

THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CHO MÁY RÓT BỘT TỰ ĐỘNG

RESEARCH ON DESIGNING A CONTROL SYSTEM FOR AUTOMATIC POWER FILLING MACHINE

Trịnh Tuấn Dương

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

Trong bài báo này, tác giả trình bày việc thiết kế hệ thống điều khiển cho máy rót bột tự động. Bộ điều khiển có tác dụng xử lý tín hiệu từ cảm biến tiệm cận, loadcell để điều khiển động cơ bước được liên kết với vít tải hoàn thành một chu trình rót bột một cách chính xác. Đồng thời, bộ điều khiển được thiết kế cũng có khả năng giao tiếp hai chiều với màn hình cảm ứng để người sử dụng có thể thiết lập các khối lượng chuẩn của mỗi lần rót bột, cũng như hiển thị thông tin về quá trình rót bột cho người sử dụng.

Từ khóa: Máy rót bột tự động; Hệ thống điều khiển.

ABSTRACT

In this paper, the author presents the design of a control system for an automatic powder filling machine. The control system is responsible for processing signals from proximity sensor and loadcell to control a stepper motor that are connected to the screw conveyor to complete a powder filling cycle accurately. At the same time, the control system is also designed to have bidirectional communication with the touch screen so that users can set the standard weights for each powder filling, as well as display information for users.

Keywords: Automatic powder filling machine; Control system.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình sản xuất bột, khâu cân bột vào túi theo một khối lượng chính xác chiếm rất nhiều thời gian. Do đó, việc sử dụng máy rót bột tự động thay thế việc cân bột thủ công sẽ rút ngắn thời gian của quá trình, từ đó nâng cao năng suất lao động. Máy rót bột tự động có nguyên lý làm việc chính dựa trên sự kết hợp chuyển động giữa cơ cấu vít tải và cơ cấu đảo bột (hình 1). Trong đó, cơ cấu đảo bột có tác dụng chống hiện tượng bám dính của bột, và

đẩy bột vào vùng làm việc của vít tải; còn cơ cấu vít tải khi chuyển động sẽ rót bột ra theo một lưu lượng ổn định. Bài báo này tập trung vào trình bày việc thiết kế hệ thống điều khiển cho máy rót bột tự động thực hiện các nhiệm vụ sau: Đọc tín hiệu từ cảm biến tiệm cận để xác định có sự tồn tại của túi đựng bột trong vùng làm việc hay không; Đọc tín hiệu từ cảm biến loadcell để xác định khối lượng bột đã được rót; Điều khiển chính xác động cơ bước được nối với vít tải; Truyền và nhận dữ liệu với màn hình cảm ứng.

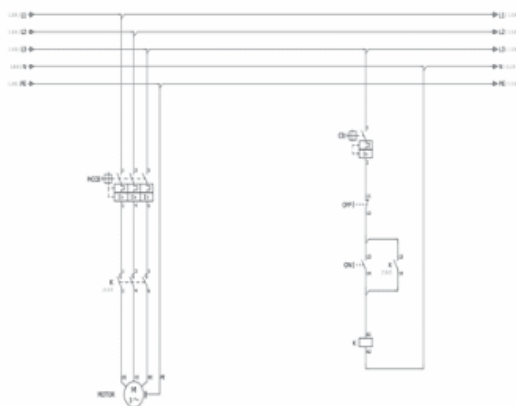




Hình 1. Khâu vít tải và khâu đảo bột bên trong máy rót bột tự động.

2. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN CHO MÁY RÓT BỘT TỰ ĐỘNG

2.1. Thiết kế hệ thống điện

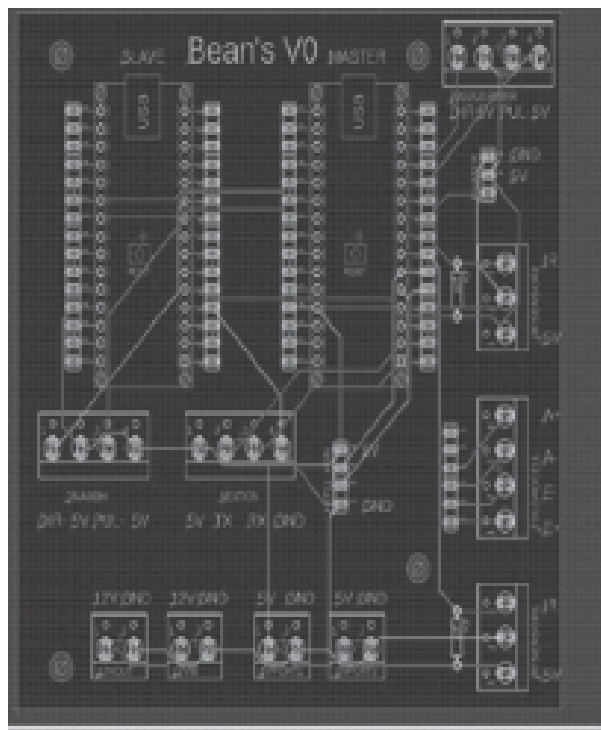


Hình 2. Sơ đồ hệ thống điện

Hệ thống điện được thiết kế để cung cấp nguồn điện ba pha cho động cơ ba pha gắn với cơ cấu đảo bột và một pha được tách để cấp cho hệ thống điều khiển. Các CB được chọn để đóng ngắt và chống ngắn mạch cho phần nguồn ba pha và một pha. Động cơ ba pha kết nối với

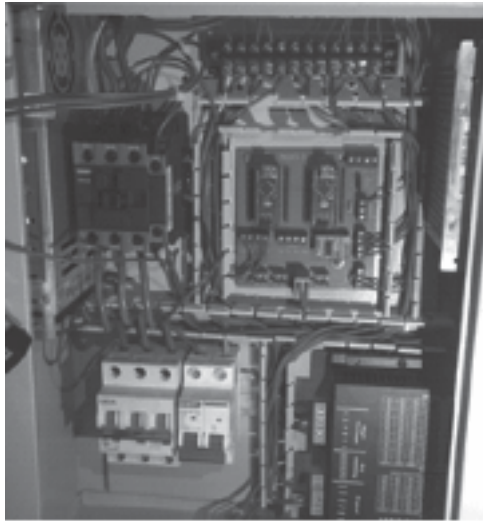
cơ cấu đảo bột được điều khiển thông qua hệ thống nút nhấn và contactor [1]. Một pha được tách từ hệ thống điện ba pha sẽ cấp cho các bộ nguồn một chiều để cấp cho mạch điều khiển, động cơ bước, các cảm biến và màn hình cảm ứng.

2.2. Thiết kế mạch cho bộ điều khiển



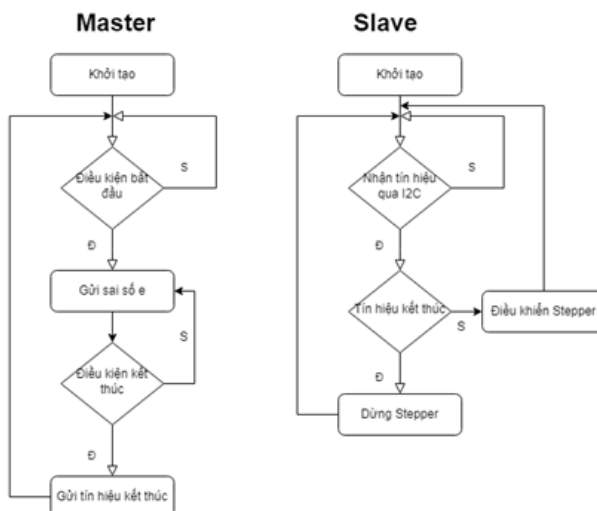
Hình 3. Mạch in bộ điều khiển

Bộ điều khiển được thiết kế sử dụng hai Arduino Nano để tính toán, xử lý dữ liệu. Hai Arduino nano được kết nối với nhau qua giao tiếp I2C [2]. Trong đó, Arduino Master sẽ đọc tín hiệu từ cảm biến tiệm cận, loadcell, giao tiếp với màn hình cảm ứng. Các dữ liệu sau đó được xử lý, tính toán để ra tín hiệu điều khiển thích hợp gửi sang Arduino Slave. Arduino Slave sẽ nhận dữ liệu được gửi sang từ Arduino Master thông qua sự kiện ngắt của giao tiếp I2C và thực hiện việc cấp xung điều khiển động cơ bước theo dữ liệu nhận được.



Hình 4. Sơ đồ hệ thống điều khiển sau khi đấu nối hoàn thiện

2.3. Viết chương trình điều khiển



Hình 5. Lưu đồ thuật toán nguyên lý hoạt động

Hệ thống điều khiển của máy rót bột tự động được lập trình để hoạt động với nguyên lý như hình 5.

Chip Master sẽ liên tục đọc tín hiệu từ cảm biến tiệm cận và loadcell để kiểm tra điều kiện bắt đầu quá trình rót bột. Nếu điều kiện bắt đầu là đúng (có túi trong vùng rót bột và sai số

khối lượng túi bột vẫn lớn hơn sai số cho phép) thì gửi sai số về khối lượng bột cần rót sang chip Slave. Sau đó, nếu thỏa mãn điều kiện dừng rót bột (không có túi trong vùng rót bột hoặc sai số về khối lượng đã nhỏ hơn sai số cho phép) thì chip Master sẽ gửi tín hiệu dừng sang chip Slave. Chip Slave sẽ xử lý dữ liệu nhận được từ ngắt I2C để điều khiển cơ cấu vít tải.

Với yêu cầu thời gian rót bột nhanh và giảm độ quá độ cực đại, bộ điều khiển PD [3] được ứng dụng để điều khiển động cơ bước:

Chip Master tính sai số $e(t)$ và gửi sang slave: $e(t) = r(t) - y(t)$, với $e(t)$ là sai số, $r(t)$ là khối lượng bột tham chiếu mỗi lần rót, $y(t)$ là khối lượng bột đã rót được, đo được từ loadcell. Chip Slave sau đó tính tín hiệu điều khiển $u(t)$ là tốc độ quay của vít tải, dạng của phương trình PD được xác định như (1):

$$u(t) = k_p e(t) + k_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Với k_p và k_d là các tham số của bộ điều khiển PD.

Rời rạc hóa phương trình (1) thu được:

$$u(t) = k_p e(t) + k_d \frac{\Delta e}{\Delta t} \quad (2)$$

Với Δe là sai lệch về sai số giữa lần lấy mẫu sau và lần lấy mẫu trước, và Δt là thời gian giữa hai lần lấy mẫu. Coi $k_d = \frac{k_d}{\Delta t}$, phương trình (2) có dạng:

$$u(t) = k_p e(t) + k_d \Delta e$$

Các hằng số k_p và k_d sau đó được xác định dựa trên tiến hành thực nghiệm trên máy để đảm bảo thời gian tăng và sai số cực đại thỏa mãn yêu cầu được đề ra.

Chip Master cũng được lập trình để giao tiếp với màn hình cảm ứng Nextion Display [4]. Dữ liệu về khối lượng đo được thực tế từ loadcell, và số lần rót bột thành công sẽ được hiển thị lên màn hình cảm ứng (tương ứng vào biến KL và SL) để giúp người sử dụng dễ theo dõi, thống kê quá trình rót bột. Màn hình giao diện thứ hai giúp người sử dụng có thể thay đổi khối lượng chuẩn của quá trình rót bột trong phạm vi cân của loadcell từ 0 – 5kg. Điều này giúp tăng tính ứng dụng của máy trong sản xuất quy mô vừa và nhỏ, khi cần rót nhiều loại túi bột với kích thước khác nhau.



Hình 6. Giao diện hiển thị trên màn hình cảm ứng

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày quá trình thiết kế một hệ thống điều khiển cho máy rót bột tự động. Việc thiết kế máy rót bột có hệ thống điều khiển mang lại nhiều ưu điểm như:

Tự động phát hiện điều kiện bắt đầu hay dừng quá trình rót bột giúp nâng cao năng suất lao động, giảm nguy cơ xảy ra lỗi trong quá trình rót bột.

Ứng dụng bộ điều khiển PD điều khiển chính xác số bước quay của vít tải giúp nâng cao tốc độ và độ chính xác của quá trình rót bột.

Khả năng giao tiếp với màn hình cảm ứng giúp tăng tính tương tác với người sử dụng. Người sử dụng có thể thiết lập khối lượng bột của mỗi lần cân làm tăng tính linh hoạt của máy, phù hợp hơn với điều kiện sản xuất vừa và nhỏ. ❖

Ngày nhận bài: **18/01/2024**

Ngày phản biện: **10/02/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Văn Chới, Bùi Tiến Hữu, Nguyễn Tiên Tôn; “*Khí cụ điện*”, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. Arduino nano datasheet.
- [3]. Ogata, “*Modern Control Engineering*”, Pearson Education, 2009.
- [4]. <https://nextion.tech/instruction-set/>