

Giải pháp mô phỏng nồi hơi tàu thủy cho PLC S7-1200 điều khiển thông qua truyền thông TCP/IP

■ **ThS. TRẦN TIẾN LƯƠNG; PGS. TS. HOÀNG XUÂN BÌNH**
 Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

TÓM TẮT: Trong bài báo này, tác giả giới thiệu về một mô hình toán học của một nồi hơi tàu thủy đơn giản để thực hiện mô hình hóa trên Simulink. Cùng với mô hình này, tác giả thực hiện mô phỏng nồi hơi kết nối với PLC S7-1200 thực thông qua kết nối TCP/IP. Trên cơ sở này, tạo điều kiện đánh giá các kết quả điều khiển từ PLC cho đối tượng nồi hơi tàu thủy.

TỪ KHÓA: Truyền thông TCP/IP, Simulink truyền thông PLC S7-1200, mô phỏng thời gian thực.

ABSTRACT: In this paper, the author introduces a mathematical model of a simple ship boiler to model on Simulink. Along with this model, the author simulates a boiler connected to a real PLC S7-1200 via TCP/IP connection. On this basis, facilitate evaluation of control results from PLC for ship boilers.

KEYWORDS: TCP/IP communication, Simulink communication with PLC S7-1200, Realtime simulation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nồi hơi là một thiết bị quan trọng trên tàu thủy, cùng với sự hiện đại hóa của các thiết bị điều khiển, các bộ điều khiển nồi hơi cơ khí hay các bộ điều khiển bằng mạch rơ-le dần được thay thế bởi các bộ điều khiển PLC. Việc thiết kế chương trình điều khiển cho PLC đều thực hiện dựa trên các tài nguyên có sẵn của công cụ lập trình. Các công cụ lập trình này cũng cung cấp cho PLC các chức năng mô phỏng các tín hiệu vào ra thông qua việc người thiết kế tự mình tác động trên mô phỏng. Tuy nhiên, việc mô phỏng này không phản ánh được bản chất cũng như quá trình động học của các đối tượng trong thực tế.

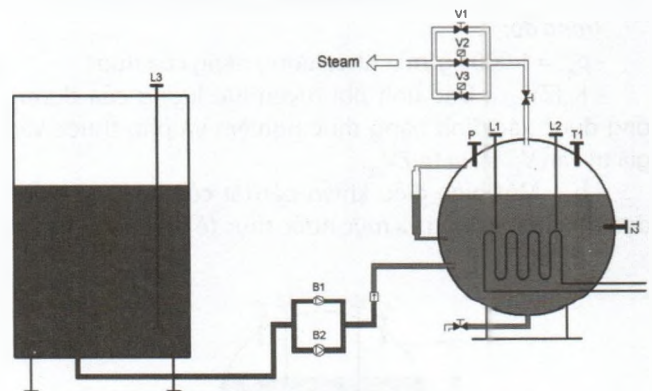
Mặt khác, các nồi hơi đã được nhiều công trình, nhiều tác giả đưa ra các mô hình toán học và mô phỏng chi tiết về toàn bộ hoạt động cũng như các quá trình động của của nồi hơi trên Matlab Simulink. Chính vì vậy, nếu có khả năng kết hợp các mô hình đã được mô phỏng một cách chính xác trên Simulink với các bộ điều khiển PLC sẽ tạo điều kiện tốt hơn cho việc thử nghiệm các chương trình

điều khiển trong PLC, đặc biệt là cho một đối tượng phức tạp và cần tính an toàn cao như nồi hơi tàu thủy. Với việc mô phỏng trên một mô hình chi tiết, có thể cho phép các thuật toán PLC kiểm soát tốt nồi hơi, tối ưu hóa một số lợi ích cho hệ thống, chẳng hạn như độ vọt lố thấp, duy trì được áp suất ổn định hơn...

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày một giải pháp mô phỏng đối tượng điều khiển cho PLC. Trong đó, mô hình mô phỏng được xây dựng trên Simulink để đáp ứng cho một PLC thực tế. Hay nói cách khác, mô hình mô phỏng cho phép triển khai thời gian thực cho một bộ điều khiển PLC thực tế.

Bài báo được tổ chức như sau: Trong phần 2, mô hình nồi hơi được mô tả trên Matlab Simulink. Trong phần 3 triển khai kết nối mới Matlab qua giao tiếp TCP/IP được trình bày. Kết quả thí nghiệm và nhận xét được nêu trong Phần 4. Bài báo kết thúc với Kết luận.

2. MÔ HÌNH NỒI HƠI TÀU THỦY



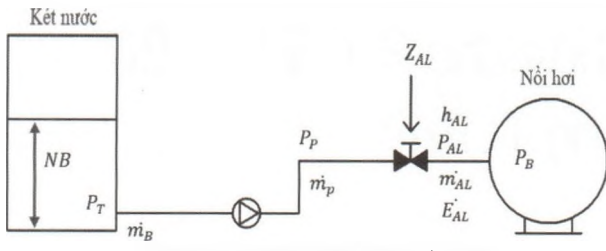
Hình 2.1: Mô hình nồi hơi tàu thủy

Chúng ta hãy xem xét việc giám sát quá trình thí điểm theo sơ đồ trên Hình 2.1. Mô hình thử nghiệm được thiết kế bao gồm ba hệ thống: một hệ thống cấp nước, một nồi hơi được làm nóng bằng điện trở, một hệ thống van hơi để lấy hơi ra khỏi nồi hơi.

Dòng nước cấp được điều khiển bởi bơm để duy trì mực nước không đổi bên trong bộ tạo hơi. Công suất nhiệt được xác định dựa trên áp suất tích lũy có sẵn trong nồi hơi. Hơi nước được lấy ra bởi ba van V1, V2, V3 kết nối song song.

2.1. Hệ thống cấp nước

Hệ thống này bao gồm một máy bơm, một đường ống và nồi hơi.



Hình 2.2: Mô hình toán bơm cấp nước

Ban đầu bể chứa đầy nước ở nhiệt độ môi trường xung quanh, áp suất và nhiệt độ là độc lập. Áp suất ở đáy bình chỉ phụ thuộc vào thể tích hoặc khối lượng nước trong bình chứa.

$$P_T = \rho_T \cdot g \cdot N_T = \rho_T \cdot g \cdot \frac{V_T}{A_T} = \rho_T \cdot g \cdot \frac{m_T}{A_T \cdot \rho_T} = \frac{g \cdot m_T}{A_T}$$

Trong đó: P_T , ρ_T , g , N_T , V_T , A_T , m_T - Áp suất, khối lượng riêng của nước, trọng lực, mực nước trong bể, thể tích của nước, tiết diện đáy của bể và khối lượng của nước.

Các dòng enthalpy đầu vào và đầu ra của bể chứa được biểu diễn dưới dạng hàm của nhiệt độ đầu vào T_{in} , enthalpy của bể chứa H_{AL} , đạo hàm của lưu lượng khối lượng đầu vào và đầu ra:

$$\dot{H}_{in} = \dot{m}_{in} \cdot c_p \cdot T_{in}$$

$$\dot{H}_{out} = \dot{m}_{out} \cdot \frac{H_{AL}}{m_{AL}}$$

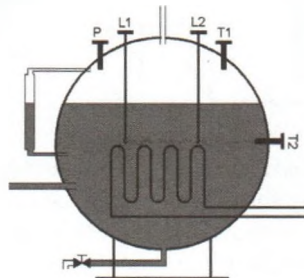
Lưu lượng khối lượng nước cấp cho nồi hơi từ bơm hay lưu lượng ra của máy bơm được xác định là quan hệ giữa máy bơm và các đặc tính của đường ống theo phương trình sau:

$$\frac{\dot{m}_p}{\rho_{AL}} = \sqrt{\frac{(P_p - P_B) \cdot 10^5}{K_D \cdot (ZV_{AL})}} \cdot b_1$$

Trong đó:

- $\rho_{AL} = 1.000 \text{ kg/m}^3$ - Khối lượng riêng của nước.
- $K_D(ZV_{AL})$ - Đặc tính phi tuyến lưu lượng của đường ống được xác định bằng thực nghiệm và phụ thuộc vào giá trị van ZV_{AL} tại vị trí ZV_{AL} .
- b_1 - Một biến điều khiển bật/tắt của bộ điều khiển dựa trên tham chiếu và mực nước thực tế bên trong lò hơi.

2.2. Nồi hơi



Hình 2.3: Mô hình nồi hơi

Nồi hơi thuộc loại chất lỏng bão hòa tích lũy. Giả sử rằng nồi hơi không trao đổi nhiệt với môi trường, ta viết được phương trình năng lượng của nồi hơi được viết:

$$\frac{d(H_B)}{dt} = \dot{H}_B = Q_{TH} + \dot{H}_{AL} - \dot{H}_V$$

- H_B - Tổng enthalpy của nồi hơi;
- Q_{TH} - Năng lượng cung cấp cho nồi hơi thông qua điện trở nhiệt;

H_{AL} - Enthalpy của dòng nước cung cấp cho nồi hơi;

H_V - Enthalpy của dòng hơi thoát ra khỏi nồi hơi.

Giả định rằng, chất lỏng trong lò hơi thoát ra là một hỗn hợp bão hòa, đồng nhất của hơi và chất lỏng ở áp suất nồi hơi P_B , hỗn hợp được đặc trưng bởi chất lượng hơi X (phần khô) trong lò hơi. Khi đó, enthalpy của nồi hơi h_B và thể tích nước v_B của nồi hơi được xác định bởi phương trình:

$$\begin{cases} h_B = \frac{H_B}{m_B} = h_v(P_B) \cdot X + h_l(P_B) \cdot (1 - X) \\ v_B = \frac{V_B}{m_B} = v_v(P_B) \cdot X + v_l(P_B) \cdot (1 - X) \end{cases}$$

Trong đó:

h_l và h_v - Đại diện cho entanpi của nước và hơi nước bão hòa; v_l và v_v - Thể tích của nước và hơi nước trong nồi hơi. Tất cả đều là hàm nhiệt động lực học của áp suất.

Nhiệt độ T_B được xác định theo quan hệ nhiệt động học $T_B = f(P_B)$ như sau:

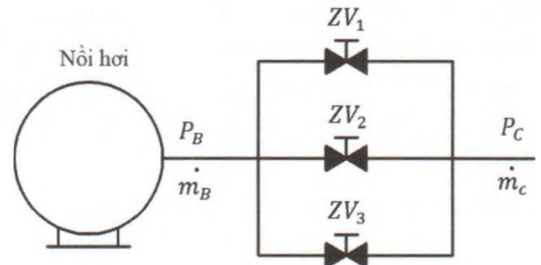
$$P_B \cdot V = n \cdot R \cdot T_B = n \cdot R \cdot \frac{m_B h_B}{c}$$

Trong đó:

P_B - Áp suất nồi hơi; V - Thể tích nồi hơi; n - Số mol chứa trong thể tích hơi của nồi hơi, T_B - Nhiệt độ của nồi hơi.

2.3. Thoát hơi

Hơi nước được thoát ra khỏi nồi hơi theo sơ đồ sau:



Hình 2.4: Mô hình lấy hơi

Sự giãn nở của hơi nước được tạo ra được thực hiện bởi ba van kết nối song song. V1 là một van điều khiển bằng tay, V2 là van an toàn, được sử dụng để xả áp khi áp suất nồi hơi vượt quá ngưỡng cho phép. V3 là van cung cấp hơi cho các thiết bị sử dụng. Dòng chảy của chất lỏng chưa bão hòa qua ba van song song được cho như sau:

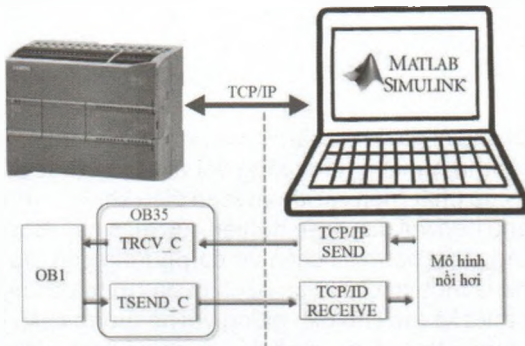
$$\begin{cases} \dot{m}_1 = k_{V1}(ZV_1) \cdot \sqrt{(P_B - P_C) \cdot \frac{P_C}{T_B}} \\ \dot{m}_2 = k_{V2}(ZV_2) \cdot \sqrt{(P_B - P_C) \cdot \frac{P_C}{T_B}} \\ \dot{m}_3 = k_{V3}(ZV_3) \cdot \sqrt{(P_B - P_C) \cdot \frac{P_C}{T_B}} \end{cases}$$

$K_{V1}(ZV_1)$, $K_{V2}(ZV_2)$, $K_{V3}(ZV_3)$ - Các hệ số sụt áp trong van tương ứng, các hệ số này là hàm phi tuyến của vị trí z của nắp van. P_C - Áp suất của thiết bị được nối tới các van này.

3. MÔ HÌNH ĐỐI TƯỢNG KẾT NỐI PLC QUA TRUYỀN THÔNG TCP/IP

Sau khi đã xây dựng được mô hình đối tượng trên Simulink, ta sẽ tiến hành kết nối mô hình này với PLC S7-

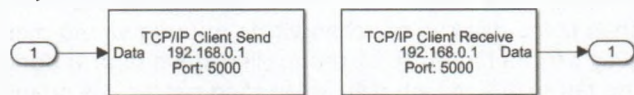
1200 thực tế. Việc kết nối này dựa trên giao thức TCP/IP để truyền nhận dữ liệu giữa Simulink và PLC. Sơ đồ giao tiếp được mô tả như Hình 3.1. Cụ thể là, trên PLC S7-1200 với chương trình đã viết để điều khiển cho nồi hơi, ta thêm vào một hàm ngắt OB35 với chu kỳ ngắt được lựa chọn là 0,2s. Khối OB35 này sẽ thực hiện đọc các tín hiệu điều khiển từ PLC và truyền lên máy tính, đồng thời nhận các thông tin trên mô hình Simulink và gửi đến chương trình chính điều khiển nồi hơi.



Hình 3.1: Mô hình mô phỏng Simulink cho PLC S7-1200

* Khai báo truyền thông TCP/IP trên Simulink:

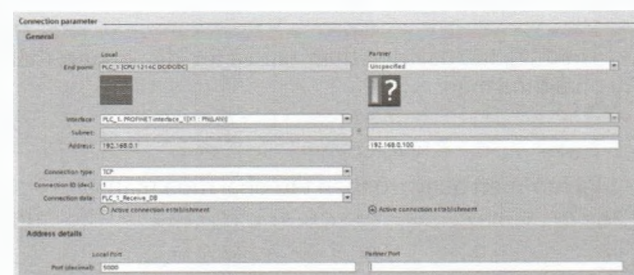
Để thực hiện truyền thông trên Simulink, ta sử dụng hai khối hàm hỗ trợ là TCP/IP Client Send và TCP/IP Client Receive. Hai khối này sẽ thực hiện truyền các thông tin nồi hơi về bộ điều khiển PLC và nhận thông tin điều khiển từ PLC để đưa đến nồi hơi. Trong mô hình này, tác giả sử dụng truyền thông với PLC S7-1200 địa chỉ 192.168.0.1 với cổng truyền 5000.



Hình 3.2: Khai báo kết nối TCP/IP trên Matlab Simulink

* Khai báo truyền thông TCP/IP trên S7-1200:

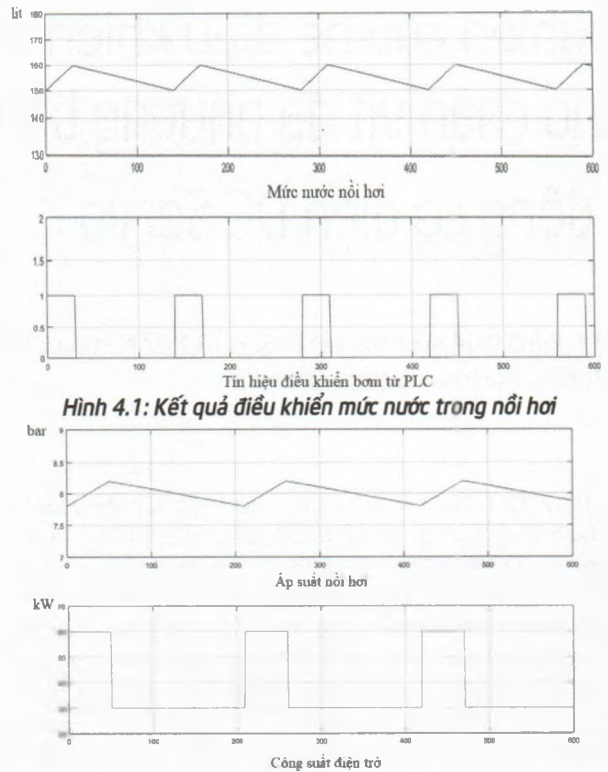
Đối với S7-1200, ta sử dụng hai khối hàm TRCV_C và TSEND_C trên phần mềm TIA để tạo kết nối. Trong đó, khai báo truyền thông được thực hiện tới thiết bị là Unspecified địa chỉ 192.168.0.100, thiết bị S7-1200 là server, cổng truyền 5000.



Hình 3.3: Khai báo kết nối TCP/IP trên phần mềm TIA cho S7-1200

4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Với mô hình toán đã xây dựng cho nồi hơi và kết nối mô hình với PLC S7-1200 qua truyền thông TCP/IP như Hình 4.1 và Hình 4.2. Có thể nhận thấy rằng, mô hình trên Simulink đã có khả năng liên kết tốt với thiết bị PLC thực qua truyền thông TCP/IP. Độ trễ truyền thông cao nhất trong khoảng 1s.



Hình 4.1: Kết quả điều khiển mức nước trong nồi hơi

Hình 4.2: Kết quả điều khiển áp suất trong nồi hơi

Các tín hiệu mức nước, nhiệt độ, áp suất nồi hơi được gửi tới PLC, thông qua chương trình PLC đưa ra các tín hiệu điều khiển bơm nước và công suất của trở sấy để điều khiển giữ mực nước và áp suất trong nồi hơi.

5. KẾT LUẬN

Các tín hiệu điều khiển từ PLC S7-1200 gửi tới mô hình đã cho kết quả đáp ứng tốt trên mô hình mô phỏng Simulink. Điều này cho phép đánh giá dựa trên thời gian thực của thiết bị, cho phép thiết kế điều khiển PLC cho các đối tượng dựa trên nhận dạng thời gian thực, đặc biệt là các bộ điều khiển PID cho nồi hơi tàu thủy cũng như cho các đối tượng phức tạp khác.

Mô phỏng thời gian thực đối tượng trên Simulink cho phép ta thử nghiệm điều khiển các giải pháp điều khiển cho nồi hơi, đánh giá được mức độ tiêu hao năng lượng, tính toán điểm làm việc tối ưu của nồi hơi một cách nhanh chóng, tiết kiệm thời gian và chi phí trước khi áp dụng vào thực tế.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT21-22.43.

Tài liệu tham khảo

- [1]. *Steam Generator Modeling Using Thermofluid Matlab-Simulink Library* (<https://www.ijert.org>).
- [2]. *Modeling and Simulation of an Industrial Steam Boiler* (<http://www.ijceit.org>).
- [3]. *Send and Receive Data over TCP/IP Network* (<https://www.mathworks.com>).

Ngày nhận bài: 15/6/2022

Ngày chấp nhận đăng: 22/7/2022

Người phản biện: TS. Trần Thị Phương Thảo