NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN PLC CÂN NƯỚC TỰ ĐỘNG PHỤC VỤ PHA SƠN

RESEARCH ON THE DESIGN OF A PLC-BASED AUTOMATIC WATER WEIGHING CONTROLLER FOR PAINT MIXING APPLICATIONS

Đỗ Duy Hà
Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: hadd@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Trong quá trình sản xuất sơn, việc cấp và cân nước chính xác là yếu tố quan trọng quyết định đến độ ổn định của màu sắc, độ nhớt và chất lượng sản phẩm. Tuy nhiên, tại nhiều nhà máy pha sơn hiện nay, công đoạn này vẫn chủ yếu được thực hiện thủ công, dẫn đến sai lệch tỷ lệ pha, giảm năng suất, tăng tỷ lệ phế phẩm và khó truy xuất dữ liệu sản xuất. Xu hướng tự động hóa quy trình pha trộn trong công nghiệp, đặc biệt là ứng dụng hệ thống cân và cấp nước tự động, đang được nghiên cứu và triển khai rộng rãi nhằm nâng cao độ chính xác, tiết kiệm nguyên liệu và đảm bảo đồng nhất chất lượng giữa các lô sản xuất. Trong nghiên cứu này, tác giả tính toán thiết kế hệ thống cấp nước tự động điều khiển bằng Program Logic Control (PLC). Với kết quả thu được có ưu điểm vượt trội như: giá thành hạ, dễ thi công lắp đặt, dễ sửa chữa, chất lượng làm việc ổn định, linh hoạt.

Từ khoá: *Hệ thống cấp nước; Bộ điều khiển PLC; Sản xuất sơn.*

ABSTRACT

In the paint manufacturing process, accurate water dosing and weighing are crucial factors that determine the stability of color, viscosity, and overall product quality. However, in many paint mixing plants today, this stage is still mainly performed manually, leading to mixing ratio deviations, reduced productivity, increased defect rates, and difficulties in production data traceability. The trend toward automation in industrial mixing processes – particularly through the implementation of automatic water weighing and dosing systems – is being widely researched and applied to enhance accuracy, save raw materials, and ensure consistent quality across production batches. In this study, the author designed an automatic water supply system controlled by a Programmable Logic Controller (PLC). The proposed system demonstrates several outstanding advantages, such as low cost, ease of installation and maintenance, operational stability, and flexibility.

Keywords: *Water Supply System; PLC Controller; Paint Production.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình sản xuất sơn, việc cấp và cân nước chính xác là yếu tố quan trọng quyết định đến độ ổn định của màu sắc, độ nhớt và chất lượng sản phẩm. Xu hướng tự động hóa quy trình pha trộn trong công nghiệp, đặc biệt là ứng dụng hệ thống cân và cấp nước tự động, đang được nghiên cứu và triển khai rộng rãi. Các nghiên cứu cho thấy bơm tỷ lệ có khả năng kiểm soát chính xác lượng cấp, giảm dao động nồng độ và tối ưu hóa quy trình pha trộn [1], [2]. Việc tích hợp bộ điều khiển thông minh như PID, Fuzzy hay mô hình dự đoán với hệ thống đo lường thời gian thực còn giúp điều chỉnh lượng cấp nước linh hoạt theo điều kiện sản xuất, qua đó giảm lãng phí và tăng tính ổn định [3]. Trong ngành sơn, các hệ thống pha trộn sử dụng PLC và SCADA đã cho thấy hiệu quả cao trong việc tự động hóa công đoạn định lượng, đồng thời cung cấp dữ liệu theo dõi và cảnh báo chất lượng sản phẩm [4]. Vì vậy, việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo hệ thống cân nước tự động cho nhà máy pha sơn là cần thiết và phù hợp với xu hướng chuyển đổi số, giúp nâng cao hiệu quả sản xuất, giảm sai số và đảm bảo tính đồng nhất sản phẩm.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Lưu lượng chất lưu là lượng chất lưu chảy qua một tiết diện ống dẫn hoặc kênh dẫn trong một đơn vị thời gian. Đại lượng này biểu thị mức độ vận chuyển của chất lưu trong hệ thống và là thông số quan trọng trong các quá trình công nghiệp, hệ thống cấp thoát chất lưu, và điều khiển tự động.

Lưu lượng trung bình trong khoảng thời gian $\Delta t = t_2 - t_1$ xác định bởi biểu thức:

$$Q_{tb} = \frac{\Delta V}{dt}$$

Trong đó: ΔV – Thể tích chất lưu chảy qua ống trong thời gian khảo sát.

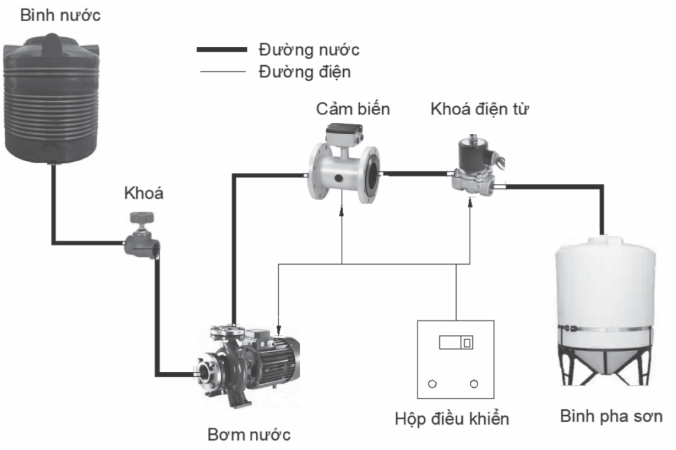
Lưu lượng nước tức thời được tính theo công thức:

$$Q = \frac{dV}{dt}$$

Nguyên lý hoạt động của lưu lượng kế dựa trên cơ sở: Để trực tiếp thể tích chất lưu chảy qua công tơ trong một khoảng thời gian xác định Δt; Đo vận tốc chất lưu chảy qua công tơ khi lưu lượng là hàm của vận tốc; Đo độ giảm áp qua tiết diện thu hẹp trên dòng chảy, lưu lượng là hàm phụ thuộc vào độ giảm áp. Tín hiệu đo biến đổi trực tiếp thành tín hiệu điện nhờ bộ chuyển đổi điện thích hợp.

3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

3.1. Sơ đồ và các thành phần hệ thống



Hình 1. Sơ đồ của hệ thống

Mục tiêu của việc thiết kế và chế tạo hệ thống cân nước cho dây chuyền pha sơn là đảm bảo khả năng định lượng chính xác và ổn định lượng nước bổ sung vào quá trình pha chế, qua đó duy trì độ nhớt, tỷ lệ pha trộn và chất lượng màu sơn theo yêu cầu công nghệ. Hệ thống được xây dựng nhằm tự động hóa quá trình cấp nước, giảm thiểu sai số do thao tác thủ công, rút ngắn thời gian pha mẻ, đồng thời nâng cao năng suất, độ lặp lại và khả năng kiểm soát chất lượng sản phẩm.

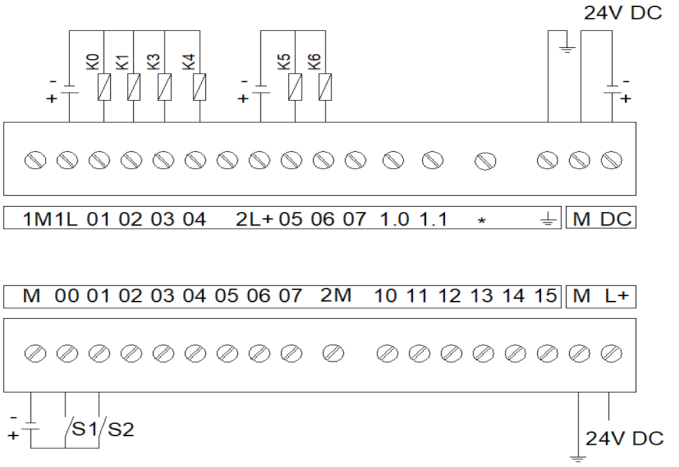
*Hệ thống cân nước gồm:

01 bơm tăng áp có mã HS 350-300-4802/1-F_FB EBQP;

01 cảm biến lưu lượng có mã KF700;

01 van điện từ solenoid AC220V;

01 tủ điều khiển trung tâm (dùng PLC S7200) có sơ đồ đấu nối như sau:

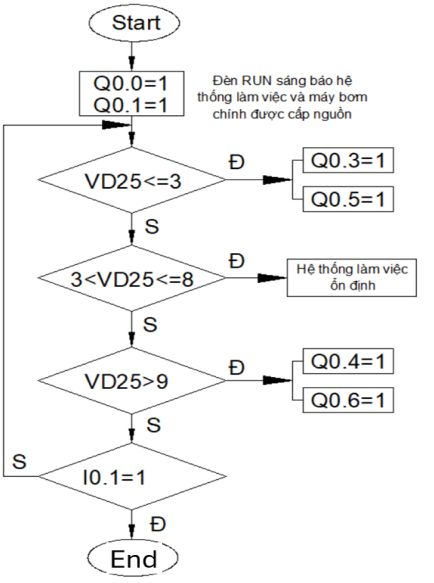


Hình 2. Sơ đồ đấu dây PLC S7200

3.2. Sơ đồ thuật toán của hệ thống

*Nguyên lý hoạt động của hệ thống như sau:

Bước 1: Bật aptomat cấp nguồn cho tủ điều khiển; Bước 2: Đặt khối lượng cần cân qua màn hình hiển thị; Bước 3: Thực hiện ấn lệnh cân thông qua nút "Start"; Bước 4: Nếu quá trình cân bị lỗi hoặc sai gì đó cần dừng khẩn cấp, ấn phím "Stop"; Bước 5: Nếu trong quá trình cân, khi khối lượng cân bằng khối lượng tổng, lúc này máy sẽ không cho cân tiếp. Để tiếp tục cân mẻ khác, ta ấn và giữ phím "Stop" trong khoảng 5s.



Hình 3. Thuật toán của hệ thống

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 335, tháng 11 năm 2025
cokhivietnam.vn

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chế tạo và ứng dụng thành công hệ thống vào các nhà máy sản xuất và chiết rót sơn với mức chính xác 99,95% cùng với việc nâng cao năng suất mà vẫn đảm bảo được các điều kiện sử dụng nước trong quá trình pha trộn.

Sản phẩm của nó trước tiên được ứng dụng trong nhà máy, xí nghiệp, dây chuyền để góp phần giảm thiểu lượng nước thất thoát, làm tăng chất lượng phục vụ và hiệu quả kinh tế trong sản xuất. ❖

Ngày nhận bài: **21/10/2025**
Ngày phản biện: **04/11/2025**

Tài liệu tham khảo:

[1]. X. Lu, S. Huang, H. Liu, F. Yang, and T. Zhang, "*Research on Intelligent Chemical Dosing System for Phosphorus Removal in Wastewater Treatment Plants*". Water, vol. 16, no. 11, 2024.

[2]. Petra S, Martin M, et al., "*Powder dosing within continuous manufacturing: A lean approach*". International Journal of Pharmaceutics, vol. 667, 124903 2025.

[3]. Rafael R, Jose AC, et al., "*A novel robot co-worker system for paint factories without the need for human operators*". Journal of Coatings Technology and Research, vol. 18, no. 4, pp. 889-900, 2023.

[4]. Sartorius AG, "*Paint Mixing Scales-High-precision weighing solutions for industrial paint mixing*". Technical White Paper, 2024.