

HỆ THỐNG MÔ HÌNH DÂY CHUYỀN SẢN XUẤT TỰ ĐỘNG SỬ DỤNG GIAO TIẾP PROFINET GIỮA CÁC PLC SIEMENS S7-1200 LẬP TRÌNH BẰNG TIA PORTAL

AUTOMATIC PRODUCTION LINES MODEL USING PROFINET COMMUNICATION BETWEEN PLC SIEMENS S7-1200S PROGRAMMED BY TIA PORTAL

Võ Như Thành¹, Đặng Phước Vinh¹, Ngô Thanh Nghị¹, Đoàn Lê Anh²

¹Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: thanhvous@gmail.com, dangphucvinh@gmail.com

²Trường Cao đẳng Công nghệ, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt: Bài báo này giới thiệu về mô hình sản xuất tự động sử dụng các trạm chức năng riêng biệt được kết nối bằng Profinet. Mô hình này gồm 4 khâu thường gặp ở một dây chuyền sản xuất trong thực tế đó là khâu lựa chọn sản phẩm, khâu gắn linh kiện vào sản phẩm, khâu lắp ghép sản phẩm đã có linh kiện, và khâu sắp xếp sản phẩm vào kệ chứa. Mỗi khâu của dây chuyền được điều khiển bằng một PLC S7-1200. Các khâu được kết nối trực tiếp với nhau bằng giao tiếp Profinet qua hai mô đun mở rộng Siemens CSM 1227 theo giao thức kiểu hình sao. Các PLC được lập trình bằng phần mềm TIA Portal sử dụng các ngôn ngữ FBD, LAD, và SCL. Mô hình đã được kiểm tra hoạt động trong thực tế và thể hiện được sự ổn định của từng khâu cũng như quá trình giao tiếp giữa các PLC. Thành công của mô hình cho phép thiết kế chế tạo dây chuyền sản xuất tự động bằng cách ghép các trạm riêng rẽ nhằm tiết kiệm thời gian thiết kế chế tạo.

Từ khóa: Profinet; PLC; FBD; LAD; SCL; TIA Portal; dây chuyền sản xuất; giao thức hình sao

Abstract: This paper introduces the model of automatic production lines using Profinet connection between Programmable Logic Controllers (PLCs). This model includes four commonly used stations in industrial production lines which are - products assortment station, components attachment station, assembly station, and products storage station. Each station is controlled by a Siemens PLC S7-1214 DC/DC/DC. These stations are directly communicated to each other via Profinet through 2 Ethernet switches CSM 1227 using "star topology". The PLCs are programmed in TIA Portal software using Function Block Diagram (FBD), Ladder Logic Diagram (LAD), and Structure Control Language (SCL) languages. The model has been tested in practical operation, and it demonstrated the stability of each station as well as the communication process between PLCs. The success of the model allows us to build the completed production lines by assembling their substations to save the time for design and fabrication.

Key words: Profinet; PLC; FBD; LAD; SCL; TIA Portal; production line; star topology

1. Phần mở đầu

Hệ thống tự động hóa tích hợp là hệ thống quản lý, điều khiển, giám sát và thu thập dữ liệu được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực và đặc biệt là quá trình sản xuất trong công nghiệp [1],[3],[4],[5]. Thông thường phần tử điều khiển trong hệ thống tự động hóa là các PLC với các tính năng ưu việt về tính ổn định, khả năng chống nhiễu cao và khả năng mở rộng cao bằng sự kết hợp với các module mở rộng [9],[10],[11]. Thời gian gần đây cùng với sự phát triển PLC thế hệ mới của Siemens sử dụng hệ thống truyền thông Profinet đã tạo điều kiện cho phép thiết kế hệ thống tự động hóa tích hợp giao tiếp trực tiếp giữa các PLC với nhau thay vì hệ thống Master-Slave như trước [6],[7]. Chuẩn truyền thông mới Profinet tận dụng lợi thế của giao tiếp bằng Ethernet nên có thể ứng dụng để thiết lập nhiều kiểu giao tiếp khác nhau như kiểu vòng (ring topology), kiểu hình cây (tree topology), kiểu hình sao (star topology)... [12]

Hiện nay dòng PLC S7-1200 với giá thành rẻ và độ ổn định tốt đang dần thay thế cho các dòng PLC S7-200 của Siemens và các dòng PLC thấp cấp của các hãng tự động hóa khác. Việc sử dụng cổng Ethernet để kết nối với máy tính và kết nối trực tiếp giữa các PLC mở ra hướng thiết kế hệ thống sản xuất tự động theo giao thức kết nối hình sao giữa các PLC. Chuẩn Profinet cho phép tạo ra giao tiếp thời

gian thực khoảng 1ms; ngoài ra, với sự nâng cấp của hệ thống Profinet lên V2.3 thì có thể tạo được thời gian kết nối trong 31.25 μ s. Ngoài thời gian kết nối và giao tiếp nhanh, Profinet còn có lợi thế nữa là ổn định và ít bị lỗi [12].

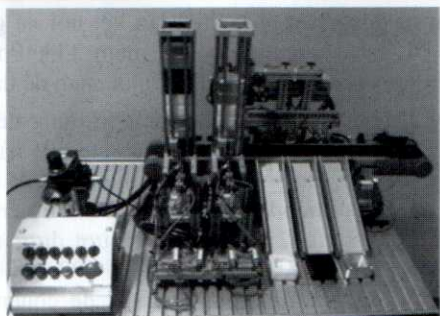
Bài báo chú trọng vào giao tiếp giữa các PLC. Hệ thống này là mô hình dây chuyền sản xuất tự động gồm 4 khâu thường gặp đó là khâu lựa chọn sản phẩm, khâu gắn linh kiện, khâu lắp ghép sản phẩm, và khâu sắp xếp sản phẩm vào kho chứa. Các khâu này được tác giả chế tạo riêng rẽ rồi sau đó sẽ kết nối lại với nhau thành một hệ thống tự động hoàn chỉnh thông qua hệ thống Profinet sử dụng giao thức hình sao.

2. Kết quả khảo sát và nghiên cứu

2.1. Giới thiệu các trạm chức năng sử dụng trong mô hình dây chuyền sản xuất tự động

2.1.1. Trạm lựa chọn sản phẩm theo nhiều tiêu chí khác nhau- màu sắc, chất liệu, định hướng, và thứ tự (trạm 1)[1]

Khung băng tải được chế tạo bằng hợp kim nhôm, băng tải bằng cao su tổng hợp kích thước 680mm \times 50 mm và được dẫn động bằng động cơ DC 24V. Khối cấp sản phẩm gồm 2 cột hình trụ vuông được làm bằng nhôm tổng hợp kích thước 230mm \times 80mm và có thể chứa được 10 phôi một lúc.[1] (Hình 1.).



Hình 1. Mô hình của trạm lựa chọn sản phẩm

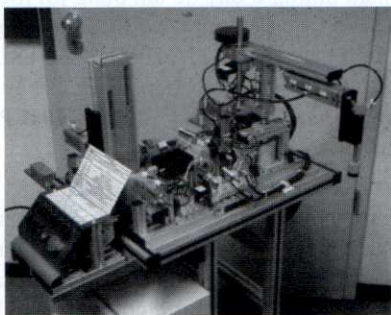
Hệ thống cảm biến sử dụng trong mô hình bao gồm cảm biến từ cảm IFM-IG5597 để phân loại vật liệu của sản phẩm, nguyên lý làm việc của cảm biến này là độ thay đổi trở kháng Z được mô tả bởi phương trình (1) với R là điện trở thuần và $j\omega L$ là trở kháng từ của cảm biến.

$$Z = R + j\omega L \quad (1)$$

Ngoài ra trạm còn có các cảm biến màu sắc, cảm biến siêu âm, và cảm biến hồng ngoại.

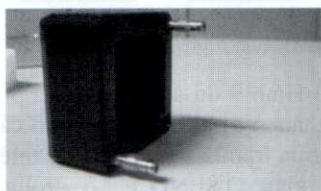
2.1.2. Trạm lấy sản phẩm và đóng vít vào sản phẩm (trạm 2)

Khi sản phẩm được đưa tới đầu cuối của băng tải sẽ có một cảm biến hồng ngoại tại phía cuối băng tải nhận biết có sản phẩm tại đó để ngừng băng tải và xuất tín hiệu qua PLC của trạm tiếp theo để điều khiển cánh tay robot lấy sản phẩm qua trạm và đóng vít vào sản phẩm. Trạm lấy sản phẩm bao gồm cánh tay gấp hàng kiểu RTT (quay, tịnh tiến, tịnh tiến) ba bậc tự do gồm 1 động cơ DC 24V điều khiển chuyển động quay và 2 piston để nâng hạ và co duỗi tay máy để đến vị trí sản phẩm. Ở phía đầu tay máy là một cơ cấu hút chân không để hút sản phẩm. Kích thước của tay máy khi vươn ra toàn bộ là 500mm × 400mm × 450 mm.



Hình 2. Trạm thử đóng vít vào sản phẩm

Cơ cấu đóng vít sản phẩm bao gồm 2 piston ở 2 bên, khi có tín hiệu vào thì cả 2 piston của 2 piston sẽ vươn ra ép chặt vít vào sản phẩm.



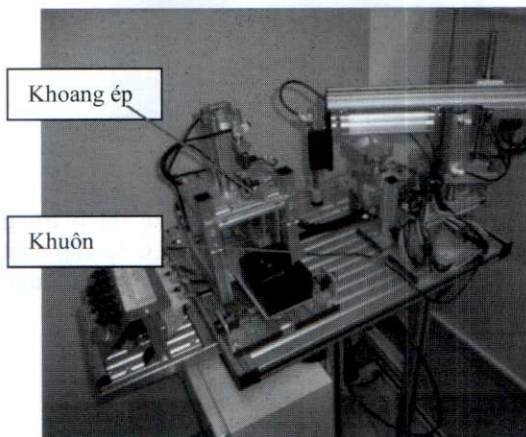
Hình 3. Sản phẩm đã được đóng vít

Cánh tay lại tiếp tục chuyển sản phẩm sang trạm tiếp theo để chờ lắp ráp. Khối màu trắng từ trạm 1 được cánh tay đưa trực tiếp đến trạm 3 không qua khâu đóng vít.

Để xác định đúng góc quay cần thiết của cánh tay, một encoder 16 xung/dây, bộ truyền bánh răng hành tinh có tỉ số truyền 102:1 và bộ bánh răng côn có tỉ số truyền 2:1 được sử dụng. Tỉ số truyền chung là 204:1 và encoder được đặt tại vị trí động cơ nên tương ứng với 1 vòng quay của cánh tay sẽ là $204 \times 16 = 3264$ xung/dây, tuy nhiên khi dùng bộ đếm tốc độ cao (HSC) thì nó sẽ đếm cả xung dương và âm vì vậy sẽ trở thành 6528 xung đếm được cho mỗi dây. Encoder gồm 2 dây channel A và channel B được nối vào bộ đếm HSC do vậy trở thành 13056 xung đếm được cho một vòng quay 360 độ. Như vậy để quay 180 độ hay 90 độ thì chỉnh ngõ ra của HSC khi xuất tín hiệu lần lượt là 6528 và 3264.

2.1.3. Trạm lắp ráp sản phẩm (trạm 3)

Các sản phẩm sau khi được cánh tay của trạm đóng vít chuyển đến và đặt trên giá đỡ của trạm lắp ráp sẽ được một cơ cấu cánh tay tương tự như cơ cấu ở trạm đóng vít gấp lên và chuyển vào trong khoang ép để ép sản phẩm màu đen (có vít) hướng lên vào sản phẩm trắng hướng xuống. Tín hiệu thả sản phẩm của cánh tay ở trạm 2 chính là tín hiệu cho cánh tay ở trạm này hoạt động.



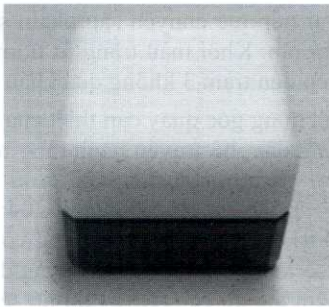
Hình 4. Trạm lắp ráp

Lúc này trên khuôn của khoang ép có hai khối nằm chồng lên nhau. Khuôn ép được cho vào trong khoang ép bằng một cơ cấu piston. Ở trong khoang ép thì 1 piston khác phía trên sẽ ép chặt xuống và giữ lực ép trong 2 giây để hoàn toàn lắp 2 sản phẩm lại với nhau (Hình 4.).

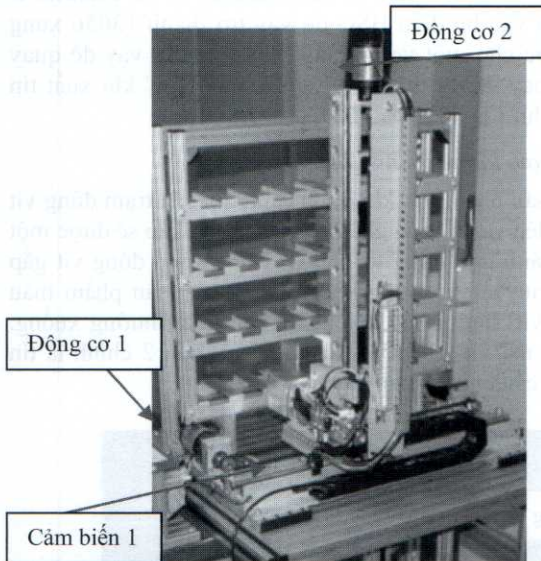
Sau khi lắp ráp xong thì sản phẩm được cánh tay hút lên và chuyển qua trạm cuối cùng để vào kho.

2.1.4. Trạm lưu kho (Trạm 4)

Sau khi sản phẩm đã được lắp ráp thành hình khối (Hình 5.) thì sản phẩm sẽ được chuyển sang trạm cuối cùng để lưu vào kho. Trạm cuối cùng này bao gồm một giá đỡ có 4 hàng mỗi hàng có 7 vị trí lưu sản phẩm. Tổng cộng bao gồm 28 vị trí trên kệ chứa sản phẩm.



Hình 5. Sản phẩm đã được lắp ráp



Hình 6. Trạm sắp xếp sản phẩm

Sau khi sản phẩm đã được xếp lên kệ thì ở trong Watch table (Hình 7.) của chương trình PLC sẽ cập nhật vị trí đó đã có sản phẩm và sản phẩm tiếp theo khi được xếp vào kệ sẽ ở vị trí ô tiếp theo.

Name	Address	Display format
sapxep.vitri[0, 0]	%DB22.DBX0.0	Bool
sapxep.vitri[0, 1]	%DB22.DBX0.1	Bool
sapxep.vitri[0, 2]	%DB22.DBX0.2	Bool
sapxep.vitri[0, 3]	%DB22.DBX0.3	Bool
sapxep.vitri[0, 4]	%DB22.DBX0.4	Bool
sapxep.vitri[0, 5]	%DB22.DBX0.5	Bool
sapxep.vitri[0, 6]	%DB22.DBX0.6	Bool
sapxep.vitri[1, 0]	%DB22.DBX1.0	Bool
sapxep.vitri[1, 1]	%DB22.DBX1.1	Bool

Hình 7. Watch table của khối sắp xếp

Thuật toán sắp xếp lên kệ được viết bằng ngôn ngữ SCL trong PLC để tiết kiệm thời gian lập trình cũng như tối ưu hóa khả năng sắp xếp của trạm. Ngôn ngữ, SCL cho phép tạo ra các vòng lặp và cập nhật dữ liệu sau mỗi chu trình, cho phép xây dựng thuật toán sắp xếp một cách tối ưu và tiết kiệm thời gian rất nhiều so với cách lập trình bằng FBD hay LAD như trước.

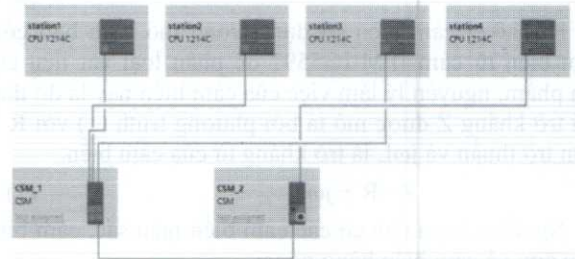
2.2. Các bộ điều khiển PLC S7-1200 và giao tiếp Profinet giữa các trạm với nhau

2.2.1. Kết nối giữa các bộ điều khiển PLC

Có tất cả 4 PLC Siemens S7-1214 DC/DC/DC sử dụng cho 4 trạm riêng biệt. Vì thế để mô hình hoạt động

hoàn toàn tự động cần phải thiết lập kết nối và giao tiếp giữa các PLC này. Ở trong phần mềm TIA Portal cho phép thiết lập kết nối giữa các PLC một cách dễ dàng.

Ở đây 2 module CSM 1277 được sử dụng để kết nối tất cả các trạm ở trên lại với nhau, các module này có thể được thay thế bởi các switch thông dụng vì kết nối giữa các PLC bằng giao tiếp Profinet theo chuẩn Ethernet. Các trạm 1, trạm 2, trạm 3, và trạm 4 lần lượt được thiết lập các IP tương ứng là 192.168.111.211, 192.168.111.212, 192.168.111.213, và 192.168.111.214 để chuẩn bị cho việc thiết lập giao tiếp trực tiếp giữa các trạm với nhau.



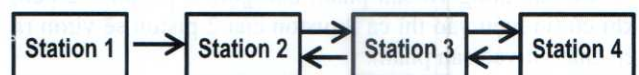
Hình 8. Thiết lập kết nối giữa các PLC sử dụng 2 module mở rộng Siemens CSM 1277

Các ngôn ngữ sử dụng để lập trình cho hệ thống bao gồm FBD và SCL. Ngôn ngữ FBD hay LAD rất hay được sử dụng trong lập trình PLC vì tính đơn giản dễ lập trình của chúng; ngôn ngữ này thường ứng dụng để giải các bài toán Logic đơn giản hay lập trình các ứng dụng có các hoạt động của các cơ cấu chấp hành theo trình tự [2]. Trong khi đó SCL lại rất tối ưu cho lập trình các quá trình lặp đi lặp lại liên tục.

2.2.2. Thiết lập hệ thống giao tiếp giữa các PLC

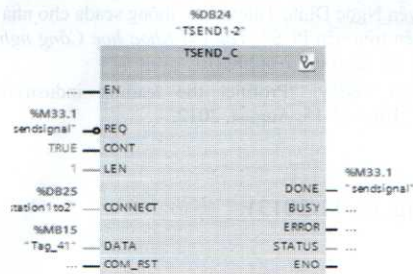
Quá trình kết nối có thể được sử dụng nhiều phương thức khác nhau nhưng ở đây để tận dụng lợi thế của chuẩn Ethernet, kết nối trực tiếp giữa các PLC sử dụng khối hàm có sẵn trong phần mềm TIA Portal là TSEND_C và TRCV_C. Ứng với mỗi giao tiếp từ PLC này sang PLC kia thì một cặp hàm TSEND_C được viết ở PLC gửi và TRCV_C được viết ở PLC nhận.

Như đã nói ở trên thì các trạm sẽ kết nối với nhau để truyền tín hiệu của sản phẩm đã kết thúc ở trạm trước và trạm tiếp theo có thể bắt đầu hoạt động. Ngoài ra thì tín hiệu ở trạm trước cũng phải chờ tín hiệu của trạm sau để tránh trường hợp sản phẩm được chuyển qua khi mà trạm sau chưa hết chu kỳ thì quá trình sản xuất tự động sẽ bị lỗi. Sơ đồ giao tiếp của các PLC được thể hiện ở Hình 9.



Hình 9. Sơ đồ tín hiệu giữa các PLC

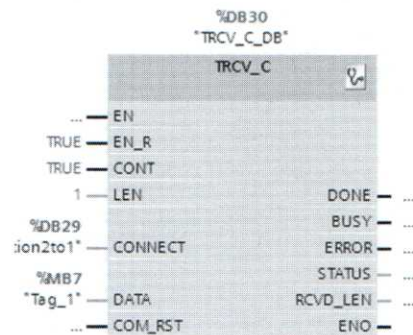
Theo sơ đồ Hình 9 thì sẽ có tất cả là 5 giao tiếp giữa các trạm với nhau. Với giới hạn của báo cáo nên chỉ nêu ra 1 giao tiếp giữa trạm 1 và trạm 2. Để thiết lập giao tiếp sẽ sử dụng khối TSEND_C ở trong “open user communication” của phần mềm TIA Portal.



Hình 10. Khối TSEND_C ở trạm thứ 1 (Trạm lựa chọn)

Trong khối TSEND_C (Hình 10.) tín hiệu REQ là tín hiệu vào để cho PLC có thể truyền tín hiệu được. Một cờ nhớ có tín hiệu ban đầu bằng 0 và lấy phủ định của nó để làm tín hiệu vào cho khối TSEND_C. Tín hiệu này cũng chính là tín hiệu của khối truyền xong dữ liệu DONE. Nguyên lý hoạt động là ban đầu tín hiệu vào “sendsignal” bằng 0 vì vậy khi đảo bit ở ngõ REQ sẽ trở thành 1 nghĩa là tín hiệu sẽ được cho phép truyền sang PLC nhận. Sau khi PLC ở trạm kia nhận được tín hiệu thì sẽ cho tín hiệu ở ngõ DONE bằng 1, làm cho tín hiệu “sendsignal” lúc này lại bằng 1 và đảo bit của nó tại ngõ REQ lúc này là bằng 0 và kết nối tạm thời bị ngắt. Khi đó thì tại ngõ DONE tín hiệu lại bằng 0 dẫn đến tín hiệu tại REQ sẽ trở lại là 0 và đảo bit của nó sẽ là 1 và tín hiệu lại được truyền đi. Quá trình như vậy lặp lại liên tục, có nghĩa là tín hiệu sẽ liên tục được truyền từ PLC gửi đến PLC nhận.

Ngoài ra thì dữ liệu để thiết lập kết nối được ghi ở khối data block “%DB25” của PLC gửi và “%DB29” của PLC nhận. Dữ liệu từ các tín hiệu ra hoặc của PLC gửi (theo bit) sẽ được ghi vào cờ nhớ “%MB15”. Sau đó, dữ liệu của cờ nhớ “%MB15” được gửi có độ lớn 1 byte (LEN=1) sẽ được ghi vào cờ nhớ “%MB7” của PLC nhận. Sau đó, các tín hiệu này sẽ được chuyển lại theo bit của các ngõ ra hoặc vào của PLC nhận để làm tín hiệu điều khiển hoạt động của trạm nhận.



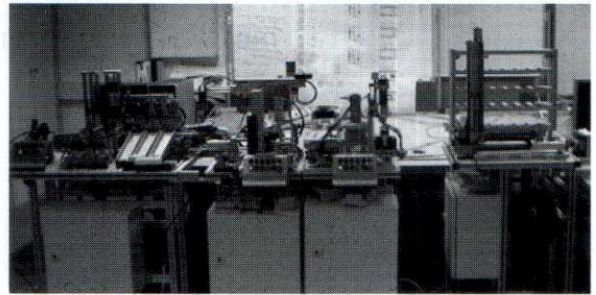
Hình 11. Khối TRCV_C ở trạm thứ 2 (Trạm đóng vít)

2.2.3. Kết quả thực nghiệm

Sau khi kết nối hoàn tất các PLC với nhau và thiết lập các giao tiếp cho hệ thống hoạt động, thì hệ thống được chạy thử nhiều lần và cho được hoạt động chính xác trong giao tiếp của các khâu. Tuy chương trình lập trình cho từng hệ thống chưa được tối ưu nhưng hệ thống đã hoạt động tốt chứng tỏ được tính ưu việt của phương thức giao tiếp bằng Profinet là đơn giản, dễ ứng dụng và tận dụng được ưu thế của chuẩn Ethernet.

3. Kết luận

Trong mô hình này, các trạm tuy được lập trình riêng biệt rồi sau đó chỉ sử dụng phương thức kết nối Profinet để truyền và nhận dữ liệu qua lại tạo thành một mô hình dây chuyền sản xuất tự động hoàn chỉnh.



Hình 12. Mô hình hoàn chỉnh và được chạy thử nghiệm

Điều này cho phép chế tạo và thiết kế các giai đoạn rời rạc của một hệ thống hoàn chỉnh bởi nhiều bộ phận hoặc nhiều nhóm làm việc khác nhau, sau đó thì các giai đoạn rời rạc này sẽ được kết nối thông qua chuẩn Profinet tạo thành một dây chuyền ổn định.

Việc chia nhiều nhóm làm việc tạo nên khả năng hoàn thành công việc nhanh hơn. Ngoài ra khi cần mở rộng thêm dây chuyền sản xuất thì cũng chỉ cần chế tạo thêm bộ phận mở rộng riêng biệt không cần can thiệp vào hệ thống chính đang hoạt động, như vậy năng suất lao động sẽ không bị ảnh hưởng nhiều. Ngoài ra chuẩn Profinet còn cho phép mở rộng giao tiếp với máy tính, các màn hình HMI nhằm tạo ra một hệ SCADA hoàn chỉnh và hoàn toàn tiết kiệm được thời gian thiết kế chế tạo. Hướng phát triển đề tài là ứng dụng tiêu chuẩn Profinet V2.3 để có giao tiếp cực nhanh giữa các bộ điều khiển PLC nhằm tối ưu năng suất cho các ứng dụng phức tạp hơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vo Nhu Thanh, Vo Nhu Tien, Prototype of complex sorting station for categorizing products by color, material, orientation, and in sequence using siemens plc s7-1200 family controller, UD's Journal of Science and Technology, Vol 6(67) Pg. 75-69, 2013.
- [2] Vo Nhu Thanh, Transformation Method from Hi-Graph Language to FBD (Function Block Diagram) using SR (Set-Reset) Block in Siemens Simatic Software for PLC (Programmable Logic Controller) Programming, UD's Journal of Science and Technology, Vol 6(67) pg.64-67, 2013.
- [3] Boyer, Stuart, A. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition, Instrument Society of America, Research Triangle, NC. 1993.
- [4] Ezell, Barry, Supervisory Control and Data Acquisition Systems for Water Supply and Its Vulnerability to Cyber Risks, available on the internet at: <http://watt.seas.virginia.edu/~bce4k/home.html>. (August 1997).
- [5] C.T Jones, Step 7 in 7 Steps, Patrick-Turner Publishing, 2nd edition (2006).
- [6] Siemens Co., Ethernet Communication: Data Exchange S7-1200 <-> S7-1200, Configuration Example X17, September 2010.
- [7] Siemens Co., SIMATIC TIA Portal Step 7 Basic V10.5, Siemens AG, 12/2009.
- [8] C. Clarke, D. Reynders, E. Wright Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and Related Systems (2004).
- [9] K. Gowri Shankar, Control of Boiler Operation using PLC – SCADA, IMECS 2008, 19-21 March, 2008, Hong Kong.

