

ỨNG DỤNG CẢM BIẾN TẢI TRỌNG LOADCELL TRONG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VÀ GIÁM SÁT MỨC NƯỚC

APPLICATION OF LOADCELL SENSOR IN THE WATER CONTROL AND MONITORING SYSTEM

Đinh Thị Hằng, Hoàng Xuân Chính,

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

Đến Tòa soạn ngày 05/06/2020, chấp nhận đăng ngày 24/06/2020

Tóm tắt: Cùng với sự phát triển của cuộc cách mạng công nghiệp, thiết bị cảm biến dần thay thế cho các phương pháp đo mức chất lỏng truyền thống. Bài báo lựa chọn giải pháp điều khiển và giám sát mức chất lỏng trong bình chứa sử dụng cảm biến tải trọng Loadcell, trong đó thiết bị đo không cần tiếp xúc trực tiếp với môi trường đo và kết quả thực nghiệm bước đầu cho thấy mức chất lỏng cần điều khiển trong bình đo (lấy từ cảm biến tải trọng Loadcell) luôn bám theo giá trị mức đặt, có sự quá điều chỉnh tại những thời điểm mức đặt thay đổi, sai lệch ở trạng thái ổn định khá nhỏ ($<6\%$). Mô hình hệ thống điều khiển mức chất lỏng này hiện đang phục vụ cho học phần thí nghiệm điều khiển quá trình tại Khoa Điện, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp. Ngoài ra việc sử dụng cảm biến tải trọng Loadcell để điều khiển và giám sát mức chất lỏng có thể ứng dụng đo mức nước các tòa nhà cao tầng, khách sạn, bồn chứa xăng dầu, dây chuyền sản xuất sữa, nước giải khát, các nhà máy công nghiệp.

Từ khóa: cảm biến tải trọng Loadcell, điều khiển và giám sát mức nước, bộ điều khiển PID.

Abstract: With the development of the industrial revolution, sensors gradually replaced traditional fluid level measurement methods. In this paper, we select the solution to control and monitor the liquid level in the tank using the loadcell sensor, in which the measuring device does not need to be directed contact with the measuring environment and the initial experimental results show that the level of the fluid to be controlled in the measuring vessel (taken from the loadcell sensor) always adheres to the set value, there is too much adjustment at the time the set level changes, the deviation in steady-state is quite small ($< 6\%$). This fluid level control system model currently serves for the practice of process control on the test module at the Department of Electrical Engineering, University of Industrial Economics, and Technology. Besides, the use of the Loadcell sensor to control and monitor the liquid level can be applied to measure the water level of high-rise buildings, hotels, petrol tanks, milk and beverage production lines, industrial plants.

Keywords: loadcell, control and supervise water level, PID controller.

1. PHẦN MỞ ĐẦU

Thiết bị đo mức đơn giản và cổ nhất trong công nghiệp là một loại bình trong suốt, đó là phương pháp đo thủ công truyền thống có nhiều hạn chế: vật liệu của thiết bị có thể bị ăn mòn, chịu sự tác động của môi trường; tiếp xúc trực tiếp với môi trường đo; có thể xảy ra tình trạng cháy, nổ dễ rò rỉ chất lỏng qua nắp,

và cặn của chất lỏng có thể hạn chế tầm nhìn. Do có quá nhiều hạn chế, nên thiết bị này nhanh chóng được thay thế bởi các thiết bị công nghệ tiên tiến hơn.

Hiện nay, cảm biến đo mức tiếp xúc trực tiếp với chất lỏng có khá nhiều loại khác nhau: đo mức dạng phao, đo mức dạng thủy tĩnh, đo mức bằng áp suất, đo mức bằng điện dung...

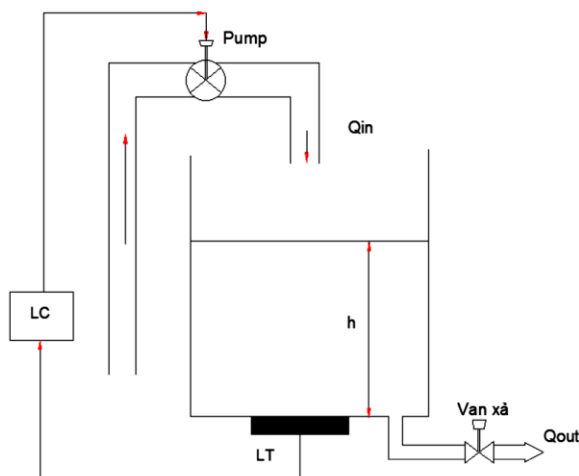
Mỗi loại đo mức chất lỏng trong một điều kiện cụ thể sẽ có một loại cảm biến đo mức tối ưu nhất. Gần đây, một số nhóm nghiên cứu tối ưu hệ điều khiển mực chất lỏng công nghiệp với bộ điều khiển Fuzzy logic [1] hay ứng dụng logic mờ trong hệ thống điều khiển mức nước [2]. Tuy nhiên những nhóm này sử dụng cảm biến áp suất chênh áp để đo chiều cao mực nước trong bồn vẫn dừng lại ở quá trình thực hiện cho cảm biến tiếp xúc trực tiếp với môi trường chất lỏng cần đo. Trong điều kiện môi trường hóa chất và dẫn điện thì các loại cảm biến đo mức này thiếu tính an toàn trong điều kiện tiếp xúc trực tiếp.

Nắm bắt được nhu cầu này, chúng tôi đã mạnh dạn nghiên cứu ứng dụng cảm biến tải trọng Loadcell để xây dựng mô hình hệ thống điều khiển và giám sát mức chất lỏng. Để thuận tiện cho quá trình tìm hiểu và thực nghiệm, ứng dụng cho học phần thí nghiệm trên phòng thực hành điều khiển quá trình, nhóm đã chọn và xây dựng mô hình điều khiển mức nước trong bình.

2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan đối tượng nghiên cứu

Xét hệ điều khiển mức nước trong bể chứa gồm:



Hình 1. Hệ điều khiển mức nước trong bể

Trong đó:

h là chiều cao mức nước trong bình;

Q_{in} là lưu lượng vào;

Q_{out} là lưu lượng ra;

A là tiết diện của bình ;

Cảm biến đo Loadcell đo mức chất lỏng LT ;

Bộ điều khiển LC (PLC điều khiển BT) ;

Máy bơm: Pump.

Khi máy bơm bơm một lưu lượng nước là Q_{in} vào trong bình thì mức nước trong bình tăng lên một lượng tương ứng. Cảm biến tải trọng Loadcell thông qua đo khối lượng nước trong bình chứa; LT sẽ đo mức nước trong bình và so sánh với giá trị đặt (SP: set point) để thông báo tới bộ điều chỉnh LC điều chỉnh lưu lượng nước do máy bơm cung cấp. Mức nước trong bình chứa luôn được duy trì [3]. Một số yêu cầu kỹ thuật chung được đặt ra đối với mô hình này là: đảm bảo chạy an toàn, ổn định; độ chính xác của bộ cảm biến: lệch không quá 6%; bộ cảm biến linh hoạt, dễ ghép nối với các thiết bị sẵn có.

(Điều kiện: Lượng ra là tuyến tính theo độ cao $Q_{out} = a * g * h$).

2.2. Giới thiệu cảm biến tải trọng Loadcell

Loadcell là thiết bị cảm biến dùng để chuyển đổi lực hoặc trọng lượng thành tín hiệu điện. "Strain gage" tức là cấu trúc có thể biến dạng đàn hồi khi chịu tác động của lực tạo ra một tín hiệu điện tỷ lệ với sự biến dạng này [4]. Loadcell thường được sử dụng để cảm ứng các lực lớn, tĩnh hay các lực biến thiên chậm. Một số trường hợp loadcell được thiết kế để đo lực tác động mạnh phụ thuộc vào thiết kế của Loadcell.

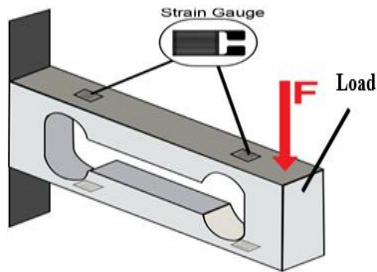
2.2.1. Cấu tạo

Loadcell được cấu tạo bởi hai thành phần, thành phần thứ nhất là "Strain gage" và thành phần còn lại là "Load".

- Strain gauge là một điện trở đặc biệt chỉ nhỏ bằng móng tay, có điện trở thay đổi khi bị nén

hay kéo dãn và được nuôi bằng một nguồn điện ổn định, được dán chết lên “Load”

- “Load” - một thanh kim loại chịu tải có tính đàn hồi.

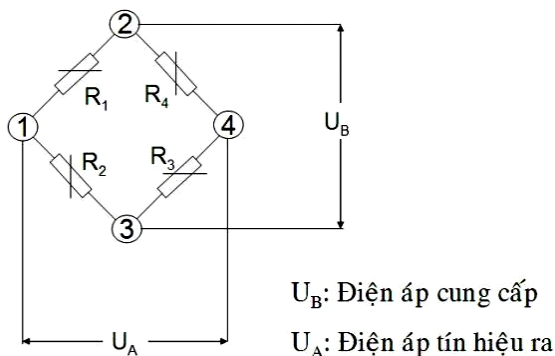


Hình 2. Cấu tạo cảm biến tải trọng Loadcell

2.2.2. Nguyên lý hoạt động

Thanh kim loại này một đầu được gắn cố định, đầu còn lại tự do và gắn với mặt bàn cân (đĩa cân), cấp một nguồn nuôi cho cảm biến Loadcell.

Điện trở strain gauges R_1, R_2, R_3, R_4 kết nối thành 1 cầu điện trở Wheatstone như hình dưới và được dán vào bề mặt của thân Loadcell.



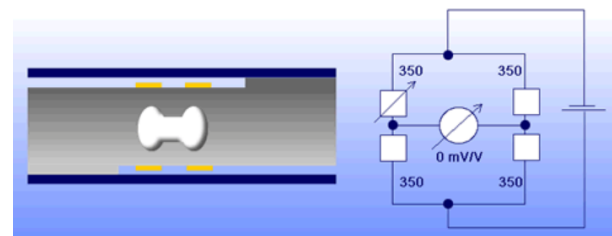
Hình 3. Cầu điện trở Wheatstone dán trên bề mặt loadcell

Một điện áp kích thích được cung cấp cho ngõ vào loadcell (góc (2) và (3) của cầu điện trở Wheatstone) và điện áp tín hiệu ra được đo giữa hai góc khác (góc (1) và (4)). Tại trạng thái cân bằng (trạng thái không tải), điện áp tín hiệu ra là số 0 hoặc gần bằng 0 khi bốn điện trở được gắn phù hợp về giá trị. Đó chính là lý do tại sao cầu điện trở Wheatstone còn được gọi là một mạch cầu cân bằng. Khi bỏ một vật

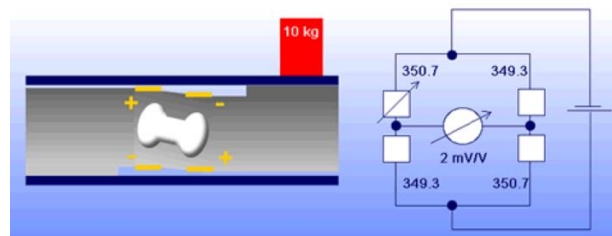
có trọng lượng hoặc lực tác động lên đĩa, thanh kim loại này sẽ bị uốn cong làm cho thân Loadcell bị biến dạng, điều đó dẫn tới sự thay đổi chiều dài và tiết diện của các sợi kim loại của điện trở strain gauge dán trên thân Loadcell. Điện trở Strain gauge sẽ bị thay đổi theo mối quan hệ:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Như vậy, tùy theo khối lượng vật mà thanh kim loại sẽ bị uốn đi một lượng tương ứng và lượng này được đo lường qua sự thay đổi điện trở của strain gauge. Khi đó dòng điện trở tăng giảm đều phụ thuộc vào mức độ co dãn của dây kim loại tích hợp trên Loadcell. Sự thay đổi này dẫn tới sự thay đổi trong điện áp đầu ra.



a. Khi chưa đặt vật



b. Khi đặt vật có trọng lượng

Hình 4. Sự thay đổi điện áp đầu ra của Loadcell

Thông thường, thanh kim loại sẽ được cấu tạo sao cho bất chấp vị trí ta đặt vật cân lên bàn/đĩa, nó đều cho cùng một mức độ bị uốn như nhau.

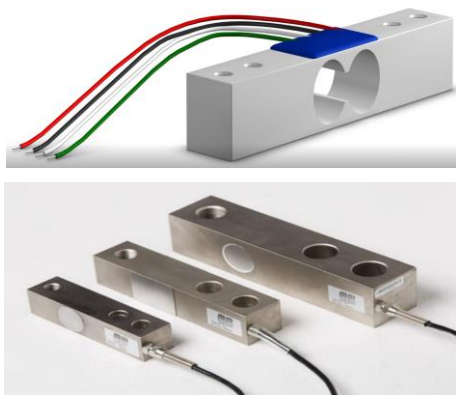
2.2.3. Phân loại và cách quy định màu dây cảm biến tải trọng Loadcell

- Phân loại Loadcells:
 - Phân loại Loadcell theo lực tác động: chịu kéo (shear loadcell), chịu nén (compression

loadcell), dạng uốn (bending), chịu xoắn (TensionLoadcell).

- Phân loại theo hình dạng: dạng đĩa, dạng thanh, dạng trụ, dạng cầu, dạng chữ S.

- Phân loại theo kích thước và khả năng chịu tải: loại nhỏ, vừa, lớn.



Hình 5. Cảm biến tải trọng Loadcell

▪ Cách quy định màu dây tín hiệu:

Loadcel có 4 dây gồm các màu: xanh - đỏ - trắng - đen.

2 dây nguồn vào:

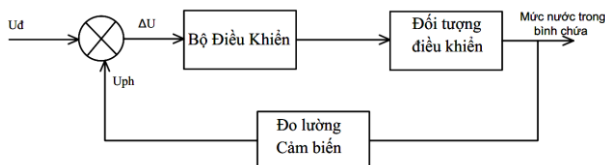
- Dây âm ký hiệu E^- : dây màu đen;
- Dây dương ký hiệu E^+ : dây màu đỏ.

2 dây tín hiệu ra:

- Dây tín hiệu âm S^- : dây màu trắng;
- Dây tín hiệu dương S^+ : dây màu xanh.

3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển và giám sát mức nước trong bình chứa:



Hình 6. Sơ đồ cấu trúc hệ thống điều khiển và giám sát mức nước

Trong đó:

- Bộ điều khiển: Biến tần kết hợp bộ điều

khiển logic khả trình PLC.

- Đối tượng điều khiển: Chiều cao h của mức nước trên bình chứa.

- Đo lường cảm biến: Cảm biến tải trọng Loadcell.

- U_d : Điện áp đặt tỉ lệ với mức nước cần điều khiển.

- U_{ph} : Điện áp đầu ra của cảm biến tải trọng Loadcell tỉ lệ với mức nước thực tế có trong bình chứa.

- ΔU : Sai lệch điện áp giữa giá trị đặt và giá trị thực tạo ra tín hiệu đưa vào bộ điều khiển.

3.1. Bộ PLC sử dụng trong mô hình

Nhằm đáp ứng được yêu cầu điều khiển và chi phí trong thực tế áp dụng, nhóm tác giả lựa chọn sử dụng PLC Siemens S7-1200 với các tính năng đáp ứng được yêu cầu điều khiển và giám sát được đề ra.

Bộ điều khiển lập trình PLC S7-1200 được thiết kế theo dạng compact CPU được tích hợp sẵn các ngõ I/O. Tuy nhiên PLC S7-1200 vẫn được trang bị thêm các module I/O để mở rộng khả năng của PLC. PLC S7-1200 với thiết kế nhỏ gọn, đa năng, đơn giản nhưng mang đến độ chính xác cao trong hệ thống tự động.



Hình 7. Hình ảnh thực tế PLC S7 - 1200

Nhờ vào các module mở rộng mà PLC S7-1200 có thể được tùy chỉnh hoàn hảo cho từng ứng dụng cụ thể. Đặc điểm nổi bật của dòng Simatic S7-1200 đó là được trang bị giao tiếp truyền thông Profinet đảm bảo các thiết bị và các thành phần trong hệ thống hoạt động

cùng nhau một cách tin cậy và chắc chắn.

3.2. Biến tần

Biến tần Sinamics G120C tích hợp truyền thông chuẩn Modbus RTU, Profibus DP, CANopen, công suất tới 132 kW, cấp điện áp 3 pha. Các chế độ điều khiển: V/f, Vector control, tần số điều chế 4 kHz (lên đến 16 kHz).



Hình 8. Hình ảnh thực tế Biến tần Sinamics G120C

Biến tần Sinamics G120C thường được ứng dụng trong hệ thống băng tải, bơm, quạt, máy nén, máy trộn và máy đùn... Thông số kỹ thuật của biến tần Sinamics G120C:

- Dãy công suất biến tần G120C: 0,37 đến 132 kW;
- Nguồn cấp cho biến tần G120C: 3 pha \times 380 480 V (+10%, -20%);
- Phạm vi điều chỉnh biến tần: 0÷650 Hz (điều khiển V/f) 0÷240 Hz (điều khiển Vector);
- Chế độ điều khiển: V/f, Vector control;
- Tần số điều chế: 4 kHz (lên đến 16 kHz);
- Điều khiển hồi tiếp PID.
- Có khả năng giao diện: RS485/US, PROFIBUS DP, CANopen.
- Giao diện bên ngoài biến tần G120C: Với máy tính qua cổng USB, BOP-2, IOP, MMC Card, SD Card.

3.3. Động cơ máy bơm

Các chung cư cao tầng thường tận dụng tầng mái của tòa nhà để xây thêm các bể chứa nước nhằm tận dụng chiều cao của bể nước để gia tăng áp lực lên hệ thống cấp nước của tòa nhà.

Chính vì vậy, cần sử dụng một máy bơm nước cho nhà cao tầng giúp đẩy nước từ hệ thống cấp nước thành phố lên bể chứa trên tầng mái của tòa nhà. Máy bơm nước cho nhà cao tầng được tính toán dựa vào chiều cao của tòa nhà, giúp bơm dễ dàng đẩy nước nhanh chóng lên bể chứa trên tầng mái, bơm sẽ hoạt động dựa vào tín hiệu cảm biến đặt dưới bể để hoạt động và ngắt một cách hợp lý giúp tiết kiệm năng lượng sử dụng cho bơm dưới sự điều khiển của PLC. Trong mô hình này, nhóm tác giả chọn loại động cơ bơm DWO 037(T).



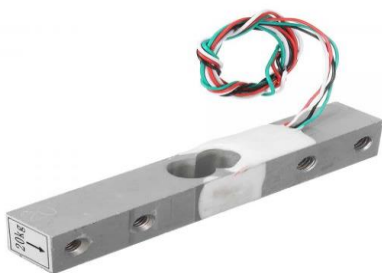
Hình 9. Hình ảnh thực tế động cơ bơm DWO 037(T)

- Thông số kỹ thuật:
 - Model: DWO 037(T);
 - Công suất: 0,5 HP - (0,37 kW);
 - Lưu lượng nước tối đa (l/phút): 17-100;
 - Cột áp (m): 12 m-7 m;
 - Điện áp (V): 380 V;
 - Sử dụng đường kính hút xả (mm): 42 mm – 34 mm;
- Ưu điểm:
 - Máy bơm nước ly tâm trục ngang đầu inox EWARA DWO 037(T) có sử dụng cánh quạt dạng hở và đầu bơm bằng inox SUS304 giúp tăng tuổi thọ trong quá trình sử dụng sản phẩm.
 - Có độ hút nước ưu việt, lượng nước phun ra khá mạnh.
 - Có trang bị bảo hộ nhiệt độ cho motor;
 - Làm mát các hệ thống tuần hoàn nước, các thiết bị dùng trong công nghiệp;

- Kích thước của máy bơm nước ly tâm trục ngang đầu inox EWARA DWO 037(T) khá nhỏ gọn, tiết kiệm điện, khi máy hoạt động không gây ồn.

3.4. Cảm biến tải trọng Loadcell

Như theo yêu cầu bài toán đã đưa ra và điều kiện môi trường hoạt động thì cảm biến tải trọng Loadcell là một trong những lựa chọn phù hợp, vật liệu chế tạo cảm biến là thép phủ niken có thể chịu được sự ảnh hưởng của môi trường xung quanh và thời tiết khắc nghiệt tại nước ta. Nhóm tác giả chọn loại loadcell YZC-133-20Kgf-Loadcell kiểu uốn, dạng thanh thẳng, vật liệu thép phủ niken.



Hình 10. Hình ảnh thực tế loadcell YZC-133- 0Kgf

■ Ưu điểm:

- Lắp đặt đơn giản với thân thiết kế kiểu liên tấm đệm và chân cáp tín hiệu chắc chắn;
- Độ bền cao, chất lượng ổn định, giá cả hợp lý;
- Ứng dụng rộng rãi trong ngành cân điện tử với độ chính xác cao và dải làm việc rộng, có thể sử dụng cho cân bồn, cân bàn, cân silô, tính lực căng cho máy in, dây chuyền cán tôn, cân đóng bao, cân trạm trộn, bảo vệ thiết bị nâng...

■ Thông số cơ bản của loadcell YZC-133:

- Dải làm việc: 0-20 kg;
- Điện áp kích thích: định mức 5÷10 VDC, cực đại 15 VDC;
- Đầu ra: 1 mV/V;
- Trở kháng đầu vào: $1066 \Omega \pm 30$;

- Trở kháng đầu ra: $1000 \Omega \pm 3,5$;

- Điện trở cách điện của tín hiệu với vỏ thân cảm biến: $> 2 M\Omega$;

- Dải bù nhiệt: $-20 \div 60^\circ\text{C}$;

- Nhiệt độ làm việc: $-30 \div 80^\circ\text{C}$.

4. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Phương trình mô tả hệ thống điều khiển được trình bày trên hình 1 có dạng: [5]

$$A \frac{dh(t)}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow A \frac{dh(t)}{dt} + Q_{out} = Q_{in}$$

Với $Q_{out} = a * g * h$ và $Q_{in} = ku(t)$

Trong đó:

a : tiết diện ngang van;

g : gia tốc trọng trường;

h : chiều cao mức chất lỏng cần điều chỉnh.

Có:

$$A \frac{dh(t)}{dt} + a * g * h(t) = ku(t) \quad (2)$$

Đặt $k_1 = a * g$

Phương trình (2) trở thành:

$$A \frac{dh(t)}{dt} + k_1 * h(t) = ku(t) \quad (3)$$

Biến đổi Laplace phương trình (3) (với điều kiện ban đầu bằng 0) ta có:

$$A * s * h(s) + k_1 * h(s) = ku(s)$$

$$\Leftrightarrow (A * s + k_1)h(s) = ku(s)$$

Hàm truyền của hệ thống:

$$W(s) = \frac{k}{A * s + k_1} \quad (4)$$

Với các thông số xác định:

$A = 10 * 10^{-2} \text{ m}^2$ - tiết diện ngang của bồn chứa;

$a = 7,1 * 10^{-4} \text{ m}^2$ - tiết diện ngang van;

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - gia tốc trọng trường;

$h = 0,45 \text{ m}$ - giá trị định mức trong bể.

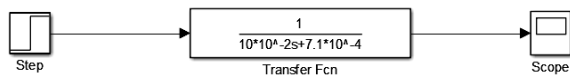
Thay số được:

$$W(s) = \frac{k}{12,6 \times 10^{-2}s + 7,1 \times 10^{-4} - 4 \times 9,81}$$

$$W(s) = \frac{k}{12,6 \times 10^{-2}s + 70 \times 10^{-4} - 4}$$

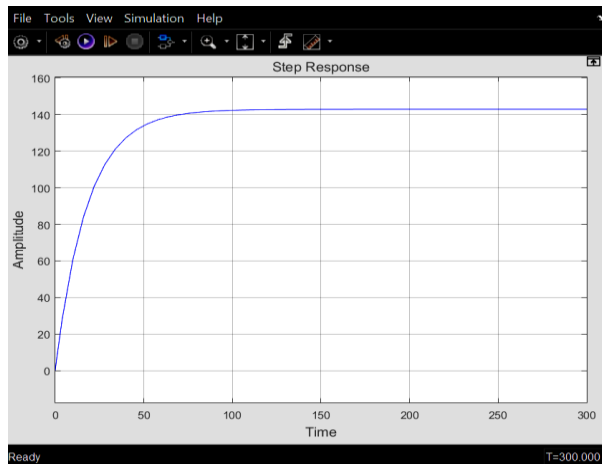
5. MÔ PHỎNG SIMULINK

Hệ hở khi cho tín hiệu với lỗi vào là một hàm bước nhảy.[6]



Hình 11. Mô phỏng Simulink của hệ hở

Đáp ứng ra của hệ hở khi tín hiệu vào là hàm bước nhảy:

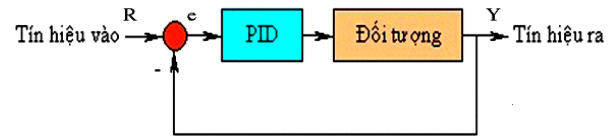


Hình 12. Đồ thị đáp ứng ra của hệ hở

Từ đồ thị đặc tính quá độ của hệ thống ta có các thông số: thời gian xác lập lớn, thời gian tăng lớn và sai số xác lập lớn, không thỏa mãn yêu cầu đặt ra của một hệ thống điều khiển nên chất lượng của hệ thống không tốt. Để chất lượng của hệ thống được tốt hơn ta sử dụng bộ điều khiển PID để giảm thời gian quá độ lớn nhất, độ vọt lố, thời gian tăng và sai số xác lập.

Mục đích điều khiển là giữ cho mức nước trong bình ổn định tại một mức h theo yêu cầu.

Ở đây, nhóm sử dụng bộ điều khiển PID để điều khiển hệ thống, [7]. Xét hệ thống có phản hồi đầu ra với sơ đồ khối như hình vẽ:



Hình 13. Sơ đồ khối hệ kín

Hàm truyền của bộ điều khiển PID có dạng:

$$K_p + \frac{K_I}{s} + sK_D = \frac{K_D s^2 + K_p s + K_I}{s} \quad (5)$$

Với: K_I : hệ số tích phân;

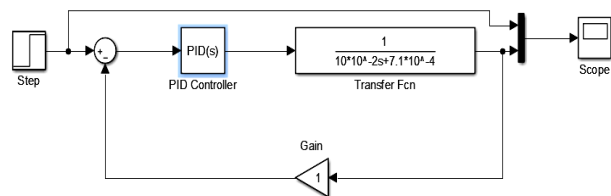
K_P : hệ số khuếch đại;

K_D : hệ số vi phân;

Biến e là sai lệch giữa đầu vào mong muốn (R) và đầu ra thực tế (Y). Sai lệch (e) này sẽ được đưa vào bộ điều khiển PID và bộ điều khiển PID sẽ thực hiện việc lấy đạo hàm và tích phân của sai lệch (e).

$$u = K_p e + K_I \int e dt + K_D \frac{de}{dt} \quad (6)$$

Tín hiệu (u) được đưa vào đối tượng điều khiển và thu được tín hiệu đầu ra mới. Tín hiệu đầu ra mới này sẽ được gửi lại nhờ cảm biến để tính toán ra tín hiệu sai lệch mới. Bộ điều khiển sẽ lại lấy tín hiệu điều khiển sai lệch mới này để tính toán lại đạo hàm và tích phân của chúng, quá trình cứ như thế tiếp tục. Dưới đây là mô hình của hệ kín sử dụng bộ điều chỉnh PID,



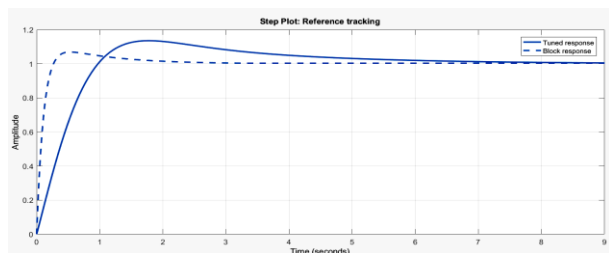
Hình 14. Mô hình mô phỏng simulink của hệ kín

Sử dụng Matlab-Simulink, các thông số của bộ PID được xác định bằng công cụ PID tune.

| Controller Parameters | | |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|
| P | Tuned 0.20907 | Block 1 |
| I | 0.080377 | 1 |
| D | -0.024031 | 0 |
| N | 2.8445 | 100 |
| Performance and Robustness | | |
| Rise time | Tuned 0.72 seconds | Block 0.177 seconds |
| Settling time | 5.99 seconds | 1.75 seconds |
| Overshoot | 13.6 % | 6.91 % |
| Peak | 1.14 | 1.07 |
| Gain margin | Inf dB @ NaN rad/s | Inf dB @ NaN rad/s |
| Phase margin | 69 deg @ 2 rad/s | 84.4 deg @ 10.1 rad/s |
| Closed-loop stability | Stable | Stable |

Hình 15. Bảng thông số của bộ PID được xác định bằng công cụ PID tune

Đáp ứng của hệ kín sử dụng bộ điều khiển PID (thiết kế bằng công cụ PID tune).



Hình 16. Đáp ứng của hệ kín sử dụng bộ điều khiển PID

| PLC tags | | | | | | | | | |
|----------|----------------------|---------------------|-----------|---------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| | Name | Tag table | Data type | Address | Retain | Access... | Write... | Visibl... | Comment |
| 1 | STARTINT | Default tag table_1 | Bool | %M100.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 2 | SETSP | Default tag table_1 | Real | %MD102 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 3 | ACT | Default tag table_1 | Real | %MD106 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 4 | REFSP | Default tag table_1 | Real | %MD110 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 5 | ACKNW | Default tag table_1 | Bool | %M100.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 6 | AXISINHIBIT | Default tag table_1 | Bool | %M100.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 7 | AXISERRO | Default tag table_1 | Bool | %M100.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 8 | STATUS | Default tag table_1 | Real | %MD1003 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 9 | DIAG | Default tag table_1 | Real | %MD1008 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 10 | Tag_1 | Default tag table_1 | Bool | %M100.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 11 | Bat dau | Default tag table_1 | Bool | %MD.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 12 | POINTPID | Default tag table_1 | Real | %MD11 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 13 | MAXSP | Default tag table_1 | Real | %MD20 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 14 | status | Default tag table_1 | DWord | %MD114 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 15 | diagld | Default tag table_1 | DWord | %MD116 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 16 | start qua nut an | BOMNUOC | Bool | %I0.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 17 | stop | BOMNUOC | Bool | %I0.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 18 | cb2 | BOMNUOC | Bool | %I0.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 19 | DONGCOBOM | BOMNUOC | Bool | %Q0.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 20 | daivaocb2 | BOMNUOC | Int | %IW64 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 21 | DAURACB2 | BOMNUOC | Real | %MD21 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 22 | bao can | BOMNUOC | Bool | %M5.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 23 | bao day | BOMNUOC | Bool | %M7.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 24 | STOPCC | BOMNUOC | Bool | %M0.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 25 | START bang winCC | BOMNUOC | Bool | %M4.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 26 | dauratinhieuloadcell | BOMNUOC | Real | %MD8 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 27 | spointpid | Default tag table | Real | %MD36 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 28 | PID ON | Default tag table | Bool | %M9.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 29 | Tag_2 | Default tag table | DWord | %MD17 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 30 | Tag_3 | Default tag table | Bool | %M7.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 31 | Tag_5 | Default tag table | Word | %MW64 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 32 | Tag_4 | Default tag table | Bool | %M1.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 33 | Tag_6 | Default tag table | Bool | %M2.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 34 | BANDAU | Default tag table | Bool | %M6.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 35 | Tag_8 | Default tag table | Bool | %M9.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 36 | onpid | Default tag table | Bool | %M6.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 37 | Tag_10 | Default tag table | Bool | %M6.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 38 | Tag_11 | Default tag table | Bool | %M6.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 39 | offpid | Default tag table | Bool | %M6.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 40 | Tag_7 | Default tag table | DWord | %MD50 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 41 | Tag_9 | Default tag table | Word | %QW80 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |

Hình 17. Khai báo các biến trong chương trình điều khiển

Nhận xét: Khi sử dụng bộ điều khiển PID ta thấy chất lượng điều khiển được cải thiện rõ rệt, đáp ứng ra nhanh chóng bám đáp ứng mô phỏng và đi tới ổn định. So sánh đáp ứng ra của hệ thống khi không sử dụng bộ điều khiển PID với đáp ứng ra sử dụng bộ điều khiển PID được kết quả như sau:

Bảng 1. Bảng so sánh đáp ứng ra của hệ thống

| Chỉ tiêu đánh giá | Thời gian tăng | Thời gian xác lập | Độ vọt lố |
|----------------------|----------------|-------------------|-----------|
| Hệ không sử dụng PID | 0,72 (s) | 5,99 (s) | 13,6(%) |
| Hệ sử dụng bộ PID | 0,177 (s) | 1,75(s) | 6,91(%) |

6. CHƯƠNG TRÌNH ĐIỀU KHIỂN VÀ THIẾT KẾ GIAO DIỆN GIÁM SÁT

6.1. Khai báo địa chỉ vào ra cho PLC

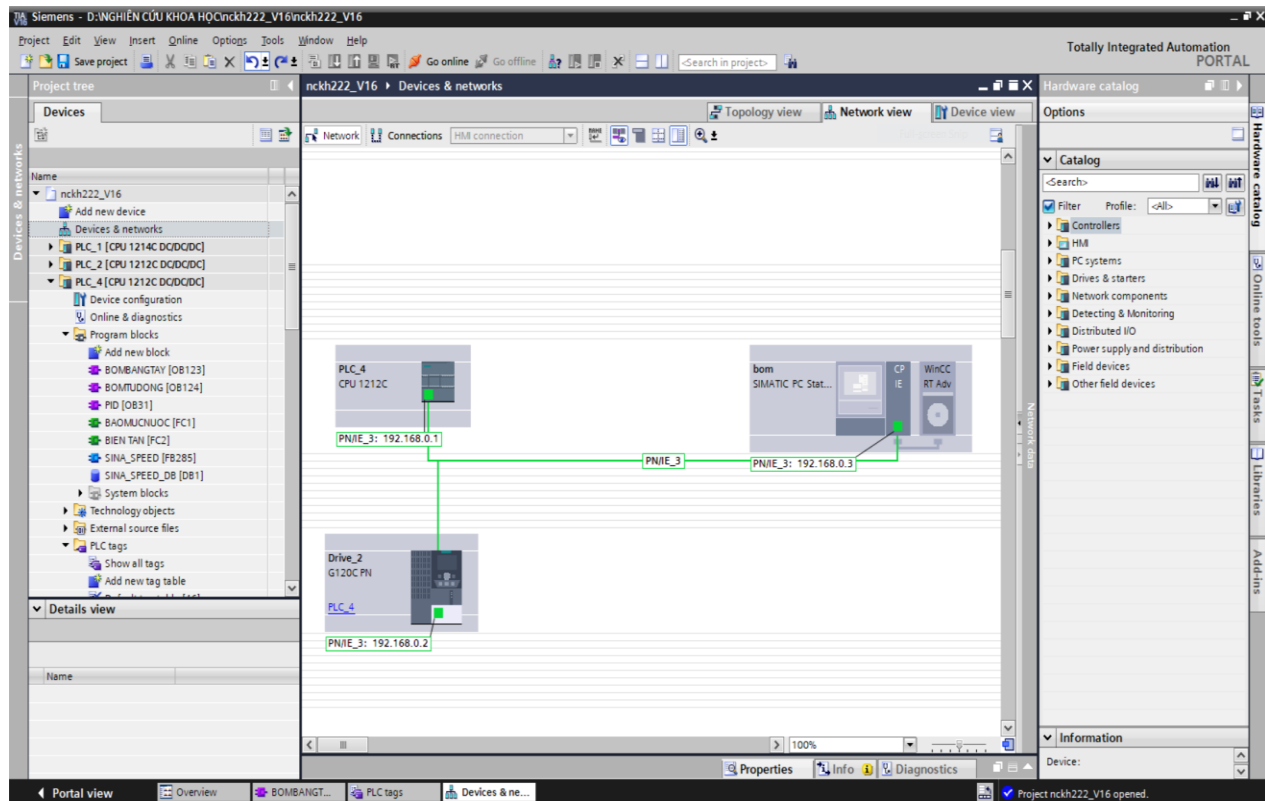
Đặt địa chỉ IP cho PLC S7 - 1200 là: 192.168.0.1.

Đặt địa chỉ IP cho Biến tần G120C-PN là: 192.168.0.2.

6.2. Kết nối truyền thông Profinet PLC S7 -1200 và biến tần Sinamics G120C

Dựa vào khả năng kết nối truyền thông của PLC S7-1200 và biến tần Sinamics G120C, có

thể trực tiếp sử dụng bộ điều khiển PID để điều khiển biến tần thay đổi tốc độ cho động cơ bơm. Kết nối điều khiển dựa trên nền tảng Profinet đảm bảo được độ chính xác cũng như tốc độ điều khiển cho hệ thống, đây là điều kiện để tạo nên một hệ điều khiển vòng kín nhằm tăng độ chính xác và tính ổn định cho bài toán điều khiển đưa ra.



Hình 18. Thiết lập truyền thông Profinet giữa PLC - biến tần - Wincc

6.3. Cài đặt thông số cho biến tần

Các bước thực hiện cài đặt thông số cho Biến tần: [9]

Bước 1: Nhấn nút ESC để chuyển sang chế độ Monitor.

Bước 2: Chuyển sang chế độ

SETUP > RESET > YES

DRV APPL P96 > OK

STANDARD > 1 > OK

EUR / USA P100 > OK

Tần số 50HZ > OK

INV VOLT P210 > OK > 380 > OK (điện áp vào)

MOT TYPE P300 > INDUCT 1> OK (loại motor)

87 HZ > OK > NO > OK

MOT VOLT P304 > OK > 380 > OK (điện áp motor)

MOT CURR P305 > OK > 1A > OK (dòng điện motor)

MOT POW P307 > OK > 0,37 > OK (công suất motor)

MOT FREG P310 > 50 HZ > OK (tần số motor)

MOT RPM P311 > OK > 2900 > OK (tốc độ motor)

MOT COOL P335 > OK > SELF 0 > OK

TEC APPL P501 > OK > PUMP FAN 1 > OK (kiểu chạy)

MAc PAr P15 > 13 analog > OK (chế độ truyền tín hiệu)

MIN RPM P1080 > 0 > OK (tốc độ nhỏ nhất của động cơ)

MAX RPM P1082 > 2900 > OK (tốc độ lớn nhất của động cơ)

RAMP UP P1120 > OK > 10 > OK (thời gian tăng tốc)

RAMP DWN P1121 > OK > 10 > OK (thời gian giảm tốc)

OFF3 RP P1135 > OK > 0 > OK

MOT ID P1900 > OK > STIL ROT 1 > OK

Bước 3: Nhấn Finish rồi nhấn OK chọn Yes.

Bước 4: Khai báo xong tiến hành nhận dạng Motor.

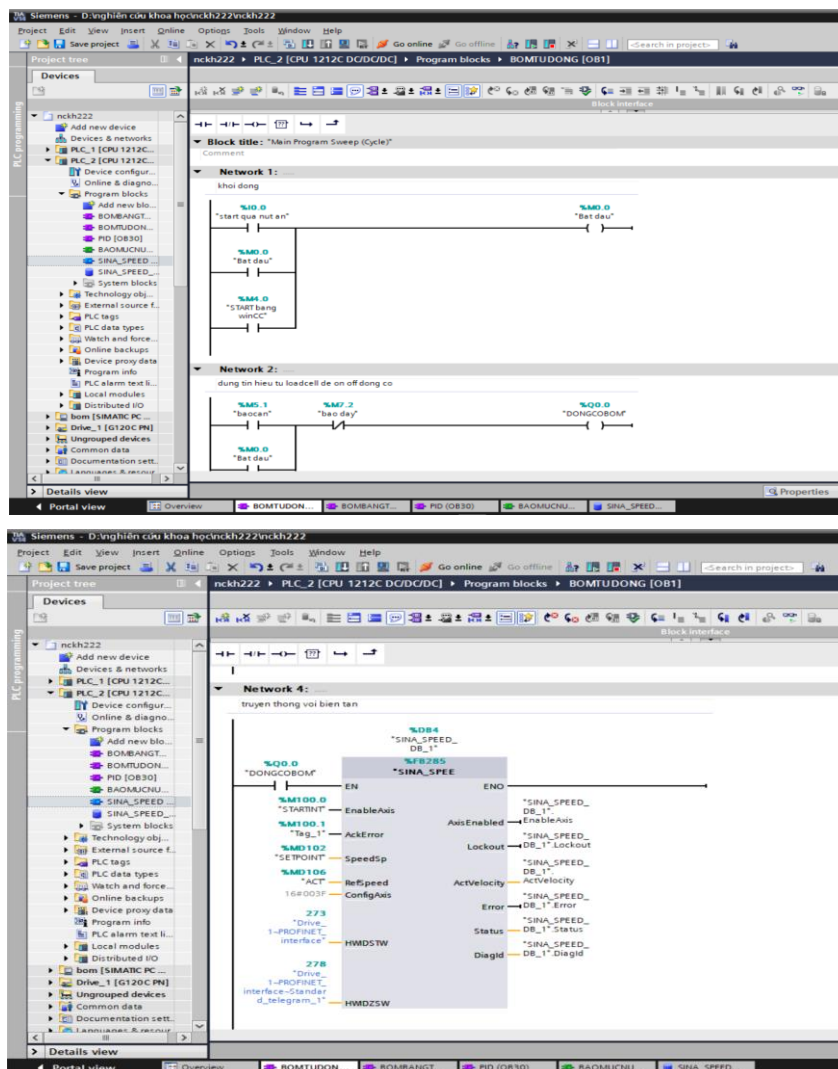
Bước 5: Chọn Hand Auto chế độ bằng tay.

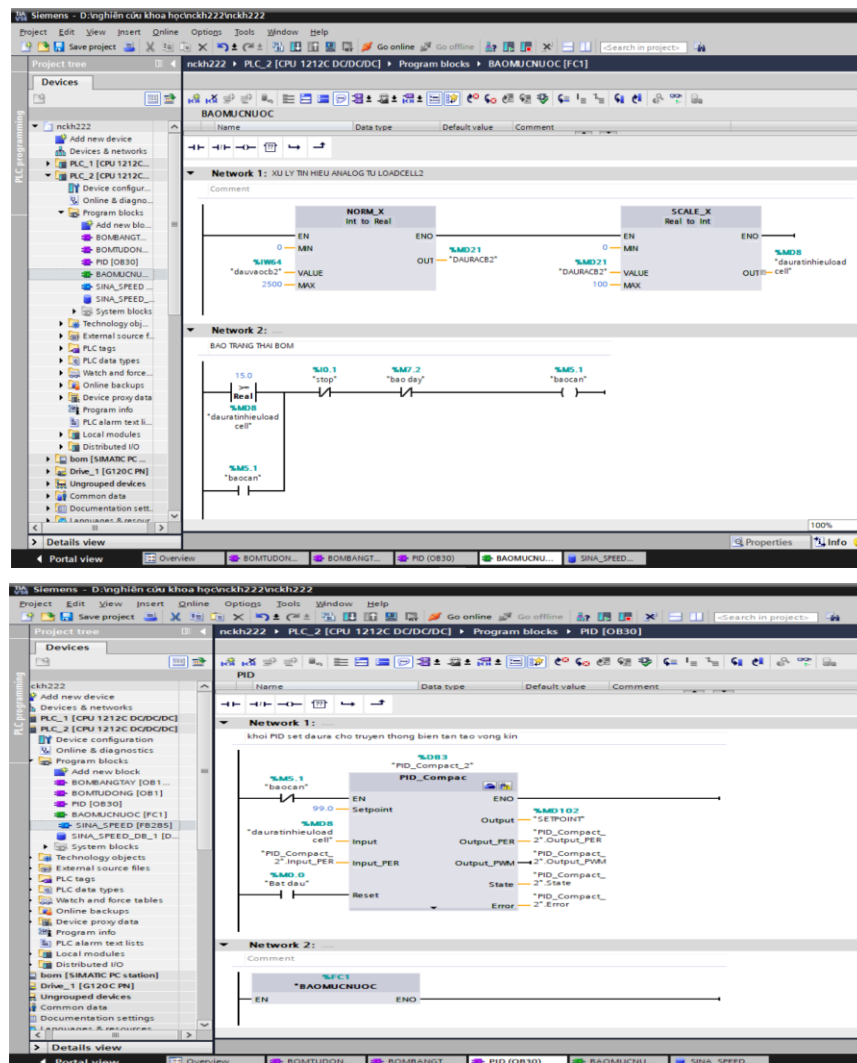
Bước 6: Nhấn Start đợi 1 phút để quá trình kết thúc.

Bước 7: Lưu lại quá trình cài đặt: Vào Extra rồi chọn Copy Ram to Rom nhấn OK. Sau đó vào Expert để chỉnh các thông số P1002, P1003, P1004.

Bước 8: Cuối cùng ta ấn Run để biến tần hoạt động.

6.4. Chương trình điều khiển

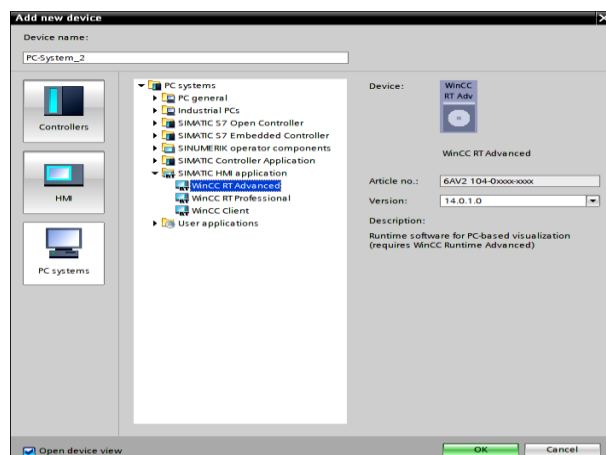




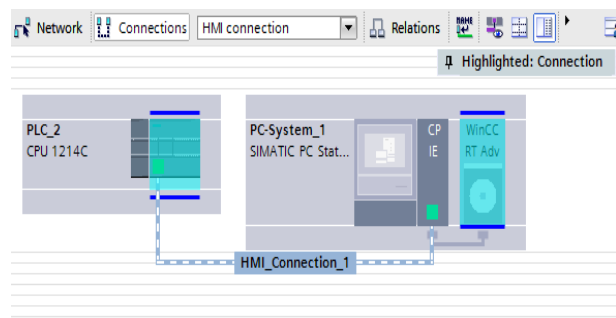
Hình 19. Chương trình điều khiển hệ thống

6.5. Thiết kế giao diện điều khiển giám sát

Thiết kế giao diện giám sát trên nền tảng Wincc Runtime sử dụng phần mềm TIA Portal [8].



Hình 20. Giao diện chọn thiết bị trên TIA Portal



Hình 21. Thiết lập cấu hình kết nối giữa chương trình điều khiển và giao diện giám sát

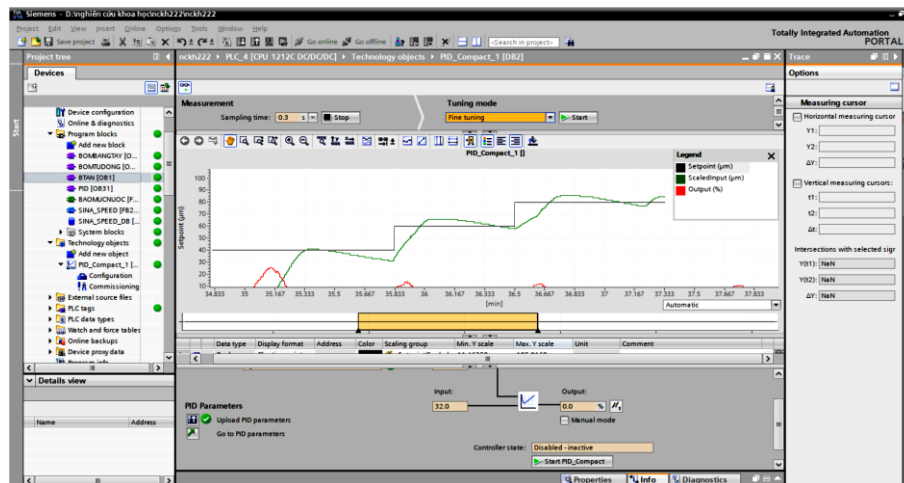
Phần giao diện vận hành, điều khiển, giám sát được thiết lập trên phần mềm TIA Portal được minh họa như ở hình 22.



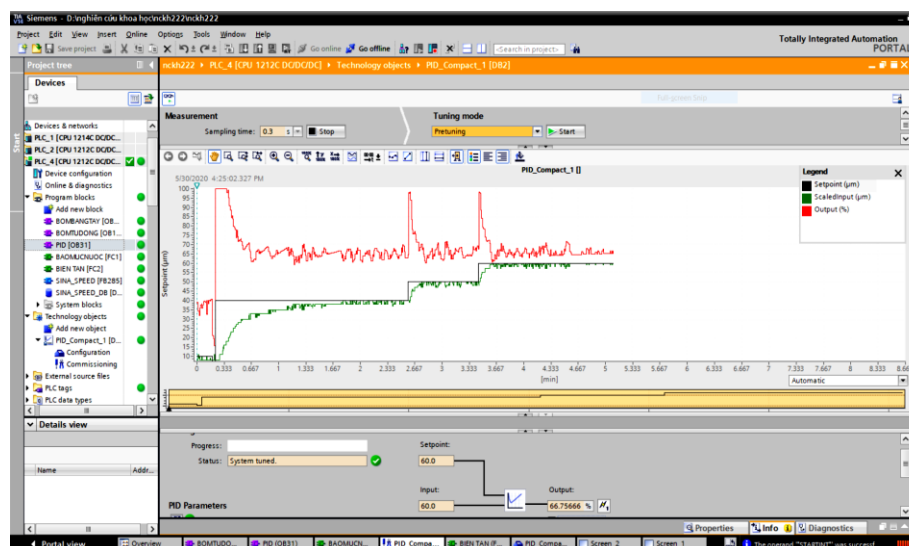
Hình 22. Màn hình giao diện điều khiển mức nước

Tiến hành chạy thực nghiệm hệ thống trong các trường hợp:

- Đáp ứng mức nước trong bình với các giá trị đặt khác nhau khi không có bộ điều khiển PID như hình 23.
- Mức nước được duy trì với các giá trị đặt khác nhau khi dùng thuật toán PID như hình 24.



Hình 23. Đáp ứng mức nước trong bình khi không có bộ điều khiển PID



Hình 24. Đáp ứng mức nước trong bình khi sử dụng bộ điều khiển PID

Chú thích:

- giá trị mức đặt (%)
- giá trị mức trong bình (%)
- tần số biến tần điều khiển bơm Pump (Hz)

Kết quả ở hình 24 cho thấy: thông qua bộ điều khiển PI mức nước trong bình đo được (đường màu xanh - lấy từ cảm biến tải trọng Loadcell LT) luôn bám theo giá trị mức đặt (đường màu đen) với sai lệch ở trạng thái ổn định khá nhỏ ($<6\%$). Điều này chứng tỏ cảm biến tải trọng Loadcell mà nhóm nghiên cứu và ứng dụng hoạt động khá ổn định, phù hợp với các hệ thống điều khiển đo và ổn định mức.

7. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã áp dụng phương pháp sử dụng PLC điều khiển biến tần để điều chỉnh mức nước trong bình chứa, tín hiệu điều khiển đưa vào bộ PLC lấy từ đầu ra của cảm biến tải trọng Loadcell. Việc sử dụng cảm biến tải trọng Loadcell điều khiển và giám sát trọng lượng được ứng dụng nhiều trong công nghiệp, giao thông và cả trong cuộc sống sinh hoạt hàng ngày.

Ngoài ý nghĩa mang lại là tự động hóa quá

trình điều khiển, giảm bớt sức lao động của con người, độ chính xác cao, hệ thống còn đảm bảo tính an toàn so với các hệ thống điều khiển đóng cắt khác. Đây là một trong những giải pháp hiệu quả để nâng cao chất lượng điều khiển, nghiên cứu khoa học trong điều kiện hiện nay. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng được mô hình hệ thống (hình 25) được ứng dụng cho học phần thí nghiệm điều khiển quá trình, Scada, DCS và mạng truyền thông công nghiệp tại Khoa Điện, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.



Hình 25. Mô hình điều khiển mức nước

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lâm Thiện Tín, Nguyễn Chánh Nghiệm, Võ Minh Trí, “Tối ưu hệ điều khiển mực chất lỏng công nghiệp với bộ điều khiển Fuzzy logic”, Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ, Tập 53, phần A trang 1-12 (2017).
- [2] Trần Anh Dũng, “Ứng dụng logic mờ trong hệ thống điều khiển mức nước”, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 32 (2012).
- [3] Hoàng Minh Sơn, “Cơ sở hệ thống điều khiển quá trình”, Nxb Bách khoa Hà Nội (2009).
- [4] Phan Quốc Phô, “Giáo trình cảm biến”, Nxb Khoa học và Kỹ thuật (2002).
- [5] Nguyễn Thương Ngô, “Lý thuyết điều khiển tự động hệ tuyến tính”, Nxb Khoa học và Kỹ thuật (2009).
- [6] Nguyễn Phùng Quang, “MATLAB và Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động”, Nxb Khoa học và Kỹ thuật (2004).
- [7] Nguyễn Hữu Thung, Đinh Thị Hằng, “Hồi đáp khó khăn gặp phải khi chỉnh định tham số của bộ điều khiển PID liên tục đối với hệ có trễ”, Tạp chí Tự động hóa ngày nay số 6, (2007).
- [8] Trần Văn Hiếu, “Tự động hóa PLC S7-300 với TIA PORTAL”, Nxb Khoa học và Kỹ thuật (2009).
- [9] <http://dienelectric.com/thong-tin-chi-tiet-nhat-ve-bien-tan-sinamics-g120c-compact-inverters-cua-siemens-533.1145.n.html>

Thông tin liên hệ: **Đinh Thị Hằng**

Điện thoại: 0983190683 - Email: dthang@uneti.edu.vn

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

