

NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN DÂY CHUYỀN VẬN CHUYỂN ĐA CẦU TRỤC SỬ DỤNG BỘ LOGIC KHẢ TRÌNH PLC

RESEARCH ON IMPROVED THE MULTI-OVERHEAD CRANE CONTROLLER BY USING PLC

Nguyễn Văn Tiến

Khoa Điện-Điện tử

Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt: Bài báo trình bày nghiên cứu và thiết kế để cải tiến bộ điều khiển của dây chuyền vận chuyển sử dụng nhiều cầu trục trong một nhà máy lắp ráp ô tô, sử dụng PLC (Programmable Logic Controller). Những cải tiến mới cho phép thực hiện chức năng tự động làm hàng và tự động dừng để tránh va chạm. Điều này giúp nâng cao năng suất và hạn chế tối đa những tai nạn do va chạm làm hư hỏng hàng hóa và thiết bị. Các thử nghiệm tại nhà máy cho thấy, hệ thống cải tiến cho phép nâng cao 10 - 15% và không xuất hiện sự cố va chạm giữa các cầu trục khi đang làm hàng. Đánh giá chung về kết quả cho thấy hệ thống hoạt động tốt, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật đề ra.

Từ khóa: Cảm biến tiệm cận, cầu trục, Siemens S7-1200, phần tử logic.

Chỉ số phân loại: 2.1

Abstract: This paper presents researches and designs to improve controller of multi-overhead crane system in a car assembly factory by using PLC. The abilities of the new controller are automatic moving and lifting, it also has ability of automatic stopping to avoid suddenly collisions. The controller ensure to improve productivity and minimize of collisions that make to damage goods and equipment during handling. Tests at the factory showed that the improved system allowed an increase of 10-15% and there was no collision between cranes during loading. The overall evaluation of the results shows that the system works well, meeting all technical requirements.

Keywords: Proximity sensor, overhead-cranes, Siemens S7-1200, logic elements.

Classification number: 2.1

1. Giới thiệu

Cầu trục là loại một thiết bị nâng hạ gồm hai cơ cấu chuyển động ngang và dọc để đảm bảo các thao tác nâng hạ, di chuyển hàng trong không gian làm việc của cầu trục tại nhà xưởng [1]. Việc sử dụng cầu trục rất tiện lợi cho việc bốc, xếp hàng hóa các vật có tải trọng lớn, kích thước công kênh (sắt, thép, bê tông...). Sức nâng lớn từ 1 tấn đến 500 tấn, vận hành chủ yếu bằng các động cơ điện nên cầu trục được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp.

Trong ngành công nghiệp lắp ráp nói chung và lắp ráp ô tô nói riêng, một sản phẩm phải trải qua nhiều nguyên công trước khi hoàn thiện vì vậy trong phân xưởng thường trang bị hệ thống nhiều cầu trục hoạt động trên cùng một ray để thực hiện vận chuyển sản phẩm giữa các công đoạn.

Đối tượng triển khai của nghiên cứu trong bài báo là hệ thống cầu trục của phân xưởng lắp ráp ô tô trên địa bàn thành phố Hải Phòng bao gồm năm cầu trục. Hình ảnh cầu

trục và thông số kỹ thuật như trong hình 1 và bảng 1.

Bảng 1. Thông số cầu trục DEMAG.

Hãng sản xuất	DEMAG(Đức)
Tải trọng	2500 kg
Tốc độ di chuyển	10-30 m/phút
Tốc độ nâng/hạ	5-7m/phút
Số cấp tốc độ	2
Phương pháp điều khiển	Thủ công
Độ cao nâng tối đa	8m
Điện áp hoạt động	380VAC/50Hz

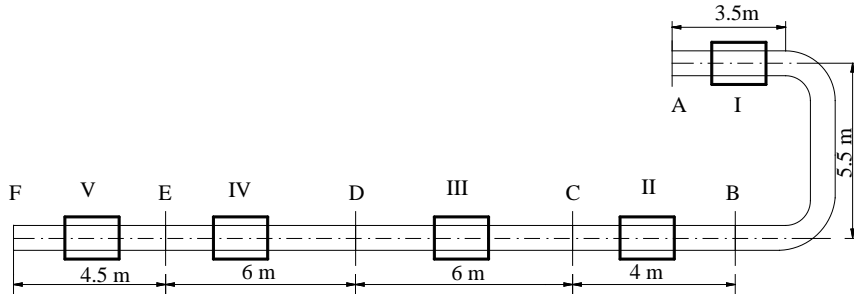


Hình 1. Cầu trục phân xưởng lắp ráp ô tô.

Các cầu trục được bố trí hoạt động tại năm khu vực khác nhau trong công đoạn lắp

ráp (hình 2). Vỏ xe được hoàn thiện ở khu vực I sau đó được cầu trục số I di chuyển đến khu vực II để lắp bình xăng và hệ thống ống dẫn nhiên liệu. Tại khu vực III là lắp động cơ xe, khu IV là lắp bánh xe, khu V là lắp ráp cửa xe trước khi được cầu trục V đưa đến

khu vực kiểm tra và hoàn thiện. Để điều khiển cầu trục, người công nhân sử dụng một tay điều khiển (có dây) để điều khiển cầu trục đến những vị trí mong muốn. Điều này dẫn tới năng suất không cao do luôn cần có người điều khiển đi theo cầu trục để điều khiển.



Hình 2. Bố trí các cầu trục cho các công đoạn.

Ngoài ra, nguy cơ va chạm với các cầu trục khác là rất cao khi các cầu trục cùng hoạt động trên một ray và không có hệ thống tự động dừng khi tới quá gần một cầu trục khác. Do vậy cần cải tiến hệ thống cầu trục sẵn có của nhà máy để thực hiện được các yêu cầu:

- Tự động dừng lại để tránh va khi tới gần các cầu trục khác;
- Tự động làm hàng trong khu vực hoạt động của cầu trục;
- Các vị trí làm hàng có thể thay đổi tùy linh hoạt (vị trí A, B, hoặc F,... có thể thay đổi);
- Không can thiệp vào bộ điều khiển sẵn có của cầu trục để không làm ảnh hưởng tới sự ổn định của cầu trục.

Qua nghiên cứu sơ đồ nguyên lý [2] thấy rằng, mỗi cầu trục sẽ sử dụng các nút ấn trên một bộ điều khiển bằng tay để thực hiện các thao tác di chuyển như: Nâng, hạ, trái và phải. Thông qua việc ấn nút, bộ điều khiển bằng tay sẽ cấp một tín hiệu điện áp xoay chiều 24VAC tới các đầu vào tương ứng của bộ điều khiển cầu trục (bộ driver) từ đó thực hiện đảo chiều hoặc thay đổi tốc độ của hai động cơ không đồng bộ ba pha. Do vậy, nếu ta đưa được các tín hiệu thích hợp đến đầu vào của bộ điều khiển cầu trục thì có thể điều khiển tự động nó.

Giải pháp đề cập trong bài báo là khi chuyển sang chế độ tự động, bộ điều khiển

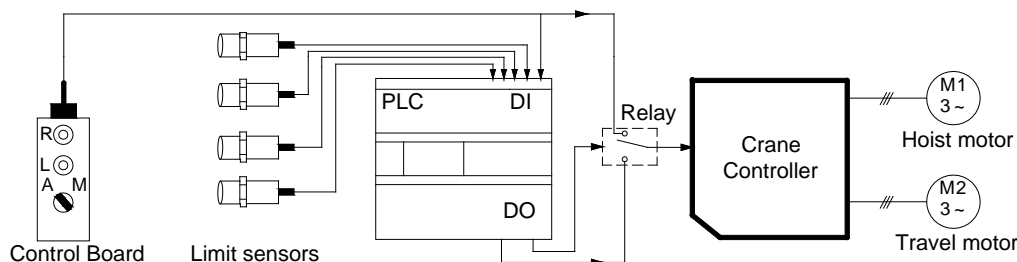
bằng tay của cầu trục sẽ được ngắt ra và tín hiệu đưa tới bộ điều khiển cầu trục sẽ do một bộ PLC cung cấp. Sở dĩ lựa chọn PLC vì đây là thiết bị đáp ứng các yêu cầu chỉ tiêu chất lượng công nghiệp, có tính khả trình cao [3], do vậy có thể triển khai các thuật toán tự động bằng phần mềm giúp cho hệ thống trở nên linh hoạt hơn sử dụng rơ le hay mạch số.

2. Cấu trúc cải tiến của hệ thống

Trên hình 2 là cấu trúc đề xuất để cải tiến hệ thống điều khiển cầu trục, bao gồm:

- Cảm biến giới hạn hành trình (Limit Sensors);
- Bộ PLC đóng vai trò thiết bị điều khiển trong chế độ tự động;
- Điều khiển (Control Board) sử dụng điều khiển cầu trục trong chế độ bằng tay;
- Rơ le (Relay) chuyển mạch tín hiệu điều khiển;
- Bộ điều khiển và driver (Crane Controller) điều khiển động cơ nâng hạ và di chuyển.

Để chuyển đổi giữa chế độ tự động và chế độ bằng tay, người vận hành thay đổi vị trí công tác A/M (Auto - Manual) trên điều khiển. Khi lựa chọn chế độ điều khiển bằng tay, rơ le sẽ chuyển mạch lên vị trí trên để đưa tín hiệu từ tay điều khiển vào trực tiếp bộ điều khiển cầu trục mà không cần thông qua PLC.



Hình 2. Cấu trúc cải tiến với PLC

Khi chuyển sang chế độ tự động, rơ le tín hiệu sẽ chuyển xuống vị trí bên dưới, khi đó các lệnh điều khiển sẽ được xuất ra từ PLC để đi đến bộ điều khiển cầu trục. Để tự động làm hàng hệ thống sẽ cần phải có bốn cảm biến (hai cho phía trước và hai cho phía sau) để giới hạn hành trình. Hai cảm biến để tạo tín hiệu bắt đầu và kết thúc hành trình. Hai cảm biến khác gắn trên cầu trục để tạo ra tín hiệu dừng tạm thời khi tới gần chướng ngại vật. Các cảm biến hành trình được lựa chọn là cảm biến quang. Cảm biến dạng này có ưu điểm lắp đặt dễ dàng, độ nhạy cao, làm việc ổn định [4].

3. Xây dựng, thiết kế hệ thống điều khiển

3.1. Các thiết bị sử dụng trong hệ thống

Trên hình 3 là các cảm biến sử dụng trong hệ thống. Đây là các cảm biến tiệm cận dạng quang phản xạ. Cảm biến này trên cơ sở nguyên lý sử dụng một bộ phát và thu hồng ngoại [4]. Khi tia hồng ngoại từ bộ phát vật chắn, sẽ phản xạ trở lại bộ thu và khi đó đầu ra của cảm biến sẽ tạo ra mức logic cao đưa tới PLC. Trong hệ thống sử dụng hai loại cảm biến.

Loại cảm biến thứ nhất để phát hiện kết thúc hành trình di chuyển của cầu trục, cảm biến này sẽ soi vào một tấm phản xạ được gắn trên ray đặt tại đầu và cuối mỗi hành trình. Do vậy cần sử dụng loại phát hiện khoảng cách gần. Trong bài báo sử dụng cảm biến SY-GY-30MFS với khoảng cách phát hiện 10-30cm sai lệch $\pm 10\%$ như trên hình 3(a)

Loại thứ hai dùng để phát hiện chướng ngại vật phía trước của cầu trục. Theo yêu cầu công nghệ khoảng cách dừng trước chướng ngại vật tối thiểu 1.6 m để đảm bảo

an toàn, cho nên cần lựa chọn loại cảm biến có khoảng cách phát hiện xa như cảm biến Autonics BA2M-DDTD [5], hình ảnh của cảm biến như hình 3(b), với khoảng cách phát hiện là 2 m.

Bộ PLC điều khiển hệ thống được lựa chọn là S7-1214C như hình 3(c). Đây là dòng PLC mới của Siemens có tốc độ nhanh và bộ nhớ lớn [6]. Ngoài ra S7-1214C còn tích hợp luôn các đầu vào/ra số và vào tương tự rất thuận tiện cho xây dựng hệ thống.



(a) Cảm biến SY-GY-30MFS



(b) Autonics BA2M-DDTD

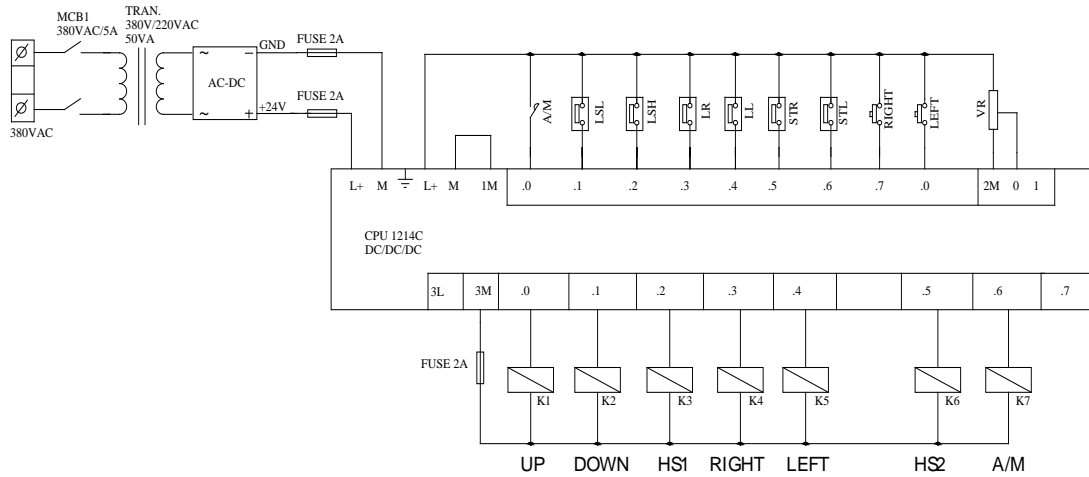


(c) PLC S7-1214

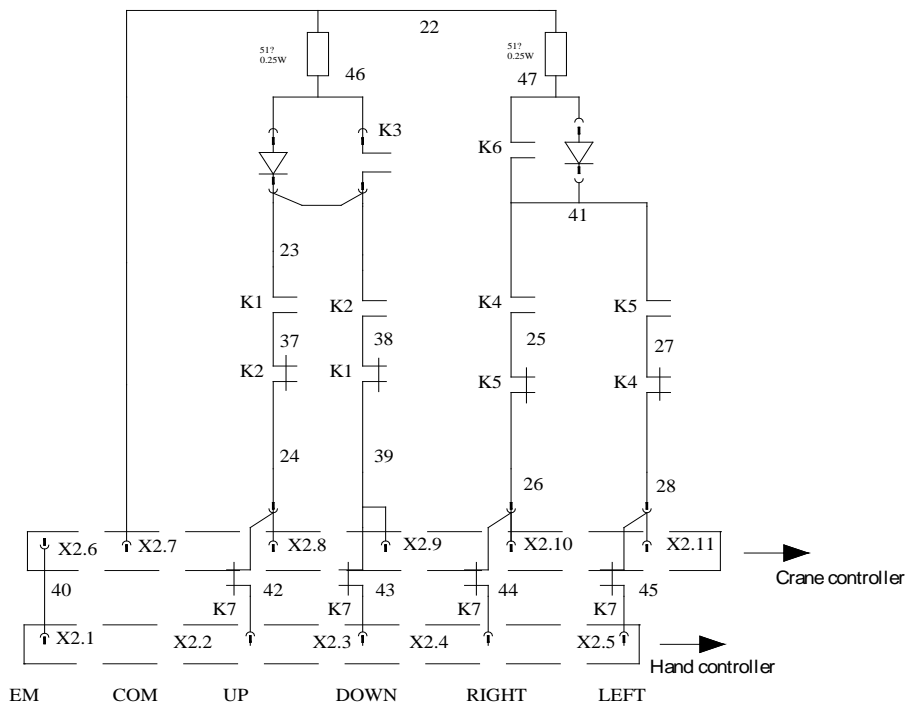
Hình 3. Lựa chọn cảm biến và PLC.

3.2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống

Theo cấu trúc đề xuất như hình 2, sơ đồ nguyên lý được triển khai như hình 4 và hình 5. Trên bảng 2 và 3 là đầu vào/ra tín hiệu của PLC.



Hình 4. Sơ đồ nguyên lý bộ điều khiển trung tâm.



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý rơ le trung gian cấp tín hiệu cho bộ điều khiển cầu trục.

Bảng 2. Đầu vào tín hiệu của PLC.

STT	Kí hiệu	Địa chỉ	Mô tả chức năng
1	A/M	I0.0	Tín hiệu chọn chế độ Auto/Manual
2	LSL	I0.1	Hạn vị chiều xuống của cơ cấu nâng hạ
3	LSH	I0.2	Hạn vị chiều nâng của cơ cấu nâng hạ
4	LR	I0.3	Cảm biến hạn vị cho chiều sang phải của cơ cấu di chuyển
5	LL	I0.4	Cảm biến hạn vị cho chiều sang trái của cơ cấu di chuyển
6	STR	I0.5	Cảm biến dừng khi gặp chướng ngại vật chiều sang phải
7	STL	I0.6	Cảm biến dừng khi gặp chướng ngại vật chiều sang trái
8	RIGHT	I0.7	Nút ấn sang phải
9	LEFT	I1.0	Nút ấn sang trái
10	VR	AI0	Biến trở hiệu thời gian chạy khi cần thay đổi vị trí làm hàng

Bảng 3. Bảng đầu ra của PLC.

STT	Kí hiệu	Địa chỉ	Mô tả chức năng
1	K1	Q0.0	Rơ le cấp tín hiệu điều khiển nâng hàng tốc độ 1
2	K2	Q0.1	Rơ le cấp tín hiệu điều khiển hạ hàng tốc độ 1
3	K3	Q0.2	Nâng/hạ tốc ở tốc độ 2 (tốc độ cao)
4	K4	Q0.3	Rơ le cấp tín hiệu điều khiển cầu trục di chuyển sang phải ở tốc độ 1
5	K5	Q0.4	Rơ le cấp tín hiệu điều khiển cầu trục di chuyển sang trái ở tốc độ 2
6	K6	Q0.5	Di chuyển ở tốc độ 2
7	K7	Q0.6	Chuyển đổi chế độ thành Auto

Dựa trên sơ đồ nguyên lý, tủ điều khiển điều khiển thiết kế như trong hình 6 và hình 7. Tủ điều khiển có kích thước 35x50 cm, các thiết bị được lựa chọn để sử dụng là các thiết bị chuẩn công nghiệp.

4. Xây dựng thuật toán và thử nghiệm

4.1. Xây dựng thuật toán

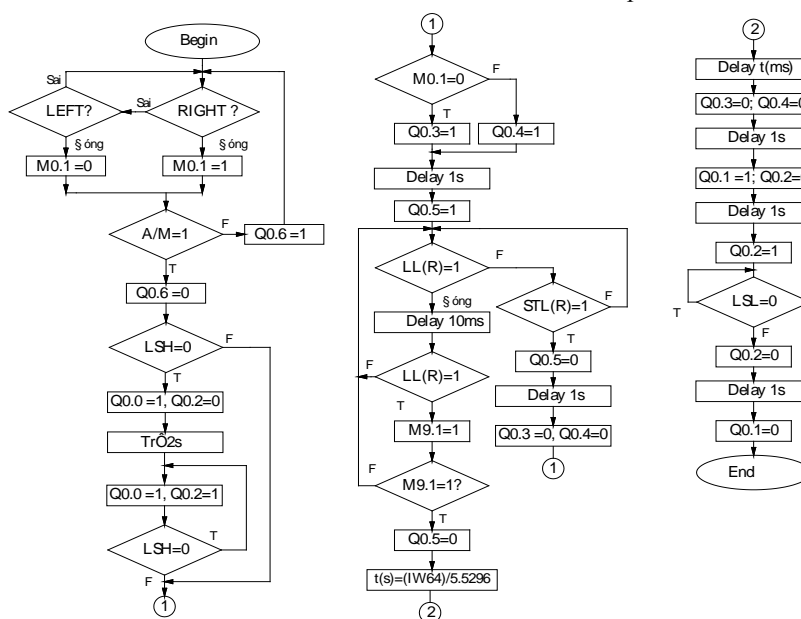
Thuật toán điều khiển như hình 8. Khi ấn nút sang trái (LEFT) hoặc sang phải (RIGHT), chương trình sẽ đặt một bit nhớ là M0.1 để nhớ trạng thái. Sau đó chương trình kiểm tra chế độ là Auto hay Manual. Nếu chế độ được lựa chọn là Manual thì đầu ra Q 0.6 = 1 để ngắt tín hiệu từ PLC đến bộ điều khiển cầu trục. Khi chế độ là Auto thì PLC sẽ điều khiển cầu trục thực hiện theo chu trình hạ móc lấy hàng tại cuối mỗi nguyên công, nâng móc, dịch chuyển tới đầu nguyên công tiếp theo và hạ hàng. Để giảm rung lắc khi thay đổi tốc độ đột ngột các chuyển động của cầu trục đều được điều khiển theo hai cấp tốc độ.



Hình 6. Bên trong tủ điều khiển.



Hình 7. Lắp tủ điều khiển vào cầu trục.



Hình 8. Lưu đồ thuật toán chương trình.

4.2. Thử nghiệm hệ thống



Hình 9. Hình ảnh cầu trục số 4 đang làm việc tại nhà máy.

Sau khi xây dựng xong phần mềm cho tủ điều khiển trung tâm bằng phần mềm Tia Portal theo thuật toán đã chỉ ra trong hình 8. Tác giả đã tiến hành thử nghiệm hệ thống thực hiện chức năng là tránh va tự động và tự động làm hàng như hình 9.

Thử nghiệm thực tế cho thấy, khoảng cách mà các cầu trục có thể tự động giảm tốc để dừng cách cầu trục khác 1.6 m. Khi dừng hoàn toàn, khoảng cách giữa hai đầu xe là 0.8 m. Khoảng cách dừng có thể thay đổi bằng cách chỉnh độ nhạy của cảm biến quang phản xạ BA2M-DDTD, tối đa lên tới 2 m. Khi chạy trong chế độ tự động làm hàng (có tải), thì sai lệch vị trí khi dừng làm hàng là 10÷25 cm. Do quán tính của cầu trục lớn, vì vậy việc dừng chính xác vị trí đặt là rất khó khăn. Khoảng cách này theo phía nhà máy là chấp nhận được vì sau khi cầu trục kết thúc quá trình làm hàng tự động thì người công nhân luôn phải có quá trình tinh chỉnh vị trí cầu trục để xe khớp với vị trí đỡ. Quá trình tinh chỉnh này xe bù lại được sai lệch trên. Khi trao đổi với phía nhà máy, trước khi lắp ráp hệ thống tự động làm hàng thì năng suất phân xưởng là 10 - 11 xe/giờ. Sau khi lắp hệ thống tự động làm hàng và tránh va thì năng suất tăng lên khoảng 10 - 15% và không xuất hiện

sự cố va chạm giữa các cầu trục khi đang làm hàng. Đánh giá chung về kết quả cho thấy hệ thống hoạt động tốt, đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật đề ra, đã được bên phía doanh nghiệp nghiệm thu đưa hệ thống vào sản xuất.

5. Kết luận

Bài báo đề xuất và thiết kế thành công bộ điều khiển cho hệ thống nhiều cầu trục sử dụng PLC S7-1200. Hệ thống được thử nghiệm trong thực tế sản xuất cho kết quả tốt, hoạt động ổn định, đáp ứng các chế độ tự động làm hàng và dừng tạm thời để tránh va chạm. Sản phẩm được phía doanh nghiệp đánh giá cao, góp phần nâng cao năng suất và giảm tai nạn do va chạm.

Bài báo là sản phẩm công bố kết quả nghiên cứu của đề tài khoa học cấp trường năm học 2019-2020: “Nghiên cứu thiết kế điều khiển cho hệ thống vận chuyển dùng nhiều cầu trục trong nhà máy lắp ráp ô tô” □

Tài liệu tham khảo

- [1] **Bùi Quốc Khánh, Hoàng Xuân Bình (2016)**, *Trang bị điện-điện tử tự động hóa cầu trục và cần trục*, NXB Khoa học và Kỹ thuật;
- [2] Bản vẽ sơ đồ nguyên lý cầu trục DEMAG 2.5T;
- [3] **Nguyễn Doãn Phước, Phan Xuân Minh (2013)**, *Tự động hóa với Simantic S7-300*, NXB Khoa học và Kỹ thuật;
- [4] **Lê Văn Doanh và các tác giả (2014)**, *Các bộ cảm biến trong đo lường và điều khiển*, NXB Khoa học và Kỹ thuật;
- [5] https://www.autoniconline.com/product/product&product_id=686.
- [6] **Trần Văn Hiếu (2018)**, *Tự động hóa PLC S7-1200*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.

Ngày nhận bài: 27/2/2020

Ngày chuyển phản biện: 31/3/2020

Ngày hoàn thành sửa bài: 21/4/2020

Ngày chấp nhận đăng: 28/4/2020