

## DESIGN CONNECTION DEVICE AND CONTROLING SYSTEM IN THE TRAINING SET FOR HYDRAULICS WS200 USING PLC

Do Huy Diep, Nguyen Hoang Quan\*

University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<b>Received:</b> 17/6/2022	Automation in the industrial manufacturing plays a very important role in today's technology era. Therefore, the understanding of automatic control into the hydraulic system to contribute to the automation of the production process is one of the knowledge that needs to be taught to students. Currently, the University of Technology (VNU) is equipped with a training system WS 200 to the purpose of training and teaching for students. The control system of the experimental set WS200 in using is hydraulic and electrical control that provides basic knowledge of control but lacks automatic control in manufacturing industry. The article presents a research on PLC S7 - 1200, design and manufacture a device to connect programmable controller (PLC) with training system WS200 to control hydraulic devices automatically. The researchers built algorithms, and programed problems in the training set using PLC control valve for hydraulic system. As a result, the connection device and control from computer for hydraulic system WS200 was successfully implemented.
<b>Revised:</b> 19/8/2022	
<b>Published:</b> 19/8/2022	
<b>KEYWORDS</b>	
Hydraulic system	
Automation studio	
PLC S7 - 1200	
WS200	
HMI	

## XÂY DỰNG HỆ THỐNG KẾT NỐI VÀ ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ TRONG BỘ THÍ NGHIỆM THỦY LỰC WS200 BẰNG PLC

Đỗ Huy Điệp, Nguyễn Hoàng Quân\*

Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia, Hà Nội

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<b>Ngày nhận bài:</b> 17/6/2022	Tự động hóa trong dây chuyền sản xuất có vai trò rất quan trọng trong thời đại công nghệ hiện nay. Chính vì vậy việc đưa điều khiển tự động vào hệ thống thủy lực góp phần tự động hóa quá trình sản xuất là một trong những kiến thức cần được giảng dạy cho sinh viên. Hiện tại, trường Đại học Công nghệ được trang bị hệ thống thủy lực WS 200 nhằm phục vụ công tác đào tạo và giảng dạy cho sinh viên. Hệ thống điều khiển của bộ thí nghiệm WS200 đang sử dụng là: điều khiển thủy lực và điện điều khiển. Bộ thí nghiệm cung cấp kiến thức cơ bản về điều khiển nhưng còn thiếu sót điều khiển tự động trong sản xuất công nghiệp. Báo cáo sẽ trình bày nghiên cứu tìm hiểu về PLC S7 – 1200, thiết kế và chế tạo thiết bị kết nối bộ điều khiển khả trình PLC với bộ thí nghiệm thủy lực WS200 để điều khiển các thiết bị thủy khí đầu ra theo phương thức điều khiển công nghiệp. Nghiên cứu đã xây dựng thuật toán, lập trình các bài toán trong bộ thí nghiệm bằng PLC điều khiển van cho hệ thống thủy lực làm việc. Kết quả nghiên cứu đã thực hiện thành công kết nối và điều khiển từ máy tính đối với hệ thống thủy lực WS200.
<b>Ngày hoàn thiện:</b> 19/8/2022	
<b>Ngày đăng:</b> 19/8/2022	
<b>TỪ KHÓA</b>	
Hệ thống thủy lực	
Automation studio	
PLC S7 -1200	
WS200	
HMI	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.6190>

\* Corresponding author. Email: [nhquan@vnu.edu.vn](mailto:nhquan@vnu.edu.vn)

## 1. Giới thiệu

Tự động hóa không còn là một khái niệm quá mới mẻ mà đã trở thành xu hướng tất yếu trong lĩnh vực sản xuất [1], [2]. Tự động hóa được thực hiện bằng việc kết hợp cơ khí, thủy lực, khí nén, điện, điện tử tạo nên các hệ thống phức tạp [3], [4]. Một số ứng dụng công nghiệp hiện nay như trong công nghiệp khai khoáng (khai thác vận chuyển quặng, khoáng sản, than đá...) [5], trong dây chuyền sản xuất ô tô [6], trong giao thông vận tải đường sắt đường bộ đường thủy, trong máy xây dựng đóng gói sản phẩm, thủy lực cho tuabin gió, hay cho các loại máy bơm cấp nước sinh hoạt... [7].

Nhằm phục vụ mục đích đào tạo và giảng dạy cho sinh viên, trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội đã trang bị hệ thống thiết bị đào tạo dạy học về thiết bị thủy khí và điều khiển thủy lực WS200 của hãng Lucas-nuelle [8]. Trạm làm việc WS200 bao gồm các thiết bị thủy lực dùng trong công nghiệp, hệ thống điều khiển thủy lực và các module điện điều khiển đáp ứng nhu cầu cơ bản trong việc đào tạo. Tuy nhiên, trong bối cảnh tự động hóa trong công nghiệp đang phát triển rộng rãi ở Việt Nam, nhu cầu học tập về điều khiển hệ thống thủy lực tự động theo chương trình thiết kế trước càng trở nên cấp thiết và thực tế. Nhóm nghiên cứu đã tính toán thiết kế hệ thống điều khiển sử dụng PLC để tự động hóa quá trình điều khiển thay thế cho module vận hành bằng điện 84PU ST8008-9K, nghiên cứu giao tiếp HMI của máy tính với thiết bị đã chế tạo.

Kết quả cho thấy bộ thiết bị kết nối PLC đã chế tạo kết nối thành công với hệ thống WS200, có thể điều khiển trực tiếp từ máy tính hoặc điều khiển từ chương trình thiết kế sẵn với ngôn ngữ lập trình ladder.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu đã thực hiện nghiên cứu lý thuyết điều khiển trong hệ thống thủy lực WS200 và thiết bị PLC S7-1200. Nghiên cứu ứng dụng: thiết kế, chế tạo bộ kết nối điều khiển khả trình và thiết kế giao diện HMI cho mục đích điều khiển hệ thống.

### 2.1. Tổng quan bộ thí nghiệm thủy lực

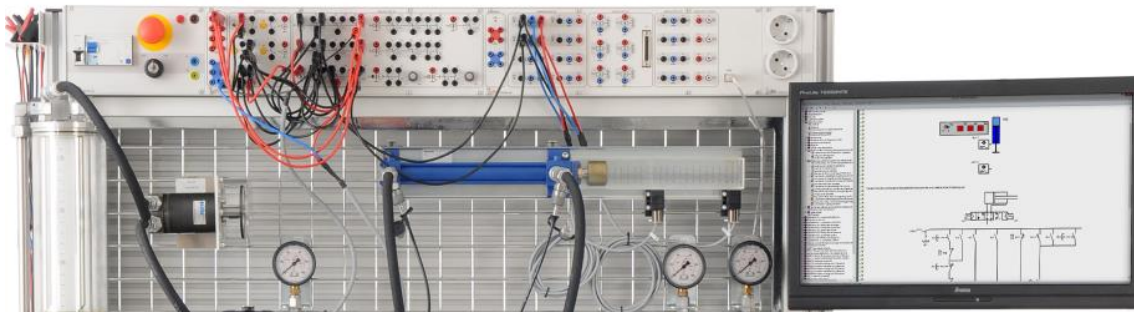
Bộ thí nghiệm thủy lực WS200 bao gồm:

- Bộ thiết bị đóng/mở thủy lực (SE2905-2A), bộ nguồn thủy lực (SE2905-8T), dầu thủy lực, 20 lít (SE2900-4A), bàn thí nghiệm di động cho thủy lực (ST7200-3W), lưới thủy lực 1130x700x30 mm (SE2905-8C) như hình 1 [8].



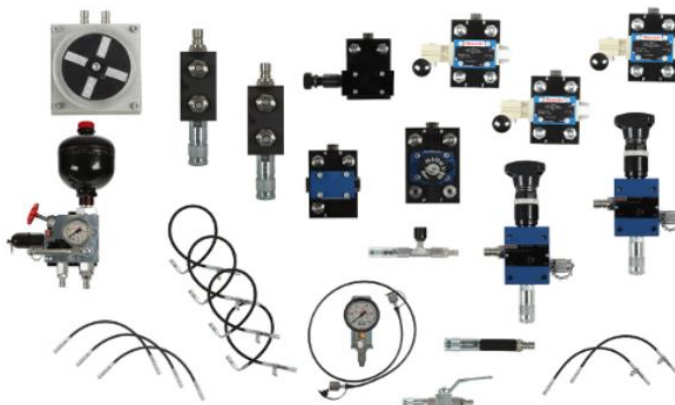
Hình 1. Bộ thiết bị đóng/mở thủy lực

- Bộ kit mở rộng về điện (SE2905-2E), bộ bảng điều khiển chân cắm, 2 chân ổ cắm chân đất (ST8008-3X), giao diện mô đun vận hành bằng điện 84 PU (ST8008-9H), mô đun vận hành bằng điện 84 PU (ST8008-9K), một bảng điều khiển công suất AC – công tắc khóa ngắt (ST8008-3A) như hình 2 [8].



**Hình 2.** Bộ kit mở rộng về điện

- Bộ thiết bị bổ sung (SE2905-2B), xy lanh đo (SE2905-3H), bộ mô phỏng tải – 15 kg (SE2905-3G), bộ kiểm tra – lọc cho bộ tích áp thủy lực (ST2905-3J) như trong hình 3 [8].



**Hình 3.** Bộ thiết bị bổ sung

Bộ thí nghiệm thủy lực WS200 có nhiệm vụ giúp ta có hiểu biết hơn về các định luật vật lý, các mối quan hệ kỹ thuật như điện tích, áp suất, lực, công và công suất thông qua các đo đạc thực nghiệm từ các bài thí nghiệm một cách trực quan hơn.

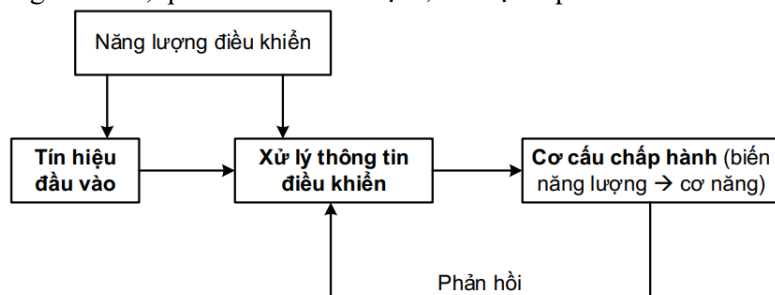
## 2.2. Điều khiển thủy lực và điện thủy lực

### 2.2.1. Tổng quan

Hệ thống điều khiển khí nén - thủy lực bao gồm các phần tử điều khiển và các cơ cấu chấp hành được kết nối với nhau thành hệ thống hoàn chỉnh để thực hiện những yêu cầu nhiệm vụ đặt ra như mô tả trong hình 4 [9].

- Tín hiệu đầu vào: nút nhấn, công tắc, công tắc hành trình, cảm biến...
- Phần tử xử lý thông tin: tín hiệu đầu vào được xử lý theo một quy tắc logic thay đổi trạng thái của các phần tử điều khiển van (van logic AND, OR, NOT...).
- Phần tử điều khiển: điều khiển dòng năng lượng (lưu lượng, áp suất) theo yêu cầu, thay đổi trạng thái cơ cấu chấp hành của van đảo chiều, van tiết lưu, van chính áp...
- Cơ cấu chấp hành: thay đổi trạng thái của đối tượng điều khiển như xy lanh khí nén, xy lanh dầu, động cơ khí nén, động cơ dầu...
- Điện: công suất nhỏ, điều khiển hoạt động trả tín hiệu nhanh hiệu quả.
- Khí nén: công suất vừa, quán tính, tốc độ cao.

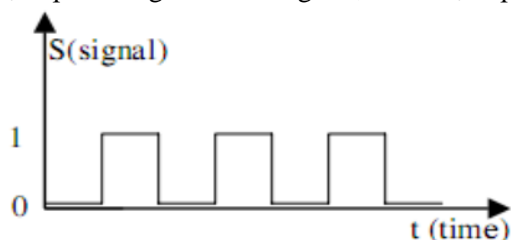
- Thủy lực: công suất lớn, quán tính ít dễ ổn định, tốc độ thấp.



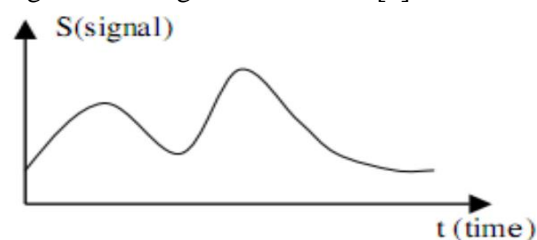
**Hình 4.** Hệ thống điều khiển khí nén – thủy lực

- Tín hiệu điều khiển gồm:

+ Tín hiệu số (digital): bản chất của tín hiệu số là chỉ có hai trạng thái 0 và 1. Trong PLC mức điện áp 0V ứng với mức logic 0, mức điện áp 24V ứng với mức logic 1 như hình 5 [9].



**Hình 5.** Tín hiệu rời rạc (số)

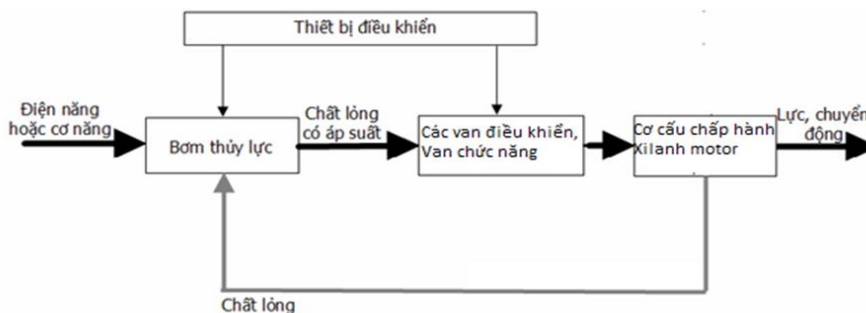


**Hình 6.** Tín hiệu tương tự (analog)

+ Tín hiệu tương tự (analog): là tín hiệu liên tục, với đồ thị biểu diễn là một đường liên tục hình sin, cos hoặc đường cong lên xuống bất kỳ. Analog có nghĩa là tương tự về bản chất nhưng khác nhau về cường độ tín hiệu như hình 6 [9].

### 2.2.2. Hệ thống điều khiển thủy lực

Hệ thống thủy lực truyền động dầu thủy lực tạo ra áp lực đóng vai trò trung gian truyền lực và chuyển động cho máy công nghệ. Quá trình biến đổi và truyền tải năng lượng được mô tả như hình 7 [9].



**Hình 7.** Hệ thống thủy lực

### 2.2.3. So sánh điều khiển thủy lực và điện thủy lực

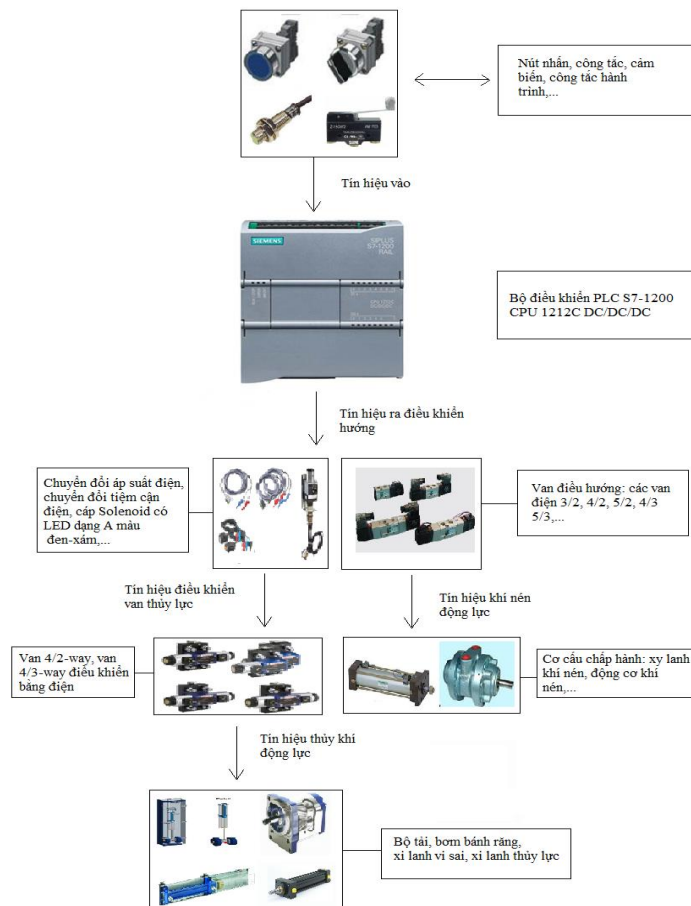
• Điểm giống:

Điều khiển thủy lực và điện thủy lực đều sử dụng một phần nguồn thủy lực gồm một số thiết bị sau:

+ Cơ cấu chấp hành như van định hướng với vai trò như liên kết giữa các phần điều khiển tín hiệu và phần sinh công suất.

+ Các phần tử làm việc như xy lanh, động cơ thủy lực, màn hình hiển thị.

- Điểm khác:
  - Điều khiển thủy lực: Hệ thống điều khiển thủy lực sử dụng các phân tử thủy lực như van khác nhau, hoạt động với chu kì thời gian khác nhau, tốc độ xử lý thấp, dễ điều khiển, bộ dẫn động tuyến tính (cylinder)...
  - Điều khiển điện thủy lực: Tín hiệu điện được trả về thông qua các phân tử điện như các nút nhấn, công tắc, rơ le hoặc một bộ điều khiển lô gic khả trình (PLC), bộ dẫn động tuyến tính (solenoid)...



Hình 8. Ứng dụng của PLC trong điều khiển thủy lực – khí nén

### 2.3. Bộ điều khiển logic khả trình PLC S7-1200

- S7-1200 kết hợp một bộ vi xử lý, một bộ nguồn tích hợp sẵn, các mạch ngõ vào và ngõ ra trong một kết cấu thu gọn được liên kết với nhau để đưa ra tín hiệu điều khiển. Sau khi tải xuống một chương trình được người dùng lập trình bằng phần mềm chuyên dụng, CPU chứa mạch logic được yêu cầu để giám sát và điều khiển các thiết bị nằm trong ứng dụng.

- Các thành phần của PLC S7-1200 bao gồm [10]:
  - + 3 bộ điều khiển nhỏ gọn với sự phân loại khác nhau như điều khiển AC, RELAY hoặc DC phạm vi mở rộng.
  - + 2 mạch tương tự với số cổng mở rộng ngõ vào/ra trực tiếp trên CPU giúp giảm chi phí sản phẩm.
  - + 2 module giao tiếp RS232/RS485 để giao tiếp thông qua kết nối PTP.
  - + Bổ sung 4 cổng Ethernet.
  - + Module nguồn PS 1207 ổn định, dòng điện áp 115/230VAC, điện áp 24V DC.

Ngoài ra có thể dùng các mô đun truyền thông mở rộng kết nối bằng RS485 hoặc RS232.

#### 2.4. Ứng dụng của PLC trong điều khiển điện thủy lực

Ứng dụng của PLC điều khiển các thiết bị trong hệ thống thủy lực được tóm tắt trong hình 8.

### 3. Thiết kế, chế tạo bộ kết nối điều khiển PLC cho bộ thí nghiệm thủy lực WS200

#### 3.1. Tính toán và chọn lựa các thiết bị điện cho bộ kết nối điều khiển PLC

##### 3.1.1. Nguồn cấp cho các thiết bị điện thủy lực

Các thiết bị điều khiển bằng điện như cấp solenoid cấp tín hiệu cho van 4/2, 4/3 hoặc cho các cảm biến chuyển đổi áp suất, chuyển đổi tiệm cận, bộ điều khiển PLC, nguồn tổ ong.

+ Solenoid Rexroth: 24V AC/DC – 4A, chuyển đổi áp suất, chuyển đổi tiệm cận (4A)

+ PLC: dòng tiêu thụ 400 mA, công suất tiêu hao 9 W

Để thực hiện được các bài toán trong bộ thí nghiệm đề ra thì tối đa phải cấp được cho 3 solenoid và các cảm biến.

$$\begin{aligned} \rightarrow I_{\text{nguồn cấp}} &= I_{\text{tổng solenoid}} + I_{\text{cảm biến}} + I_{\text{plc}} + I_0 = 4 \times 3 + 4 + 400 \times 10^{-3} + I_0 \\ &= 16,4 + I_0 < 20 \text{ A} \end{aligned}$$

Do đó ta chọn nguồn tổ ong 24VDC – 20A. Thiết bị giới thiệu trong hình 9.



Hình 9. Nguồn tổ ong 24V - 20A



Hình 10. Tủ điện điều khiển

##### 3.1.2. Tủ điện

Tủ điện kích thước 25 x 35 x 15 (cm) thiết kế như hình 10.

##### 3.1.3. Giắc cắm chuyển đổi

Sử dụng giắc cắm chuyển đổi để kết nối Solenoid với PLC (hình 11).



Hình 11. Giắc cắm chuyển đổi

##### 3.1.4. Dây điện

Tiết diện dây dẫn được tính theo công thức:

$$S = \frac{I}{J} \quad (1)$$

Trong đó: S: tiết diện dây dẫn ( $\text{mm}^2$ ), I: dòng điện chạy qua mặt cắt vuông (A)

J: mật độ dòng điện cho phép ( $\text{A}/\text{mm}^2$ ), mật độ dòng điện cho phép của đồng là  $6\text{A}/\text{mm}^2$ .

$$\rightarrow S_{\text{dây}} = \frac{I_{\text{tổng}}}{J_{\text{đồng}}} = \frac{20}{6} = \pi \left( \frac{\phi_{\text{dây}}}{2} \right)^2$$

$$\rightarrow \phi_{\text{dây}} \approx 2 \text{ (mm)}$$

### 3.1.5. Nút nhấn điều khiển và đèn báo

Hai loại nút nhấn được sử dụng đó là nút nhấn duy trì (nhấn giữ) và nút nhấn không duy trì (nhấn nhả) (hình 12, hình 13).



Hình 12. Nút nhấn điều khiển



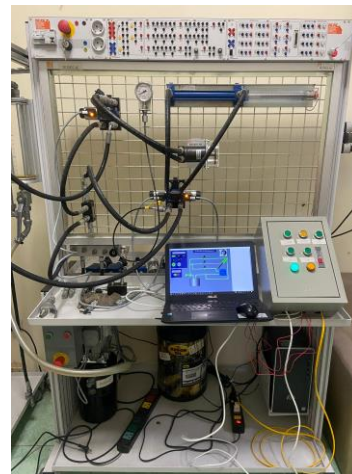
Hình 13. Đèn báo xanh (Start), đèn báo vàng (Reset)

### 3.2. Kết quả chế tạo bộ kết nối

Nguồn cấp đầu vào cung cấp cho nguồn tổ ong là nguồn điện dân dụng 220VAC thông qua nguồn tổ ong chuyển đổi thành nguồn 24VDC cung cấp cho các input output của PLC. Sử dụng aptomat để đóng cắt, chống quá tải ngắn mạch bảo vệ hệ thống điều khiển phía sau. Từ chân dương 24VDC xuất ra từ nguồn tổ ong đầu vào một đầu của các công tắc nút nhấn, đầu còn lại đầu vào các đầu input của PLC từ I0.0 đến I0.7. Chân 0V đầu trực tiếp vào chân 1M (COM). Do đó input của PLC được đấu theo kiểu Sink.



Hình 14. Đầu nối và vị trí các thiết bị trong tủ điện



Hình 15. Hệ thống thủy lực kết nối PLC

Đầu ra của PLC, chân 3L+ được nối từ chân dương + 24VDC và chân 3M được nối với chân 0V của nguồn. Chân dương của các thiết bị điều khiển nối trực tiếp vào các đầu output của PLC từ Q0.0 đến Q0.5. Các chân âm đầu vào âm nguồn. Do đó output của PLC được đấu theo kiểu Source.

Thực hiện đấu nối các thiết bị và dây dẫn cho bộ kết nối thu được kết quả như hình 14.

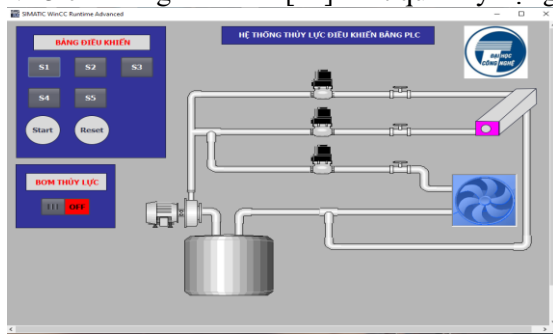
#### 4. Kết quả và bàn luận

##### 4.1. Điều khiển hệ thống thí nghiệm WS200 thông qua hộp điều khiển kết nối PLC

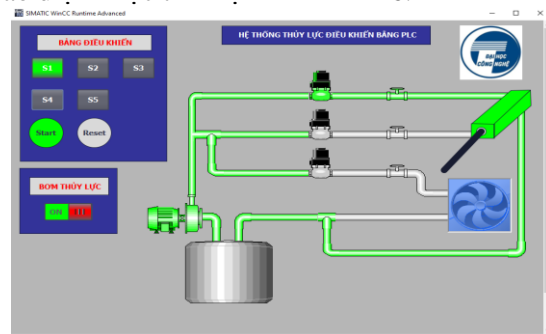
Một ví dụ thực hành kết nối hộp điều khiển với hệ thống WS200 được thể hiện qua hình 15, trong đó các thiết bị thủy lực nối với PLC và máy tính. Với chương trình điều khiển viết bằng ngôn ngữ ladder xuất code vào PLC, hệ thống WS200 có thể được điều khiển thông qua hệ thống nút bấm điều khiển.

##### 4.2. Điều khiển giám sát (SCADA) kết nối PLC với máy tính thông qua giao diện HMI

Xây dựng giao diện HMI kết nối máy tính với hệ thống WS200 bằng phần mềm TIA Portal V15 của hãng Siemens [11]. Kết quả xây dựng giao diện được thể hiện như hình 16.



Hình 16. Giao diện HMI cho hệ thống thủy lực



Hình 17. Điều khiển hệ thống với giao diện HMI

Với phương thức điều khiển từ máy tính qua giao diện HMI cho phép chúng ta có thể điều khiển từ máy tính theo mục đích sử dụng, thiết kế chương trình điều khiển tự động thông qua các chương trình thiết lập sẵn bằng ngôn ngữ ladder. Hình 17 mô tả hoạt động khi ấn nút điều khiển S1. Nhấn S1 ở BẢNG ĐIỀU KHIỂN, đèn Start sáng. Nhấn S4 kích hoạt solenoid Q1.b của van 4/3 xy lạnh đi ra.

#### 5. Kết luận

Một thiết bị kết nối sử dụng bộ điều khiển logic khả trình PLC đã được phát triển. Thiết bị chế tạo có thể điều khiển trực tiếp hệ thống thủy lực thông qua các nút bấm điều khiển hoặc có thể điều khiển bằng máy tính thông qua giao diện HMI. Với cách điều khiển thông qua PLC, các hoạt động của thiết bị thủy khí dễ dàng được lập trình với các nhiệm vụ cụ thể. Hơn nữa, các chương trình điều khiển có thể tùy biến đem lại sự linh hoạt trong cách vận hành thiết bị.

Việc chế tạo, kết nối điều khiển thành công hệ thống WS200 bằng PLC sẽ giúp hệ thống này có đầy đủ chức năng điều khiển tự động từ đó giúp sinh viên có kiến thức đầy đủ về hoạt động thực tế của hoạt động sản xuất công nghiệp trong các nhà máy.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] A. Jadhav and M. Patil, "PLC Based Industrial Automation System," in *International Conference on Recent Trends in Engineering and Management Science (RTEM 2014)*, Nagpur, 2014, pp.19-23.
- [2] R. Pawar and N. R. Bhasme, "Application of PLC's for Automation of Processes in Industries," *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 6, no. 6, (Part - 3), pp. 53-59, June 2016.

- 
- [3] M. S. Babu and P. V. R. L. Narasimham, "Implementation of T-Junction Traffic Light Control System Using Simatic S7-200 PLC," *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 6, no. 3, (Part - 2), pp. 73-77, March 2016.
- [4] D. Debnath, "PLC Controlled Automatic Cooling System of Water-Cooled Compressor," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, vol. 7, no. 4, pp. 01-11, April- 2018.
- [5] R. Mandal, S. K. Chaulya, G. M. Prasad, and R. P. Verma, "Automation Of Underground Coal Mines Using Plc," *Journal of Mines, Metals & Fuels*, Special Issue on Mentca, pp. 174-181, 2015.
- [6] Y. N. Burali, "PLC Based Industrial Crane Automation & Monitoring," *International Journal of Engineering and Science*, vol. 1, no. 3, pp. 01-04, Sept. 2012.
- [7] OptiProERP company, "5 Benefits of Automation in the Manufacturing Sector," [Online]. Available: <https://www.optiproerp.com/blog/5-benefits-of-automation-in-the-manufacturing-sector/>. [Accessed June 10, 2022].
- [8] Lucas-Nuelle company, "HPC Continuous Valve Technology - Proportional Hydraulics," [Online]. Available: <https://www.lucas-nuelle.us/2768/apg/11103/HPC-Continuous-Valve-Technology-Proportional-Hydraulics.htm>. [Accessed June 10, 2022].
- [9] H. T. Bui, *Pneumatic and hydraulic control system*, Education Publishing House, (in Vietnamese), 2003.
- [10] Siemens, *S7 – 1200 Programmable controller System Manual*, Siemens AG, 2009, pp. 1-225.
- [11] Siemens company, "SIMATIC STEP 7 Basic/Professional V15.1 and SIMATIC WinCC V15.1," 2018. [Online]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109755202/simatic-step-7-basic-professional-v15-1-and-simatic-wincc-v15-1?dti=0&lc=en-AO>. [Accessed June 10, 2022].