độ vận hành bằng tay và tự động được thực hiện thuận tiện, giúp người học dễ dàng kiểm tra từng phần tử của hệ thống.

Khả năng giám sát trực quan của HMI hỗ trợ sinh viên trong việc phân tích mối quan hệ giữa thuật toán điều khiển và hành vi thực tế của hệ thống, từ đó nâng cao khả năng tiếp cận các hệ thống tự động hóa công nghiệp.

Bảng 1. Bảng khảo sát thực tế

TT	Chỉ tiêu khảo sát	Điều kiện khảo sát	Kết quả đo được	Nhận xét
1	Thời gian chu trình	Chế độ tự động	18–22s/chu trình	Ổn định, phù hợp mô hình đào tạo
2	Độ chính xác dừng phôi	Cảm biến quang	± 1 mm	Đảm bảo yêu cầu khoan
3	Tỷ lệ chu trình đúng	50 chu trình liên tục	100%	Không xảy ra lỗi logic
4	Thời gian đáp ứng PLC	Tín hiệu vào $\rightarrow$ ra	< 50 ms	Đáp ứng tốt yêu cầu điều khiển
5	Thời gian phản hồi HMI	Lệnh người dùng	< 300 ms	Trực quan, không trễ
6	Độ ổn định động cơ khoan	Tải nhẹ	Không rung, không kẹt	Phù hợp giảng dạy
7	Độ ổn định băng tải	Vận hành liên tục	Chạy đều	Không trượt phôi
8	Số lỗi vận hành	2 giờ liên tục	0 lỗi	Hệ thống ổn định

Nguồn: Kết quả thử nghiệm của nhóm tác giả.

Bảng 2. Kết quả khảo sát hiệu quả ứng dụng trong giảng dạy

Tiêu chí đánh giá	Trước khi có mô hình	Sau khi sử dụng mô hình
Khả năng hiểu điều khiển trình tự	Trung bình	Tốt
Khả năng đọc I/O PLC	Thấp	Cao
Kỹ năng lập trình PLC	Trung bình	Tốt
Kỹ năng chẩn đoán lỗi	Rất hạn chế	Cải thiện rõ rệt
Mức độ chủ động học tập	Trung bình	Cao
Khả năng liên hệ thực tế	Thấp	Cao

Nguồn: Kết quả thử nghiệm của nhóm tác giả.

3.3. Đánh giá hiệu quả giảng dạy

So với các mô hình đào tạo mang tính mô phỏng hoặc các thiết bị thương mại có kết cấu kín, mô hình đề xuất có cấu trúc mở, cho phép sinh viên trực tiếp lập trình PLC, theo dõi tín hiệu vào/ra và thực hành chẩn đoán lỗi. Các kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình không chỉ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật mà còn mang lại hiệu quả sư phạm rõ rệt.

Thông qua quá trình thực hành, sinh viên có thể hiểu sâu hơn về điều khiển trình tự, phối hợp các cơ cấu chấp hành và mối liên hệ giữa lý thuyết điều khiển với hệ thống thực tế. Đây là ưu điểm quan trọng của mô hình khi ứng dụng trong giảng dạy các học phần PLC và tự động hóa công nghiệp. Các bài thí nghiệm và bài tập có thể triển khai từ mô hình:

1. Điều khiển băng tải bằng PLC
2. Điều khiển van điện tử
3. Lập trình điều khiển trình tự
4. Thiết kế lưu đồ thuật toán
5. Kết nối và đọc tín hiệu cảm biến
6. Chẩn đoán lỗi cảm biến
7. Thiết kế giao diện HMI
8. Phân tích thời gian chu trình

4. Kết luận và hướng phát triển

Bài báo đã trình bày quá trình nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công mô hình vận chuyển và khoan sản phẩm sử dụng PLC S7-1200 phục vụ giảng dạy. Mô hình có cấu trúc mở, hoạt động ổn định và mang lại giá trị cao trong đào tạo thực hành lĩnh vực tự động hóa công nghiệp.

Trong tương lai, mô hình có thể được mở rộng bằng cách tích hợp hệ thống SCADA, kết nối IoT hoặc bổ sung các bài toán mô phỏng lỗi nhằm nâng cao hơn nữa hiệu quả đào tạo và nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Al-Yaman, M., Alswaiti, D., Alsharkawi, A., & Al-Tae, M. (2025). *A cost-effective modular laboratory solution for industrial automation and applied engineering education*. MethodsX, 14, 103388. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103388>
2. Siemens. (2022). *SIMATIC STEP 7 Basic/Professional V18 and SIMATIC WinCC V18 [System manual]*. Siemens Industry Online Support.
3. Siemens. (2024a, February 22). *SIMATIC HMI WinCC Unified: Getting started for first-time users (V19) [Manual]*. Siemens Industry Online Support.
4. Siemens. (2024b). *S7-1200 programmable controller (Edition V4.7) [System manual]*. Siemens Industry Online Support.