

LỌC NHIỀU CHO HỆ THỐNG CÂN ĐỘNG

NOISE FILTERING FOR DYNAMIC WEIGHING SYSTEM

Nguyễn Văn Tường¹, Trần Văn Hùng¹, Nguyễn Trí Tuệ²

¹Trường Đại học Nha Trang

²Công ty TNHH Tự động hóa MenT

TÓM TẮT

Trong nhiều lĩnh vực sản xuất, sản phẩm được cân bằng cách sử dụng hệ thống cân động dùng cảm biến lực. Cảm biến lực là thiết bị cân không có điều khiển. Tuy nhiên, bằng cách lọc tín hiệu điện thu được từ cảm biến lực, giá trị cân có thể được tính toán. Áp dụng giải thuật lọc nhiễu phù hợp có thể làm tăng tốc độ cân và độ chính xác cân. Bài báo này trình bày hai thuật toán lọc nhiễu áp dụng cho hệ thống cân động. Kết quả thử nghiệm trên một bàn cân động với các quả cân tiêu chuẩn cho thấy các giải thuật này cho phép đạt độ chính xác cân và tốc độ cân cao.

Từ khóa: Lọc nhiễu, giải thuật, hệ thống cân động.

ABSTRACT

In many fields of production, products are weighed using load cell based dynamic weighing systems. A load cell is an uncontrollable weighing device. However, by filtering the electrical signal from a load cell, the value of weight can be calculated. Applying appropriate algorithms for noise filtering can increase the speed of weighing and enhance the measurement accuracy. This paper presents two filtering algorithms applied for the dynamic weighing system. The experiments on a dynamic weighing table with standard weights showed that the weighing speed and the measurement accuracy can be enhanced by using these algorithms.

Keywords: Noise filtering, algorithm, dynamic weighing system.

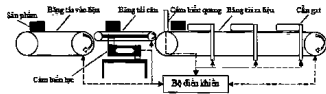
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nhiều lĩnh vực sản xuất, sản phẩm được cân để phân loại theo trọng lượng cũng như loại bỏ những sản phẩm có trọng lượng không đạt yêu cầu. Để tăng năng suất cân, người ta sử dụng các hệ thống cân sử dụng băng tải cân, hay còn gọi là cân động, thay thế cho các hệ thống cân thủ công. Hệ thống cân động giúp cho dây chuyền sản xuất không bị gián đoạn và giảm số lượng nhân tại khâu cân.

Loại cân này được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như điện, hóa chất, khai khoáng và thực phẩm [1].

Nguyên lý hệ thống cân động dùng cảm biến tải trọng để cân trọng lượng sản phẩm được thể hiện trên hình 1. Sản phẩm cân được chuyển từ băng tải vào liệu đến băng tải cân. Phía dưới băng tải cân có bố trí một bàn cân lắp trên một cảm biến lực, là thiết bị cân có khả năng cân sản phẩm chạy trên băng tải. Hệ

thông có một mô-đun để xử lý tín hiệu điện thu từ thiết bị cân và đánh giá giá trị trọng lượng sản phẩm, phát tín hiệu cho cân gạt để gạt sản phẩm vào ô chứa phù hợp.

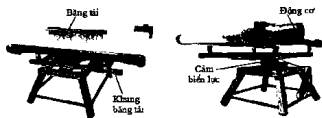


Hình 1. Sơ đồ nguyên lý cân động dùng băng tải

Do quá trình cân động được thực hiện khi sản phẩm đang di chuyển trên băng tải cân nên giá trị cân bị ảnh hưởng bởi nhiễu đến từ hệ thống cơ khí của cân (như rung động), hệ thống điện (nhiều điện và từ trường) và loại sản phẩm được cân [2]. Cải thiện lọc nhiễu làm tăng tốc độ cân và nâng cao độ chính xác cân [3]. Bài báo này trình bày hai giải thuật lọc nhiễu cho hệ thống cân động. Các giá trị cân trước, sau khi xử lý sẽ được đưa ra cùng lúc để so sánh và tìm được bộ thông số tối ưu cho giải thuật. Một đầu cân động đã được thiết kế và chế tạo để thử nghiệm và chứng minh cho tính chính xác và ổn định của giải thuật.

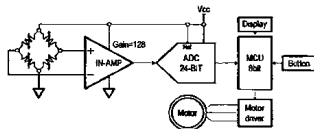
2. BÀN CÂN ĐỘNG

Bàn cân động bao gồm phần cơ khí và phần điện. Phần cơ khí gồm các bộ phận chính như băng tải cân, bàn cân, khung đỡ. Mặt băng tải làm bằng vật liệu PE, dày 0,8 mm, con lăn được làm bằng nhựa POM, các kết cấu cơ khí khác được làm bằng thép không gỉ SUS 304. Hình dáng bên ngoài của bàn cân được thể hiện trên hình 2. Kích thước phủ bì dài, rộng và cao lần lượt là 450 mm, 350 mm và 150 mm. Băng tải được dẫn động bởi động cơ điện một chiều 24 VDC, 30 W. Tốc độ băng tải có thể điều chỉnh từ 0 đến 0,35 m/s. Tổng khối lượng của bàn cân gắn trên cảm biến tải trọng là 8 kg.



Hình 2. Bàn cân động

Phần điện của bàn cân gồm cảm biến lực, khuếch đại và lọc tần số, bộ biến đổi tương tự-số (Analog to Digital Converter - ADC) 24 bit và vi điều khiển 8 bit. Sơ đồ khối của phần điện bàn cân động được thể hiện trên hình 3. Cảm biến lực sẽ biến đổi từ lực thành giá trị điện áp, điện áp này được khuếch đại lên 128 lần rồi qua mạch lọc từ đó giá trị điện áp được đưa trực tiếp vào bộ biến đổi ADC. Mức điện áp này được chuyển thành dữ liệu số nhờ ADC và được xử lý bởi phần cứng nhúng với vi điều khiển. Thông số quan trọng ảnh hưởng tới giá trị cân là: Phương pháp biến đổi, số bit và tốc độ biến đổi của ADC, hệ số khuếch đại và độ trôi của khuếch đại [4]. Bộ đọc bàn cân được thiết kế tuyến tính và độc lập với điện áp nguồn cấp.



Hình 3. Sơ đồ khối phần điện đầu cân động.

Cảm biến lực: Cảm biến lực biến đổi lực tác dụng thành điện áp đầu ra. Điện áp đầu ra tỷ lệ thuận với giá trị lực tác dụng, hay khi lực tác dụng càng lớn, điện áp đầu ra càng lớn và ngược lại. Cảm biến lực được dùng trên bàn cân này là loại BM6A (Zemic, Hà Lan), tải tối đa là 30 kg, sai số là 0,023%, IP68 (chống bụi, chống nước), làm bằng thép không gỉ [5].

Khuếch đại và lọc tần số: Giá trị đầu ra

của cảm biến thường rất nhỏ và được khuếch đại trước khi đưa về bộ ADC [6]. Bên cạnh đó, bộ khuếch đại không được làm suy giảm tín hiệu cần khuếch đại, trở kháng đầu ra nhỏ, ít nhiễu và hệ số khuếch đại lớn. Tín hiệu của cảm biến lực sau khi được khuếch đại được đưa qua bộ lọc để loại đi tần số cao, thường là các giá trị nhiễu [4]. Trong nghiên cứu này, mạch tích hợp INA125 (Texas Instruments, Mỹ) và một mạch lọc RC được sử dụng cho việc khuếch đại tín hiệu và lọc nhiễu.

ADC: ADC là thiết bị biến đổi liên tục giá trị điện áp thành giá trị số. Để đáp ứng độ phân giải 1: 200000 cho các ứng dụng cân chính xác phải cần đến ADC 24 bit. Nghiên cứu này sử dụng ADC tốc độ cao 24 bit loại LTC2440 (Linear Technology Corporation, Mỹ).

Vi điều khiển: Các thuật toán và chương trình điều khiển sau khi viết được nạp vào vi điều khiển. Vi điều khiển sẽ thực hiện theo đúng tuần tự các bước theo chương trình được nạp. Trong nghiên cứu này, vi điều khiển ATmega32 (Atmel, Mỹ) được chọn để có thể chứng minh được tính hiệu quả của thuật toán.

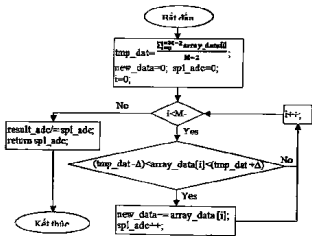
Động cơ và bộ điều khiển: Động cơ điện một chiều 24 VDC, 30 W được điều khiển thông qua mạch công suất để khuếch đại tín hiệu và kênh PWM của vi điều khiển. Thông qua kênh PWM, tốc độ động cơ có thể thay đổi từ 0 đến 0,35 m/s.

3. GIẢI THUẬT LỌC NHIỀU

Trong cân động, giá trị lấy mẫu đo được chịu rất nhiều tác động bởi nhiễu [4]. Giá trị đo được sẽ biến thiên cho dù khối lượng sản phẩm cân không đổi. Lấy giá trị trung bình là phương pháp tốt để giảm nhiễu trong khi vẫn giữ được tốc độ đáp ứng của hệ thống. Bằng cách sử dụng cửa sổ dịch chuyển khi lấy giá trị

trung bình sẽ tăng tốc độ đáp ứng mà vẫn giảm được nhiễu. Sơ đồ giải thuật lấy giá trị trung bình được thể hiện trên hình 4.

Bộ lọc sẽ tính giá trị trung bình trong bộ đệm của ADC. Giá trị của bộ đệm được lấy trực tiếp từ giá trị đầu ra của ADC. Sau khi loại đi giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của M mẫu trong bộ đệm, thực hiện tính giá trị trung bình của “M-2” mẫu còn lại. Bên cạnh loại đi giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của M mẫu đầu vào, các giá trị vượt ngưỡng cũng được loại bỏ một lần nữa.



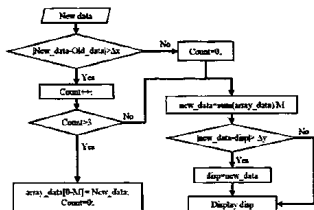
Hình 4. Giải thuật lấy giá trị trung bình.

Từ kết quả trung bình của M-2 mẫu, từng giá trị mẫu một sẽ được so sánh với giá trị trung bình, nếu giá trị đó vượt qua ngưỡng thì bị loại bỏ khỏi mảng [7]. Kết quả thu được chính xác và tin cậy hơn. Tổng số mẫu bị loại bỏ là “n” mẫu, số mẫu còn lại là “M-2-n”. Kết quả giá trị cân sau khi được lọc nhiễu được trình bày ở công thức (1).

$$new_data = \frac{1}{M-2-n} \sum_{j=0}^{M-2-n} y_j \quad (1)$$

Về cơ bản thì giải thuật lấy giá trị trung bình có thể giảm nhiễu đáng kể, nhưng tốc độ đáp ứng chậm khi khối lượng cân thay đổi [7]. Sau khi khối lượng thay đổi, giá trị đầu ra của cảm biến lực sẽ thay đổi tới một trạng thái mới

trong một thời gian rất ngắn. Theo giải thuật trên, giá trị đầu ra của bộ lọc sẽ không đúng sau một thời gian là M mẫu. Thời gian đáp ứng bị giới hạn là M mẫu (số mẫu được lấy trung bình). Do đó, cần thêm một giải thuật khác để kiểm tra sự thay đổi của mẫu đầu vào từ đó đáp ứng được tốc độ thay đổi của cảm biến lực. Đó là giải thuật cập nhật dữ liệu vào mảng và giá trị hiển thị, được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Giải thuật cập nhật dữ liệu vào mảng và giá trị hiển thị

Trước hết, thực hiện kiểm tra số mẫu thay đổi để quyết định khối lượng đã thay đổi. Khi có sự thay đổi của 3 mẫu đầu vào liên tiếp từ ADC và giá trị đầu ra sau khi lọc lớn hơn ngưỡng đặt Δx thì quyết định khối lượng đã thay đổi. Toàn bộ M mẫu sẽ được thay thế toàn bộ bằng giá trị mới để bỏ qua thời gian cập nhật, đáp ứng được tốc độ thay đổi của cảm biến lực. Đó cũng là thời gian để cảm biến lực ổn định. Để tối ưu quá trình, sau khi sự thay đổi khối lượng được xác nhận, toàn bộ giá trị trong bộ đệm sẽ được thay thế với giá trị mới nhất của ADC trong $M1$ ($M1 \leq M$) chu kỳ tiếp theo. Sau $M1$ chu kỳ đó, giá trị trung bình sẽ được cập nhật lại. Nhưng khi khối lượng đọc được gần giá trị thực, màn hình sẽ nhấp nháy do thay đổi giá trị liên tục. Để giữ màn hình hiển thị ổn định, giá trị chỉ cập nhật ra ngoài màn hình khi giá trị mới thay đổi vượt qua ngưỡng Δy . Nói một cách khác, trong chu kỳ

quét giá trị hiển thị, chương trình sẽ quyết định giá trị nào sẽ được hiển thị trong chu kỳ này. Nếu khối lượng cân không thay đổi vượt qua ngưỡng Δy thì giá trị cân hiển thị sẽ không đổi trong chu kỳ này. Nếu nó có sự thay đổi, sự thay đổi lớn hơn giá trị ngưỡng thì giá trị hiển thị sẽ được cập nhật giá trị mới.

Nghiên cứu này sử dụng phần mềm CodeVisionAVR để lập trình cho vi điều khiển. Các giải thuật lọc nhiễu sẽ được lập trình nhờ trình biên dịch C có trong CodeVisionAVR. Chương trình viết trên CodeVisionAVR sẽ được nạp vào vi điều khiển Atmega32 trong hệ thống điều khiển.

4. THỰC NGHIỆM CÂN

Đầu cân được vận hành không tải và có tải để kiểm tra hiệu quả của kỹ thuật lọc nhiễu theo hai giải thuật nói trên. Khi chạy có tải, dùng các quả cân tiêu chuẩn có khối lượng lần lượt là 50, 100, 200, 500, 1000g được chế tạo theo cấp chính xác $M1$ (tiêu chuẩn ĐL.VN 286: 2015). Từng quả cân được sử dụng để cân thử, mỗi quả cân chạy qua băng tải cân lặp đi lặp lại 7 lần với 3 tốc độ băng tải lần lượt là 0,1 m/s, 0,2 m/s và 0,3 m/s.

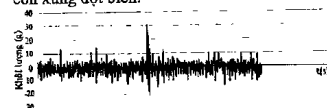
Kết quả thực nghiệm cho thấy, khi băng tải cân đứng yên, tín hiệu cân vẫn có dao động do nhiễu tác động. Khi cho băng tải cân hoạt động với các tốc độ khác nhau, tần số dao động của tín hiệu cân thay đổi theo và biên độ dao động của tín hiệu cân tăng theo tốc độ băng tải. Sở dĩ như vậy là vì đầu cân bị rung do các thay đổi trong hệ thống như ma sát, độ căng của dây đai, độ căng của băng tải. Các yếu tố đó tác động trực tiếp lên cảm biến lực và làm sai lệch giá trị ADC. Biểu đồ tín hiệu cân khi chạy không tải được thể hiện trên hình 6. Đường màu xanh (A1) là giá trị ADC đã qua bộ lọc theo giải thuật lấy giá trị trung bình và đường màu đỏ (A2) là giá trị cân sau khi xử lý theo

giải thuật cập nhật dữ liệu vào mảng và hiển thị. Các giá trị đọc từ ADC sẽ được xử lý liên tục và trả về giá trị khối lượng thực của đầu cân hiển tại.



Hình 6. Biểu đồ cân khi chạy không tải

Giá trị đọc về của cảm biến lực ở hai khoảng thời gian: Giá trị thực trong 9 giây đầu tiên và giá trị sau khi tính toán từ giây thứ 10 được thể hiện trên hình 7. Khi giá trị cân chưa được xử lý, giá trị bị dao động liên tục trong khoảng ± 7 g, đặc biệt có lúc xung lên tới hơn 30 g. Sau khi được xử lý nhiều, giá trị ổn định hơn và dao động trong khoảng ± 1 g và không còn xung đột biến.



Hình 7. Biểu đồ giá trị ADC trước và sau khi xử lý nhiễu.

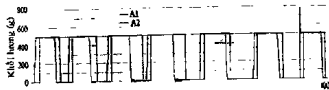
Hình 8 và hình 9 thể hiện giá trị khối lượng khi có vật chạy qua với 7 lần lặp lại cho

Bảng 1: Kết quả thử nghiệm với các quả cân tại $v = 0,1$ m/s

một quả cân. Giá trị cân được "bắt lại" khi giá trị trả về từ cảm biến lực có sự thay đổi, tức là sau thời gian khoảng 250 ms thì giá trị cân được xác nhận. Thời gian bắt mẫu phụ thuộc nhiều vào tốc độ băng tải với ngưỡng các vật cân cân.



Hình 8. Biểu đồ khối lượng cân với tải 50g



Hình 9. Biểu đồ khối lượng cân với tải 500g

Khi quả cân bắt đầu đi vào băng tải thì gây ra sự thay đổi đột biến về giá trị. Khối lượng tăng vọt lên trong khoảng thời gian đầu, sau đó giảm mạnh gần về giá trị thực. Tại thời điểm đó giá trị cân vẫn chưa xác nhận khi giá trị đầu vào vẫn đang thay đổi lớn. Khoảng 250 ms sau đó, giá trị bắt đầu ổn định và khối lượng được xác nhận. Tương tự khi quả cân đi ra khỏi đầu cân, cũng sau khoảng thời gian thời gian 250 ms thì khối lượng cân được xác nhận. Kết quả cân thử nghiệm các quả cân được trình bày trong 3 bảng dưới đây.

SIT	Khối lượng quả cân (g)	Khối lượng cân được (g)							Sai số (%)	
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5	Lần 6	Lần 7		Trung bình
1	50	50	50	50	50	50	50	50	50,00	0,00
2	100	100	100	100	99	100	100	100	99,86	0,14
3	200	200	201	200	200	200	200	199	200,00	0,00
4	500	500	500	499	500	500	501	500	500,00	0,00
5	1000	1001	1000	1001	1000	999	1000	1000	1000,14	0,01

Bảng 2: Kết quả thử nghiệm với các quả cân tại $v = 0,2 \text{ m/s}$

STT	Khối lượng quả cân (g)	Khối lượng cân được (g)								Sai số (%)
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5	Lần 6	Lần 7	Trung bình	
1	50	50	50	50	51	50	50	50	50,14	0,29
2	100	101	100	99	100	101	100	100	100,14	0,14
3	200	200	199	200	200	201	201	200	200,14	0,07
4	500	502	500	499	500	501	500	500	500,29	0,06
5	1000	998	1001	1000	1001	1000	999	1000	999,86	0,01

Bảng 3: Kết quả thử nghiệm với các quả cân tại $v = 0,3 \text{ m/s}$

STT	Khối lượng quả cân (g)	Khối lượng cân được (g)								Sai số (%)
		Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5	Lần 6	Lần 7	Trung bình	
1	50	50	49	50	51	50	51	50	50,14	0,29
2	100	101	100	101	100	101	100	99	100,29	0,29
3	200	200	201	202	200	199	200	200	200,29	0,14
4	500	498	502	500	501	500	499	501	500,14	0,03
5	1000	1002	1000	998	1000	1001	1002	999	1000,29	0,03

Với tốc độ băng tải là $0,1 \text{ m/s}$, số lần cân bất sai khối lượng là 8 (chiếm 23% số lần cân) với độ lệch so với khối lượng chuẩn là 1 g , sai số lớn nhất là $0,14\%$. Khi tốc độ băng tải tăng đến $0,2 \text{ m/s}$ và $0,3 \text{ m/s}$ thì số lần cân bất sai khối lượng tăng lên tương ứng là 14 (chiếm 40% số lần cân) và 20 (chiếm khoảng 57% số lần cân). Tuy số lần bất sai khối lượng vật cân tăng lên khi tăng tốc độ băng tải cân nhưng giá trị độ lệch so với khối lượng chuẩn luôn nhỏ hơn hoặc bằng 2 g , ứng với sai số lớn nhất là $0,29\%$. Tốc độ tăng đồng nghĩa với thời gian quả cân trên băng tải cân giảm, tốc độ bất cân nhanh hơn dẫn đến số lần sai số nhiều hơn. Bên cạnh đó, tốc độ tăng làm cho hệ thống cơ khí rung động mạnh hơn, quán tính của quả cân lớn hơn nên giá trị đọc về từ ADC có biên độ dao động lớn hơn. Tuy nhiên, với kết quả

thực nghiệm thu được thì nhận định rằng giá trị cân ổn định và sai số cân nhỏ. Với sai số này, có thể ứng dụng đầu cân động với các giải thuật lọc nhiễu đã nêu cho một số ứng dụng cân động như cân phân loại sản phẩm, cân bao gói sản phẩm, ...

Trong nghiên cứu này, tính khả thi các giải thuật lọc nhiễu cho cân động đã được kiểm chứng trên một bàn cân động. Với giải thuật lọc nhiễu này có thể cho phép thực hiện cân động chính xác hơn. Quá trình thực nghiệm cũng cho thấy, để nâng cao tính chính xác và ổn định của hệ thống cân, ngoài việc áp dụng giải pháp lọc nhiễu đã nêu, cần phải thực hiện một số giải pháp liên quan đến phần cứng của hệ thống cân như nguồn cấp, loại ADC và hệ thống cơ khí.

6. KẾT LUẬN

Giải thuật lấy giá trị trung bình và giải thuật cập nhật dữ liệu vào mảng và giá trị hiển thị của tín hiệu cân trong bộ đệm của ADC của thiết bị cân động được trình bày trong bài báo này. Tính khả thi của hai giải thuật lọc nhiễu cho cân động đã được kiểm chứng bằng thực nghiệm với bàn cân động tự chế tạo. Kết quả thực nghiệm cân với các quả cân tiêu chuẩn theo ba tốc độ khác nhau cho thấy các giải thuật đáp ứng yêu cầu đặt ra là giảm nhiễu phát sinh trong quá trình đọc giá trị cân. Bên cạnh đó tốc độ “bắt” giá trị cân vẫn đảm bảo khi có sản phẩm chạy qua băng tải cân. Các giải thuật thích ứng với bàn cân đã dùng cho thử nghiệm. Để nâng cao tính chính xác và ổn định của hệ thống cân, ngoài việc áp dụng giải pháp lọc nhiễu đã nêu, cần phải nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố phần cứng của đầu cân động nguồn cấp, loại ADC và hệ thống cơ khí đến các nhiễu sinh ra khi cân. ❖

Ngày nhận bài: 10/01/2017

Ngày phản biện: 14/02/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hong-Bin Gao, Wei-Yi Pang (2009), *A high-accuracy Dynamic Weighing System Based on Single-idler Conveyor Belt*, Proceeding of the Eighth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, IEEE, pp. 2483-2487.
- [2]. M. Halimic, W. Balachandran, and Y. Enab (1996), *Fuzzy Logic Estimator for Dynamic Weighing System*, Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Vol.3, pp. 2123-2129.
- [3]. M. Halimic and W. Balachandran (1995), *Kalman Filter for Dynamic Weighing System*, Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vol. 2, pp. 786-791.
- [4]. B. Baker (2000), *Interfacing Pressure Sensors to Microchip's Analog Peripherals*, Microchip Technology Inc., AN695.
- [5]. Zemicurope, Load cell specifications, www.zemicurope.com/media/Documentation/BM6A_Datasheet.pdf.
- [6]. J. G. Rocha, C. Couto, J. H. Correia (2000), *Smart Load Cells: An Industrial Application*, Sensors and Actuators, Vol.85, pp. 262-266.
- [7]. Trần Văn Hùng (2013); *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo bộ điều khiển máy khâu nghiệm ma sát phục vụ công tác giảng dạy và nghiên cứu tại Trường Đại học Nha Trang*, Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản, tập 4, tr. 21-26.