

Giải pháp thu nhận và xử lý tín hiệu đo trực tuyến độ mòn của đá mài khi mài định hình rãnh lăn vòng trong ổ bi

The Solution for Signal Processing in Online Measurement of Abrasive Wear of Profile Grinding Wheels when Grinding the Ball Bearing's Inner Ring Grove

Nguyễn Anh Tuấn^{1*}, Vũ Toàn Thắng², Nguyễn Viết Tiếp², Đào Thiện Thành²

¹ Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp - Số 456 Minh Khai, Hà Nội

² Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

Đến Tòa soạn: 18-4-2017; chấp nhận đăng: 5-9-2017

Tóm tắt

Bài báo trình bày giải pháp thu nhận và xử lý số liệu, lưu trữ và thiết kế giao diện cho mô hình đo mòn đá mài khi mài định hình rãnh lăn tròn xoay sử dụng phương pháp kết hợp nhiều hệ đầu đo khí nén. Trong mô hình này sử dụng 2 hệ đầu đo khí nén để đánh giá mòn đá tại đỉnh biên dạng và tại mép biên dạng cung cong làm việc của đá mài dùng để mài định hình rãnh lăn vòng trong ổ bi. Để đo áp suất trong buồng đo của mỗi hệ đầu đo khí nén này sử dụng 2 cảm biến áp suất SEU-31 của hãng Pisco có miền đo từ 1-10 Bar, độ phân giải là 0,001 Bar được lấy tín hiệu liên tục trong suốt quá trình đo. Trên cơ sở các yêu cầu của bài toán truyền nhận tín hiệu liên tục, bài báo sẽ lựa chọn vi điều khiển thích hợp và xây dựng phần mềm giao diện để xử lý dữ liệu, lưu trữ kết quả và đo trực tuyến mòn đá tại điểm đỉnh và tại điểm mép biên dạng cung cong đá mài.

Từ khóa: Mài định hình, mòn đá, vi điều khiển.

Abstract

This article presents a solution acquisition and data processing, storage and interface design for profile grinding wheel wear measurement model using a combination of two pneumatic measuring probes in order to evaluate wear grinding wheel on the top of the curving edge shape of the grind stone and the other at the edge of the curving edge shape of the grind stone on the profile grinder that grinds the groove of the ball bearing's inner ring. The model uses two Pisco's SEU-31 pressure sensors with a measurement range of 1-10 bar, resolution of 0.001 Bar to measure the pressure in the chamber of each pneumatic probe. Their signals are taken continuously during the measurement process. On the basis of the requirements of signal transmission the appropriate microcontroller will be selected and the software interface will be developed to handle data, store results and measure online grinding wheel wear on the top of the curving edge shape and the other at the edge of the curving edge shape of the profile grinding wheel.

Keywords: Profile grinding, wear of grinding wheel, microcontroller

1. Đặt vấn đề

Phương pháp đo mòn đá mài định hình bằng cách kết hợp hai đầu đo khí nén bố trí ở đỉnh biên dạng cung cong và ở mép biên dạng cung cong của đá mài định hình tròn xoay được mô tả như hình 1. Vì quá trình mài ở đây là mài định hình, nên biên dạng của đá mài phải giống với biên dạng của chi tiết cần mài. Cụ thể trong thực nghiệm của nghiên cứu này thì biên dạng đá mài phải giống với biên dạng rãnh lăn vòng trong của ổ bi 6208. Do đó, đá mài ở đây phải có biên dạng định hình dạng tròn xoay với: Bán kính cung cong làm việc phải bằng bán kính rãnh lăn vòng trong ổ bi 6208 cần mài bằng R6,17; Chiều cao biên dạng cung cong làm việc của đá mài ít nhất phải bằng chiều sâu rãnh lăn vòng trong ổ bi 6208 cần mài bằng 2,4. Như vậy trong quá

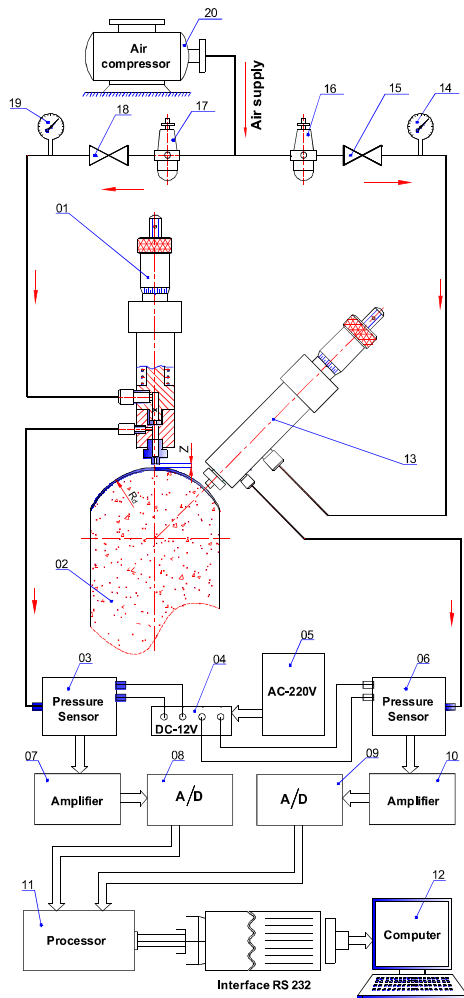
trình mài, diện tích tiếp xúc giữa đá mài và chi tiết là lớn, lực cắt và nhiệt cắt sinh ra sẽ lớn và không đều tại các điểm khác nhau trên biên dạng cung cong làm việc của đá mài. Dẫn đến, đá sẽ mòn không đều tại các điểm khác nhau trên biên dạng cung cong làm việc của đá mài. Tuy nhiên, nhận thấy độ mòn tại điểm đỉnh và tại điểm mép biên dạng cung cong làm việc của đá mài sẽ có sự chênh lệch về lượng mòn là lớn nhất so với tất cả các điểm khác trên toàn bộ biên dạng làm việc của đá mài. Trong khi đó, mỗi đầu đo khí nén chỉ đo được mòn đá tại một vùng diện tích rất nhỏ nơi đầu đo khí nén thổi khí ra. Chính vì vậy để đánh giá lượng mòn của đá mài khi mài định hình rãnh lăn tròn xoay, ở đây sẽ đặt hai hệ đầu đo khí nén. Một đầu đo khí nén (đầu đo số 01- đầu đo thẳng) đặt tại điểm đỉnh biên dạng cung cong làm việc của đá mài. Một đầu đo khí nén còn lại (đầu đo số

* Địa chỉ liên hệ: ĐT:0964.945.889

Email: natuan.ck@uneti.edu.vn

13-đầu đo nghiêng) sẽ đặt tại điểm mép biên dạng cung cong làm việc của đá mài như hình 1.

Mặt khác, nhận thấy với hệ đo trên bên cạnh việc xác định được kích thước của đột thắt d_1 và đầu thổi d_2 hợp lý, xây dựng được đường đặc tuyến động của hệ đầu đo mà trong [1,2,3] đã đề cập, thì độ chính xác của phép đo này sẽ phụ thuộc vào trị số áp suất đo được trong buồng đo. Ở đây để đảm bảo độ chính xác của phép đo hệ đo sẽ sử dụng cảm biến áp suất SEU-31 của hãng Pisco có miền đo từ 1-10 Bar, độ phân giải là 0,001 Bar. Đặc biệt, để thực hiện giám sát mòn đá trực tuyến, một hệ thống phần cứng và phần mềm kết nối với máy tính đã được thiết kế, chế tạo nhằm thu nhận liên tục tín hiệu áp suất trong buồng đo từ cảm biến áp suất. Trên cơ sở đó, hệ thống này sẽ tính toán và xác định được lượng mòn hướng kính tại điểm đỉnh và tại điểm mép biên dạng cung cong của đá mài sau mỗi lần mài xong một chi tiết.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thí nghiệm [1,2,3]

Trong hình vẽ trên:

1: Đầu đo khí nén đo mòn ở đỉnh biên dạng cung cong làm việc của đá mài định hình (Đầu đo thẳng)

2: Đá mài định hình tròn xoay

3: Cảm biến áp suất đo áp suất buồng đo của đầu đo ở đỉnh biên dạng của đá mài

4: Bộ đổi nguồn điện từ 220V về 12 V

5: Nguồn điện 220V

6: Cảm biến áp suất đo áp suất buồng đo của đầu đo ở mép biên dạng của đá mài

7, 10: Bộ khuếch đại điện áp

8, 9: Bộ ADC

11: Vi xử lý STM32F4

12: Máy tính

13: Đầu đo khí nén đo mòn ở mép biên dạng cung cong làm việc của đá mài định hình (Đầu đo nghiêng)

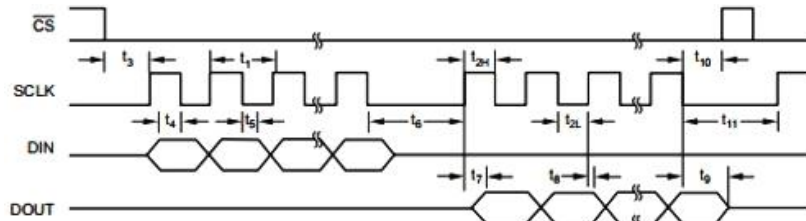
14, 19: Đồng hồ đo áp suất nguồn

15, 18: Van điều áp chính xác

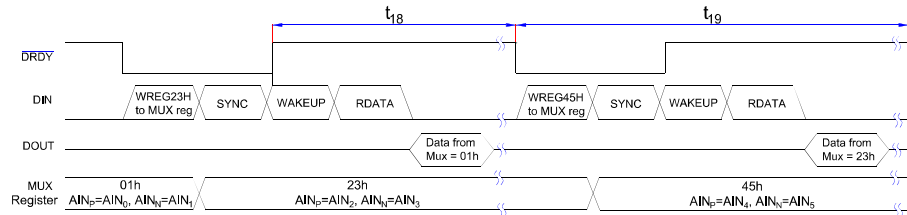
16, 17: Bộ lọc khí

20: Máy nén khí

Ở đây trên cơ sở những thiết bị có sẵn các thông số kỹ thuật do nhà sản xuất đưa ra, khai thác các tính năng của thiết bị một cách tối ưu để phục vụ cho mô hình đo, nhóm tác giả đã lựa chọn sử dụng một vi điều khiển STM32F4 (chi tiết số 11) trong việc điều khiển quá trình đo, truyền nhận và xử lý tín hiệu của cả 2 cảm biến áp suất. Phần mềm giao diện được xây dựng nhằm truyền thông điều khiển giữa máy tính và mạch kết nối với các cảm biến tín hiệu đo. Phần mềm Matlab được ứng dụng làm công cụ kết nối, tính toán và lưu trữ do việc tạo giao diện và viết chương trình xử lý trên Matlab tương đối đơn giản [6,7]. Đặc biệt do tín hiệu đầu ra của cảm biến áp suất là tín hiệu tương tự (không phải là tín hiệu số như [6]), nên bài báo đã đưa ra một giải pháp thu nhận và xử lý tín hiệu đo hợp lý để chuyển đổi tín hiệu tương tự này thành tín hiệu số mà vẫn đảm bảo độ chính xác yêu cầu. Kết hợp với các tính toán thời gian lấy mẫu phù hợp, hệ thống sẽ xây dựng được biểu đồ điện áp analog và áp suất theo thời gian mài thực tế. Trên cơ sở đó, hệ thống sẽ xác định được đúng giá trị áp suất nhỏ nhất $P_{\min}$ trong buồng đo ở từng hệ đầu đo sau mỗi lần mài xong một chi tiết để từ đó tính toán và đưa ra chính xác giá trị lượng mòn của đá mài ở cả hai vị trí. Trong quá trình thu nhận và xử lý tín hiệu này, mặc dù sự chênh lệch về thời điểm lấy mẫu giữa hai đầu đo sẽ không ảnh hưởng nhiều đến kết quả đo lượng mòn tại hai vị trí. Tuy nhiên, nếu khoảng thời gian chênh lệch này lớn hơn khoảng thời gian xuất hiện trị số áp suất $P_{\min}$ trong buồng đo, thì việc xác định áp suất $P_{\min}$ – áp suất ứng với thời điểm mài xong một chi tiết, ở đầu đo lấy mẫu



Hình 2. Khung truyền giữ liệu giữa vi điều khiển và module ADS1256 [4]



Hình 3. Cấu hình module ADS1256 sử dụng 2 đầu vào analog [4]

chậm hơn sẽ không chính xác. Vì khi đó thời điểm xác định lượng mòn của hệ đầu đo này không phải tại thời điểm mài xong một chi tiết mà tại thời điểm chi tiết đang mài. Kết quả là lượng mòn đo được tại đầu đo trên sẽ không đảm bảo được độ chính xác yêu cầu. Vì áp suất buồng đo khi chi tiết đang mài bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như phoi mài, dung dịch chất lỏng mài ... Đồng thời kết quả đo mòn ở hai đầu đo sẽ được xác định ở các điều kiện mài khác nhau nên không thể so sánh được sự chênh lệch mòn giữa hai vị trí. Vì vậy, quá trình thu nhận và xử lý tín hiệu đo ở cả hai hệ đầu đo cần được thực hiện liên tục và đảm bảo khoảng thời gian chênh lệch lấy mẫu giữa hai đầu đo là nhỏ nhất. Điều này sẽ giúp đánh giá chính xác và khách quan sự chênh lệch lượng mòn tại hai vị trí khác nhau trên biên dạng cung cong làm việc của đá mài tại thời điểm sau mỗi lần mài xong một chi tiết. Đây cũng là cơ sở để xác định đúng thời điểm sửa đá hợp lý hoặc hướng đến bù tự động mòn đá sau này.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Các bộ phận phần cứng

2.1.1. Cảm biến áp suất SEU-31

Hệ thống đo này sử dụng cảm biến áp suất PISCO SEU-31 với giải đo 0 - 10 bar và độ phân giải 0.001 bar. Tín hiệu của cảm biến là tín hiệu analog được truyền lên vi điều khiển qua một bộ ADC 24 bits ADS1256. Do giữ liệu của cảm biến là giữ liệu analog liên tục theo thời gian nên ở đây sẽ không có khung truyền giữ liệu, có thể đọc được giữ liệu tại mọi thời điểm của cảm biến.

2.1.2. Lựa chọn vi xử lý

- *ADC ngoài:* Do mô hình đo cần phải có độ chính xác cao, và ổn định nên bộ ADS1256 được sử dụng làm bộ ADC ngoài, vì đây là bộ ADC có độ phân giải 24 bits và có điện áp tham chiếu có độ chính xác

0.01%. Cách truyền nhận giữ liệu giữa module ADS1256 với vi điều khiển có khung truyền dữ liệu như hình 2

Trong đó thời gian của khung truyền giữ liệu phải được cài đặt theo bảng sau:

Ký hiệu	Nhỏ nhất	Lớn	Đơn vị
t_1	4		τ_C
		10	τ_D
t_{2H}	200		ns
		9	τ_D
t_{2L}	200		ns
t_3	0		ns
t_4	50		ns
t_5	50		ns
t_6	50		τ_C
t_7		50	
t_{41}	0		ns
t_9	6	10	τ_C
t_1	8		τ_C
t_1	24		τ_C

Với:

- τ_{CLKIN} = Chu kỳ xung clock của vi điều khiển

$$= \frac{1}{f_C}$$

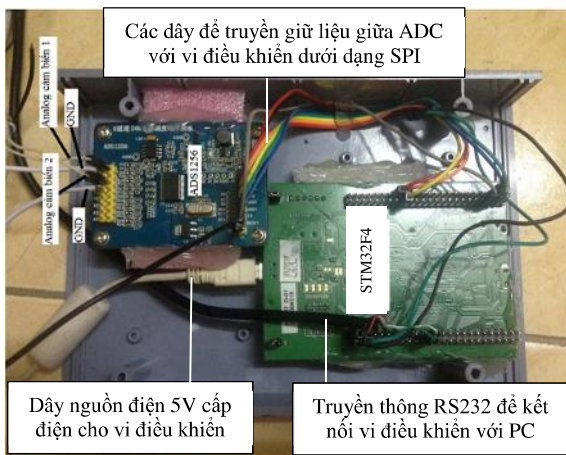
- τ_{data} = chu kỳ xung của data = $1/f_{DATA}$

Nguyên tắc đọc xung truyền dữ liệu: Sau khi chân $\overline{CS}$ của module ADS nhận tín hiệu từ vi điều khiển ở mức cao (High) sang mức thấp (Low) thì chân clock của module ADS sẽ được cấp xung sau khoảng thời gian t_3 để vi điều khiển tiếp tục truyền giữ liệu cho module ADS theo đường truyền giữ liệu DIN, cứ mỗi xung nhịp của vi điều khiển tạo nên trên đường SCLK thì

một bit giữ liệu sẽ được truyền từ vi điều khiển xuống module ADS qua đường truyền DIN, đồng thời 1 bit trong ADS cũng sẽ được truyền lên qua đường truyền giữ liệu DOUT. Với yêu cầu của bài toán là lấy giữ liệu từ cảm biến áp suất càng nhanh càng tốt để không mất giữ liệu thì các thời gian của khung truyền ($t_1, t_{2H}, t_{2L} \dots$) phải được lấy ở giá trị nhỏ nhất. Đặc biệt để đảm bảo đánh giá chính xác và khách quan sự chênh lệch lượng mòn tại hai vị trí khác nhau thì cần thực hiện lấy tín hiệu của 2 cảm biến áp suất ở hai đầu đo sao cho khoảng thời gian chênh lệch lấy mẫu giữa hai đầu đo là nhỏ nhất, muốn vậy cần sử dụng khung truyền giữ liệu khi dùng 2 cảm biến áp suất như hình 3

Qua đó nhận thấy để lấy được tín hiệu từ hai cảm biến cần truyền khung giữ liệu như trên từ vi điều khiển vào module ADS1256. Đầu tiên sau khi ngắt RB12 ngắt cạnh xuống, thì vi điều khiển sẽ truyền vào thanh ghi MUX của module giữ liệu 01h, tiếp theo là truyền vào module giữ liệu 0xFC để đồng bộ, sau đó giữ liệu 0x00 được truyền cho module để module bắt đầu trích mẫu giữ liệu và sau đó là RDATA – chính là số bit cần đọc về trong thanh ghi data của module ADS1256. Tương tự đối với cấu hình cho đầu đo cảm biến thứ 2, sau khi chân RB12 ngắt cạnh xuống thì vi điều khiển truyền tiếp vào thanh ghi MUX của module giữ liệu 23h để cấu hình chân vào analog của module là chân 3, tiếp theo là truyền vào module giữ liệu 0xFC để đồng bộ, sau đó giữ liệu 0x00 được truyền cho module để module bắt đầu trích mẫu giữ liệu lấy từ cảm biến và sau đó là RDATA – chính là số bit cần đọc về trong thanh ghi data của module ADS1256.

Đồng thời theo đồ thị hình 3 thì khoảng thời gian để lấy giữ liệu giữa 2 cảm biến là: $t = 40 * t_1 = 40 * 4 * \tau_C = 3,84\mu s$ (16 bit ghi vào thanh ghi MUX, 8 bit ghi vào thanh ghi SYNC, 8 bit ghi vào thanh ghi WAKEUP, 8 bit ghi vào thanh ghi RDATA =>40bit, thời gian ghi 1 bit là t_1). Nhận thấy khoảng thời gian này rất nhỏ nên đáp ứng được yêu cầu của phép đo.



Hình 4. Hình ảnh sơ đồ đấu dây vi điều khiển STM32F4 với ADC [4, 5]

- *Vi xử lý STM32F4:* Ngoài việc lấy các giá trị nhỏ nhất của khung truyền để tăng tốc độ của số lần lấy mẫu thì τ_C ảnh hưởng tới chu kỳ lấy mẫu, ở đây giá trị τ_C càng nhỏ thì tốc độ lấy giữ liệu càng nhanh, để giá trị này có giá trị nhỏ thì cần dùng vi điều khiển có tốc độ xử lý nhanh, và vi điều khiển STM32F4 là lựa chọn tốt nhất, vi điều khiển thuộc dòng ARM tốc độ xử lý 32 bit, với bộ biến tần PLL (phase locked loop) có thể tạo ra tần số hoạt động của vi điều khiển là 168MHz. Do phải đọc các tín hiệu của hai cảm biến đồng thời nên ở đây cần sử dụng ngắt và ở mô hình sử dụng ngắt RB12 của vi điều khiển được nối với chân DRDY của module. Sơ đồ đầu dây giữa vi điều khiển STM32F4 với ADC được thể hiện như trên hình 4.

Với chu kỳ clock của vi điều khiển cung cấp cho giao tiếp là:

$$\tau_{CLKIN} = \frac{1}{f_C} = \frac{1}{4 \text{ M}} \approx 24ns$$

Suy ra để nhận được tín hiệu của cả 2 cảm biến áp suất ở hai đầu đo cần khoảng thời gian là:

$$t = t_3 + 56t_1 * 2 + t_6 * 2 = t_3 + 56 * 4 \tau_{CLKIN} * 2 + 50 \tau_{CLKIN} * 2 \approx 12\mu s$$

Chu kỳ xử lý của chip là:

$$\tau = 1/f = \frac{1}{1 \text{ M}} \approx 6ns/\text{lệnh}$$

Như vậy, module ADS lựa chọn ở đây có thời gian lấy mẫu một giữ liệu đồng bộ của cả hai cảm biến áp suất là $12\mu s$, mà để ổn định giữ liệu analog của cảm biến tại một thời điểm cần lấy giá trị trung bình của 15.000 lần nên thời gian để bộ xử lý của hệ đo lấy được một giá trị analog ổn định là $15000 * 12 = 180000 \mu s = 180ms$, trong khi tốc độ xử lý của chip là $6ns/\text{lệnh} \ll 180ms$, do đó vi xử lý STM32F4 lựa chọn ở đây hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu của phép đo.

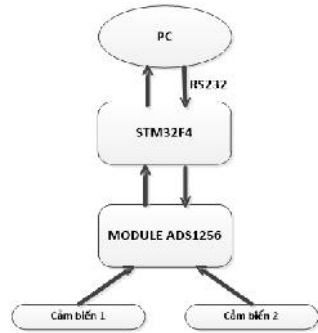
2.2. Phần mềm

2.2.1. Phần mềm điều khiển cho vi xử lý

Phần mềm lập trình cho vi điều khiển ở đây là phần mềm KeilC của hãng STM. Bên cạnh đó phải can thiệp trực tiếp vào thanh ghi của module ADS để cấu hình cho module thực hiện đọc ghi giữ liệu tốn thời gian ít nhất và ổn định nhất.

2.2.2. Phần mềm giao diện

Để tạo giao diện cho mô hình ở đây sử dụng phần mềm Matlab để tạo giao diện hiển thị, tính toán và lưu trữ giữ liệu. Ngoài ra do quá trình lấy giữ liệu phải vẽ đồ thị với rất nhiều giữ liệu và xử lý giữ liệu ngay trong quá trình mài nên ở đây việc vẽ đồ thị không dùng các hàm plot trong matlab mà sử dụng hàm set, như vậy có thể tăng tốc độ vẽ lên rất nhiều lần mà không bị trễ. Mục đích của chương trình: Thiết lập chế độ kết nối RS232; Khai báo các thông số mài; Thực hiện lệnh đo; Tính toán hiển thị và vẽ đồ thị tương ứng.

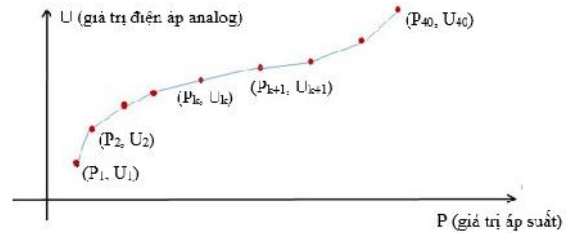


Hình 5. Sơ đồ khối lấy dữ liệu

Quá trình lấy dữ liệu diễn ra như hình 5: Tín hiệu từ hai cảm biến sẽ được truyền vào chân IN0 và IN1 của module ADS1256, sau khi vi điều khiển cấu hình cho module ADS1256 theo hình 2 và hình 3 thì vi điều khiển sẽ gửi một khung giữ liệu 16 bit, cứ một bit truyền đi trên chân DIN vi điều khiển thì sẽ lấy được 1 bit từ module trên chân DOUT, như vậy với 16 bit truyền đi ta sẽ nhận được 16 bit trong thanh ghi DATA của ADS1256. Sau đó khi bấm phím KET NOI trong giao diện phần mềm, thì cờ nhận giữ liệu =1 và chương trình sẽ lấy thời gian t_1 lúc này làm mốc, đồng thời giá trị analog ở cả hai cảm biến áp suất sẽ được truyền liên tiếp từ vi điều khiển lên máy tính qua chuẩn kết nối RS232 và lần lượt lưu vào mảng A1[i] và A2[i], và khi đó cờ nhận giữ liệu sẽ chuyển về =0 để vi điều khiển tạm ngừng truyền giữ liệu lên PC. Từ giá trị analog A1[i] và A2[i] chương trình sẽ chuyển đổi sang giá trị áp suất và lưu vào mảng P1[i] và P2[i]. Lúc này chương trình sẽ lấy thời gian hiện tại t_2 để xác định thời gian chạy chương trình $time = t_2 - t_1$. Từ đó vẽ được đồ thị giá trị analog và áp suất theo thời gian ra màn hình. Đồng thời, lúc này cờ nhận giữ liệu sẽ chuyển về =1 để vi điều khiển tiếp tục gửi giữ liệu analog tiếp theo ở cả hai cảm biến áp suất lên PC. Do đó, sau mỗi lần lấy mẫu như vậy chương trình sẽ xác định được thời gian chạy chương trình, chương trình sẽ luôn so sánh thời gian chạy chương trình tìm được này với thời gian sửa đá hoặc thời gian mài giữa hai chi tiết cài đặt lúc ban đầu để từ đó tìm ra giá trị áp suất P_{min} trong thời gian sửa đá hoặc thời gian mài một chi tiết – chính là giá trị áp suất của buồng đo ứng với thời điểm vừa kết thúc sửa đá hoặc mài xong một chi tiết. Từ giá trị áp suất P_{min} này, trên cơ sở xây dựng trước đường đặc tuyến tương ứng (với hệ đầu đo nghiêng: $p = \frac{3.5}{1 + 5.4613e - 0.4 * z^2}$; với hệ đầu đo nghiêng: $p = \frac{3.5}{1 + 1.8655e - 0.4 * z^2}$) [3], để từ đó tính ra khe hở z, tính ra lượng biến động khe hở z tức lượng mòn hướng kính của đá mài sau mỗi lần sửa đá hoặc sau khi mài xong một chi tiết như trong sơ đồ thuật toán hình 8.

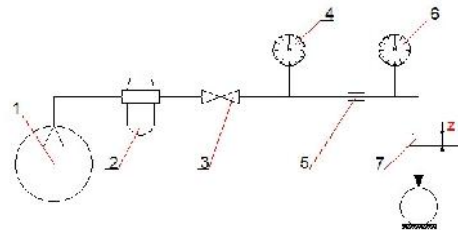
2.3. Giải pháp thu nhận và xử lý tín hiệu đo từ cảm biến áp suất

Tín hiệu đầu ra từ cảm biến là tín hiệu analog. Nhận thấy, sau khi lấy được giá trị analog ổn định, để chuyển đổi giá trị analog thành giá trị áp suất thì cần xây dựng hàm quan hệ giữa giá trị điện áp analog và áp suất. Tuy nhiên khi phân tích đường đặc tính về mối quan hệ giữa giá trị điện áp analog và giá trị áp suất của cảm biến áp suất SEU-31 do hãng Pisco chế tạo, thấy rằng mối liên hệ giữa giá trị điện áp và áp suất theo hàm gần tuyến tính với sai số phi tuyến là 2.5% [8]. Vì vậy để xác định trị số áp suất ứng với một giá trị điện áp analog bất kỳ của cảm biến được chính xác, bài báo đã áp dụng phương pháp nội suy (theo từng đoạn giá trị thực nghiệm) từ bộ giá trị các điểm thực nghiệm. Bài báo tiến hành chia đường đặc tuyến này thành nhiều đoạn thẳng nhỏ (hình 6). Khi đó đường đặc tuyến trong mỗi đoạn nhỏ có thể coi là tuyến tính. Do đó, việc thực hiện chuyển đổi giá trị giá trị analog sang giá trị áp suất trong từng khoảng tuyến tính này sẽ dễ dàng mà vẫn đảm bảo độ chính xác yêu cầu.



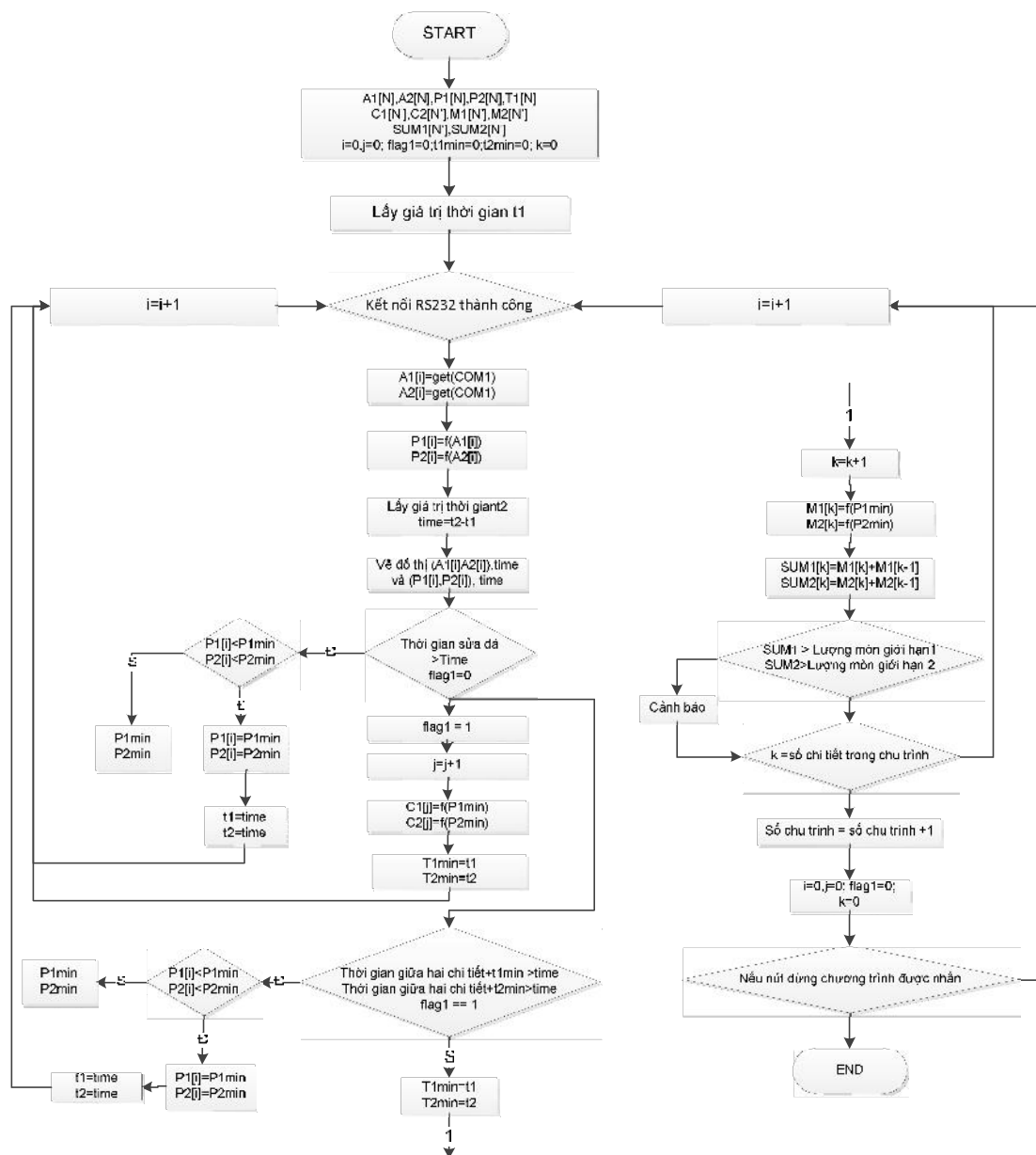
Hình 6. Xây dựng đường đặc tuyến giữa áp suất và điện áp analog dựa trên phương pháp nội suy theo từng đoạn

Do ở đây chỉ thực hiện đo trong phạm vi từ 0-4 bar [2,3] nên nhóm tác giả chỉ thực hiện xử lý lấy tín hiệu trong khoảng áp suất từ 0-4 bar và để đảm bảo độ chính xác thì đường đặc tuyến trong khoảng này sẽ được chia thành 40 đoạn như sau: Đoạn 1: Từ 0.00 bar đến 0.10 bar; ...; Đoạn 40: Từ 3.90 bar đến 4.00 bar. Vì quá trình xây dựng phương trình mối quan hệ giữa điện áp analog với áp suất cho từng đoạn trên là tương tự nhau, nên ở đây chỉ trình bày cách xây dựng phương trình quan hệ này cho một đoạn cụ thể là đoạn thứ 6 từ 0.50 bar đến 0.60 bar. Cách xây dựng như sau: Đầu tiên thiết lập một hệ thống thí nghiệm như hình 7.



1: Máy nén khí; 2: Bộ lọc khí; 3: Van điều áp chính xác; 4: Sensor đo áp vào; 5: Đốt thất d1; 6: Sensor đo áp suất buồng đo; 7: Đầu đo d2

Hình 7. Sơ đồ hệ thống thí nghiệm để xây dựng phương trình đặc tuyến giữa giá trị điện áp analog và giá trị áp suất của cảm biến SEU-31



Hình 8. Lưu đồ thuật toán chương trình xử lý dữ liệu

Sau khi cho luồng khí nén từ máy nén khí số 1 qua bộ lọc khí số 2 qua van điều áp chính xác số 3 thì khí sẽ đi qua đột thắt d_1 số 5 để vào buồng đo. Giữa van điều áp chính xác số 3 và đột thắt d_1 số 5 đặt cảm biến áp suất số 4 để đọc trị số áp suất đầu vào P_0 của hệ đầu đo khí nén. Cảm biến áp suất số 4 này sẽ được kết nối với hệ thống phần cứng và phần mềm đã thiết kế ở phần trước để thu nhận được tín hiệu đầu ra analog của cảm biến. Sau đó, trong quá trình thí nghiệm thực hiện điều chỉnh trị số áp suất P_0 thay đổi từng số chỉ thị một (ứng với 0.01 bar) bằng cách vặn từ từ núm vặn trên van điều áp chính xác số 3 và ghi lại trị số điện áp trên analog tương ứng với từng số chỉ thị đó của cảm biến áp suất số 4. Vì vậy bằng thực nghiệm sẽ xác định

được ứng với đoạn thứ sáu tại giá trị áp suất 0.50 bar hiển thị trên cảm biến thì giá trị điện áp analog tương ứng là $U_1=1588$, tại giá trị 0.60 bar sẽ có giá trị điện áp tương ứng là $U_2 = 1645$. Do đó, bằng cách viết phương trình đường thẳng đi qua hai điểm A(0.50;1588) và B(0.6;1645), chương trình xử lý tín hiệu sẽ dễ dàng xác định được phương trình đường thẳng của đường đặc tuyến giữa giá trị điện áp analog và áp suất ứng với đoạn thứ 6. Làm tương tự như vậy đối với các khoảng chia còn lại.

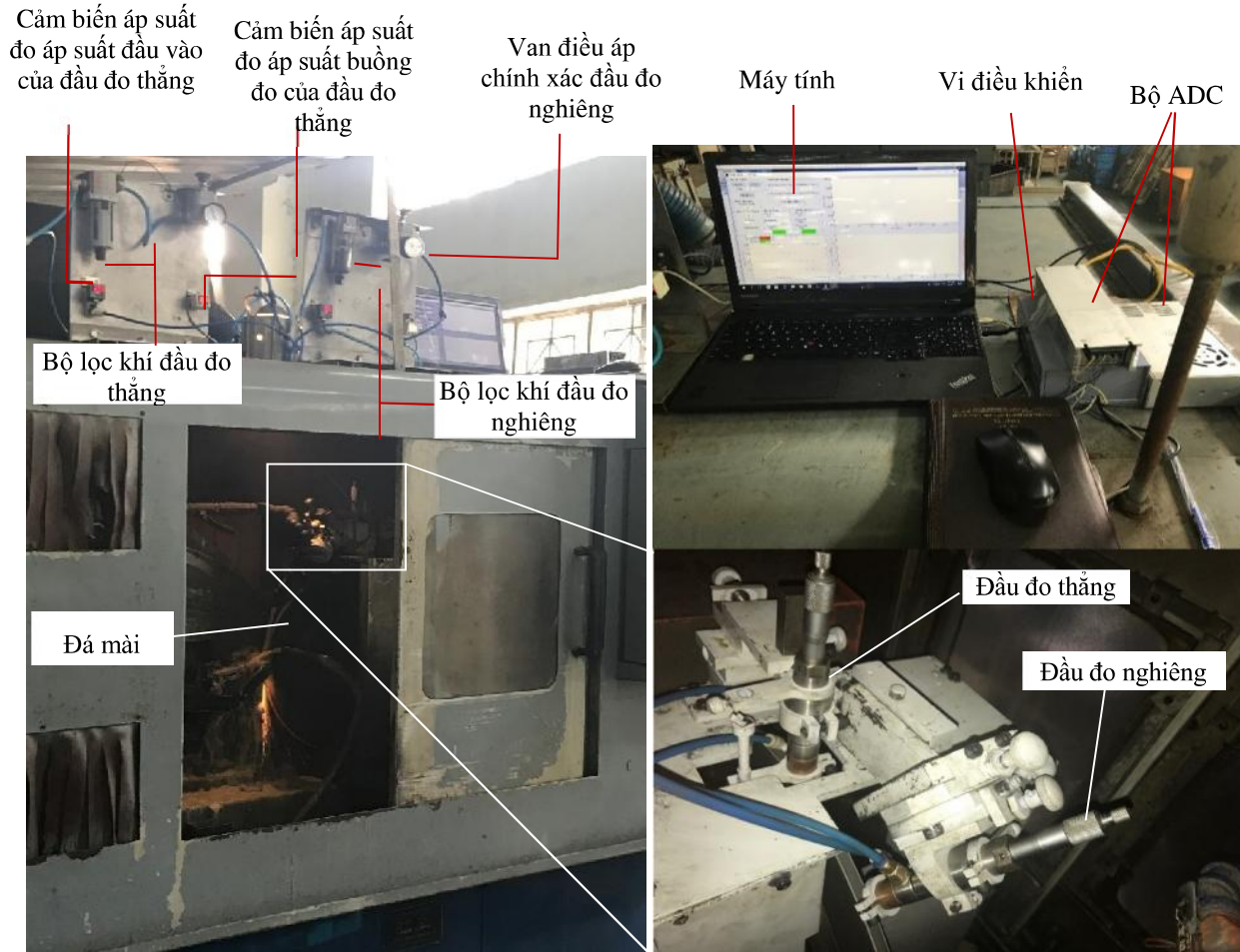
Trong quá trình đo, khi giá trị điện áp analog nhận được trong khoảng nào, thì chương trình sẽ thay vào phương trình đường đặc tuyến tương ứng trong khoảng đó để tìm ra trị số áp suất tương ứng của đầu đo.

2.4. Thuật toán xử lý dữ liệu

Tín hiệu đầu vào được cung cấp qua 2 cảm biến áp suất của đầu đo ở đỉnh và đầu đo ở mép. Với đầu vào: Tín hiệu analog của hai cảm biến áp suất được lưu trữ trong hai mảng dữ liệu A1[N], A2[N], mảng P1[N] và P2[N] là mảng chứa giữ liệu áp suất, mảng T1[N] là mảng lưu trữ thời gian; Đầu ra: C1[N'], C2[N'] là

mảng chứa giữ liệu độ mòn khi sửa đá, M1[N'], M2[N'] là mảng chứa giữ liệu độ mòn giữa hai chi tiết, SUM1[N'] và SUM2[N'] là mảng chứa giữ liệu độ mòn tổng sau khi mài xong 1 chi tiết. Thuật toán của chương trình được thể hiện như hình 8:

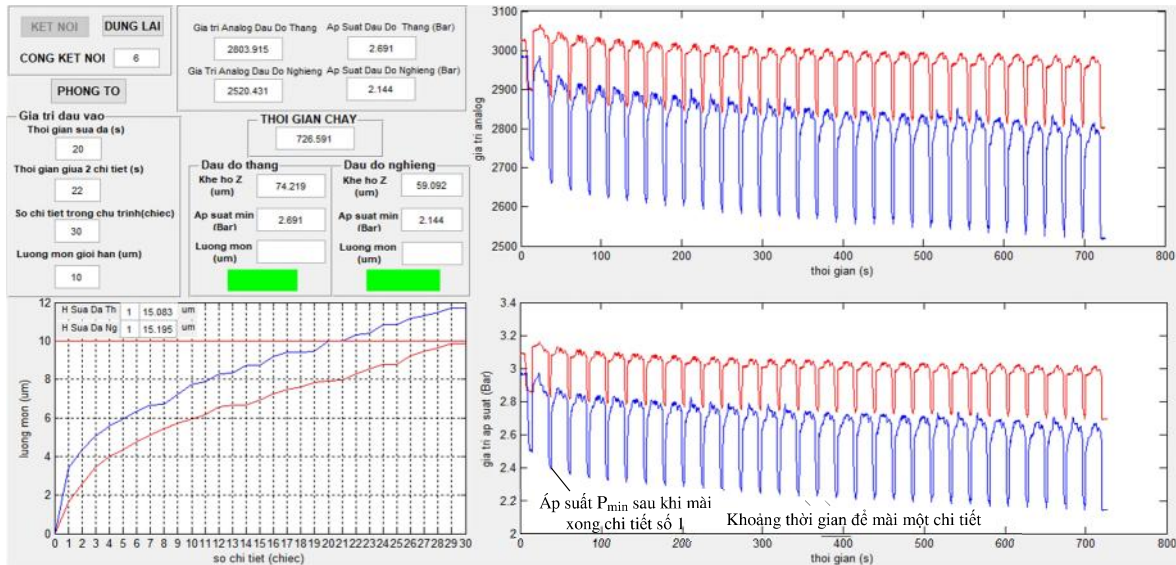
2.5. Thực nghiệm và kết quả



Hình 9. Hình ảnh hệ thống thí nghiệm đo mòn đá khi mài định hình rãnh lăn vòng trong ổ bi 6208 sau khi gá lắp hệ đầu đo lên máy mài định hình đường lăn 3MK136B [2,3]

Quá trình thực nghiệm trên máy mài định hình đường lăn vòng trong ổ bi 6208 được thiết lập như hình 1 và hình 9. Đầu đo được sử dụng là đầu đo khí nén với các thông số của đầu đo như sau: áp suất đầu vào bằng 4 bar; độ thắt $d_1=0,85$ và đầu thổi $d_2=1,5$ đối với đầu đo đo mòn ở đỉnh biên dạng cung cong đá mài; Độ thắt $d_1=0,65$; đầu thổi $d_2=1,6$ đối với đầu đo đo mòn ở mép biên dạng cung cong đá mài [2,3]. Tiến hành thực nghiệm mài với 30 chi tiết vòng trong 6208, với đá mài 500x8x203A/WA100xLV60, với chế độ mài $n_d=2500$ v/ph; $V_{ct}=6$ m/ph; $t_{tho}=0,2$ mm; $t_{inh}=0,01$ mm; $S_{tho} = 30$ μ m/s; $S_{inh}= 5$ μ m/s, thời gian sửa đá là 20s, thời gian mài giữa hai chi tiết là 22s. Kết quả được xuất

ra 1 file txt và 1 file ảnh thể hiện đồ thị giá trị analog theo thời gian mài, đồ thị áp suất theo thời gian mài, đồ thị lượng mòn theo số chi tiết mài, giá trị lượng mòn được tính toán sau mỗi lần mài xong một chi tiết như trong giao diện phần mềm thể hiện trên hình 10. Trong giao diện phần mềm này, đồ thị ở góc phần tư thứ hai trên cùng bên tay phải và đồ thị ở góc phần tư thứ tư góc dưới cùng bên tay phải lần lượt là đồ thị giá trị analog của cảm biến áp suất buồng đo và đồ thị áp suất của cảm biến đo áp suất buồng đo thay đổi theo thời gian mài, trong đó đồ thị bên trên ứng với đầu đo đo mòn ở đỉnh biên dạng cung cong đá mài, còn đồ thị bên dưới ứng với đầu đo đo mòn ở mép biên dạng cung cong đá mài.



Hình 10. Giao diện phần mềm sau khi mài xong 30 chi tiết đối với cả hai hệ đầu đo đo mòn ở mép và ở đỉnh của biên dạng cung cong đá mài

Còn ở đồ thị thứ 3 dưới cùng bên tay trái thể hiện lượng mòn theo số chi tiết, trong đó đồ thị màu xanh bên trên là đồ thị lượng mòn theo số chi tiết đối với đầu đo đo mòn ở mép biên dạng cung cong đá mài, còn đồ thị màu đỏ ở bên dưới là đồ thị lượng mòn theo số chi tiết đối với đầu đo đo mòn ở đỉnh biên dạng cung cong đá mài. Qua đồ thị này nhận thấy trong quá trình mài định hình rãnh lần vòng trong ổ bi 6208 thì lượng mòn ở mép biên dạng cung cong đá mài bị mòn nhiều hơn ở đỉnh biên dạng cung cong đá mài. Điều này chủ yếu là do phôi mài có lượng dư ở mép nhiều hơn ở đỉnh. Ngoài ra từ đồ thị lượng mòn trên cũng nhận thấy lượng mòn ở các chi tiết đầu (chi tiết 1, 2) sau khi sửa đá sẽ bị mòn với lượng mòn lớn hơn ứng với giai đoạn mòn ban đầu của đá mài, còn lượng mòn ở các chi tiết sau có xu hướng giảm dần ứng với giai đoạn mòn bình thường của đá mài.

3. Kết luận

Với kết quả thử nghiệm đo mòn đá mài trực tuyến khi mài đường lần vòng trong ổ bi 6208 trên máy mài định hình đường lần, cho thấy rằng giải pháp điều khiển quá trình đo, thu nhận và xử lý số liệu đo theo phương pháp kết hợp hai đầu đo khí nén với yêu cầu về truyền nhận tín hiệu liên tục đã đạt được các kết quả khả quan, hệ đo hoạt động ổn định. Với module ADS, hệ đo có thời gian lấy mẫu một giữ liệu đồng bộ của cả hai cảm biến là 12μm, thời gian để bộ xử lý của hệ đo lấy mẫu được một giá trị analog ổn định là 180ms, trong khi tốc độ xử lý của vi điều khiển STM32F4 là 6ns/lệnh << 180ms do đó hệ đo hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu này của phép đo. Và với thời gian để gia công thực tế một chi tiết là 22s thì bộ xử lý này của hệ đo sẽ lấy được $22/0.18=122$ mẫu giá trị analog ổn định. Với tốc độ xử lý của máy tính như hiện nay thì từ giá trị analog ổn định này của cả hai cảm biến mà vi điều khiển gửi lên, phần mềm Matlab trên máy tính với chương trình đã được lập

trình sẽ tính toán, lưu trữ và hiển thị dữ liệu áp suất với tổng số điểm dữ liệu áp suất lấy được trong 22s sẽ khoảng 100 dữ liệu. Tức trong 1s chương trình sẽ xử lý được 5 lần lấy mẫu hay tốc độ xử lý lấy mẫu của máy tính là $1/5=200\text{ms}$. Trong khi qua thực nghiệm nhận thấy khoảng thời gian mài mà cảm biến áp suất có giá trị áp suất nhỏ nhất là $800\text{ms}>200\text{ms}$, nên chương trình đáp ứng được điều kiện luôn tìm được vị trí có giá trị áp suất nhỏ nhất để từ đó tìm ra lượng mòn. Các kết quả này có thể ứng dụng nhằm tăng độ chính xác của phép đo và thực hiện giám sát online mòn đá ngay trong quá trình mài làm cơ sở để hướng đến điều khiển thích nghi bù tự động mòn đá khi đang mài.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Tiến Thọ, Nguyễn Thị Xuân Bầy, Nguyễn Thị Cẩm Tú, “Kỹ thuật đo lường kiểm tra trong chế tạo cơ khí”, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, 2002.
- [2]. Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Viết Tiếp, Vũ Toàn Thắng “Xây dựng hệ đầu đo khí nén để đo lượng mòn đá mài khi mài định hình”, Hội nghị khoa học kỹ thuật đo lường toàn quốc lần thứ VI 2015.
- [3]. Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Viết Tiếp, Vũ Toàn Thắng “Nghiên cứu phương pháp đo mòn đá khi mài định hình bằng hệ đầu đo khí nén”, Hội nghị KH&CN toàn quốc về cơ khí – động lực 2016.
- [4]. Texas intrusment, “Data sheet – ADS1256”, SBAS288J – JUNE 2003 – REVISED AUGUST 2008
- [5]. STMicroelectronics group of companies, “Data sheet – STM32F4”, May 2012
- [6]. Đặng Đình Duẩn, Tạ Thị Thúy Hương, Vũ Toàn Thắng “Giải pháp thu nhận và xử lý số liệu cho mô hình đo độ tròn kết hợp nhiều đầu đo”, Hội nghị khoa học kỹ thuật đo lường toàn quốc lần thứ VI 2015.
- [7]. Nguyễn Phùng Quang, Matlab và simulink cho kỹ sư điều khiển tự động, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật 2006.
- [8]. Nihon Pisco Co.Lmt, “Pressure sensor SEU-31”, 2015.

