ISSN 2354-0575

THIẾT KẾ THỬ NGHIỆM MẠCH ĐO DÒNG ĐIỆN KHÔNG TIẾP XÚC TRÊN CƠ SỞ SỬ DỤNG CẢM BIẾN HALL

Trần Văn Tuấn[2], Nguyễn Ngọc Minh[1], Hoàng Sĩ Hồng[2]
1 Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên
2 Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Ngày nhận: 12/4/2016
Ngày sửa chữa: 10/6/2016
Ngày xét duyệt: 23/6/2016

Tóm tắt:
Nội dung của bài báo này trình bày về thiết kế một mạch đo dòng điện một chiều và xoay chiều. Hệ đo gồm có các mô đun khuếch đại và mô đun vi điều khiển có phần mạch hiển thị. Trong mạch có sử dụng lõi từ và được cắt một khe hở không khí với chiều dài khe hở 2mm để gắn cảm biến Hall. Dòng điện cần đo sẽ có tỷ lệ với điện áp đầu ra của cảm biến Hall, từ đó ta sẽ tính toán được dòng cần đo. Trong quá trình nghiên cứu, thiết bị đã được chế tạo thành công và đã có kết quả thực nghiệm. Quá trình thực nghiệm đo cho thấy quan hệ giữa dòng cần đo 0-5A xoay chiều và 0-15A dòng 1 chiều và điện áp đầu ra của cảm biến Hall là tuyến tính.
Từ khóa: *Cảm biến Hall, lõi từ.*

Ký hiệu

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
B	T	từ trường trong lõi từ
N_p	vòng	số vòng dây quấn trên lõi từ
I_p	A	dòng điện cần đo
L_m	M	chiều dài lõi từ
L_g	M	khoảng cách khe hở
μ_i		hệ số thẩm từ của lõi từ
I_c	A	dòng cấp cho cảm biến Hall
G		hệ số khuếch đại

Chữ viết tắt

AC	Alternative current
DC	Direction current

1. Phần mở đầu

Điện năng là một nguồn năng lượng thiết yếu trong cuốc sống. Hầu hết các dụng cụ, máy móc và nhiều trang thiết bị phục vụ cho sinh hoạt của con người đều sử dụng năng lượng điện. Trong quá trình hoạt động các thiết bị này có thể xảy ra sự cố về điện, nếu không xử lý kịp thời có thể gây hậu quả nghiêm trọng đến sản xuất, sinh hoạt và đặc biệt là đến con người. Để thuận tiện cho việc vận hành, theo dõi trong quá trình làm việc của các thiết bị, cần thường xuyên kiểm tra các thông số dòng điện của thiết bị, để tránh hiện tượng quá dòng, ngắn mạch cho thiết bị. Vì vậy, cần phải có những thiết bị đo dòng điện để kiểm soát và phát hiện kịp thời các sự cố về điện và có biện pháp xử lý thích hợp để tránh được những ảnh hưởng không mong muốn có thể xảy ra.

Trên thực tế, có rất nhiều thiết bị đo dòng điện bằng các phương pháp khác nhau. Phương pháp tương tự như: sử dụng các ampemet từ điện, điện từ hoặc biến dòng để đo dòng điện [1]. Phương pháp số như: sử dụng một số IC chuyên dụng ADE7753 hoặc ACS712 kết hợp với các biến dòng. Nhìn chung, các phương pháp đều cho kết quả đo với độ chính xác khá cao và một số phương pháp còn được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp. Nhưng hầu hết các phương pháp đó phải tác động trực tiếp vào dây dẫn chính. Gần đây xu thế sử dụng một số phương pháp mới đo dòng gián tiếp không cần tác động trực tiếp lên dây dẫn. Trong bài báo, chúng tôi giới thiệu phương pháp đo dòng điện gián tiếp sử dụng cảm biến Hall A3515, kết quả đo thu được tương đối chính xác.

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng phương pháp này trong ứng dụng thử nghiệm đo dòng điện một chiều và xoay chiều để đánh giá và đã có kết quả khả quan, cho thấy phương pháp đo này có thể đáp ứng những tiêu chí cho bài toán đo dòng điện với độ tin cậy, độ chính xác cao, thiết kế đơn giản và chi phí thấp.

2. Nội dung chính

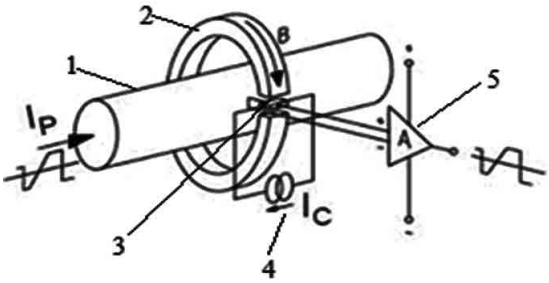
2.1. Cơ sở lí thuyết

Khi có dòng điện chạy trong dây dẫn nó sẽ sinh ra từ trường xung quang dây dẫn.

Từ trường này được tính theo dòng điện, kích thước lõi từ, hệ số thẩm từ [2][3]

$$B = \frac{4\pi . 10^{-7} . \mu_i . N_P . I_P}{L_m + L_g . \mu_i} \quad (1)$$

Từ công thức cho thấy từ trường trong lõi từ và cường độ dòng điện có mối quan hệ tuyến tính.



Trong đó:

1 - Dòng điện cần đo
2 - Lõi sắt từ
3 - Cảm biến Hall
4 - Nguồn dòng
5 - Khuếch đại đo lường

Hình 1. *Hoạt động của cảm biến*

Khi từ trường sinh ra tác dụng lên cảm biến Hall sẽ làm điện áp đầu ra cảm biến Hall thay đổi [3]:

$$V_{Hall} = I_c \times B \quad (2)$$

Thường điện áp đầu ra của cảm biến hall thay đổi rất nhỏ nên điện áp này được cho qua bộ khuếch đại thì ta sẽ tính được điện áp đầu ra:

$$V_{out} = V_{Hall} G \quad (3)$$

Từ đó ta dễ dàng tính được dòng điện I_p cần đo thông qua điện áp V_{out}.

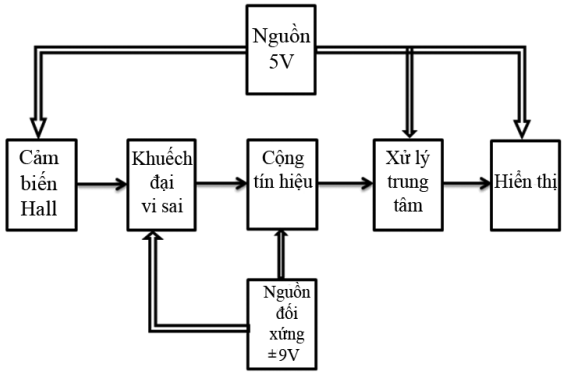
2.2. Phương pháp chế tạo

Trong thiết bị đo dòng điện có sử dụng lõi từ hình xuyến có khe hở không khí để gắn cảm biến Hall (Hình 2). Khi đó dòng điện cần đo sẽ tỉ lệ với cường độ từ trường sinh ra bên trong lõi từ.

Hình 2. *Lõi từ*

Lõi từ sử dụng có các thông số sau: chiều dài trung bình của lõi từ là L_m = 94mm, độ rộng của khe hở không khí là L_g = 2mm tiết điện 1cm^2. Với kích thước này lõi từ sẽ bị bão hòa khi dòng điện I_p vượt quá 20A. Để đo được dòng điện lớn hơn ta cần dùng lõi từ có kích thước lớn hơn tuy nhiên thiết bị sẽ cồng kềnh hơn.

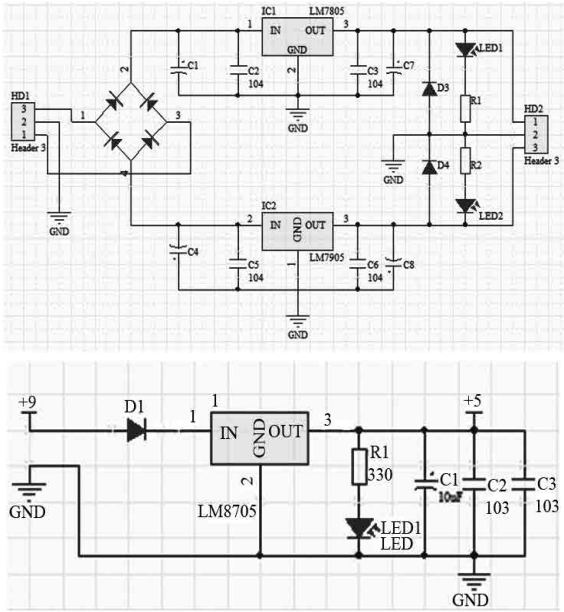
Để chế tạo thiết bị đo dòng chúng tôi sử dụng một số IC khuếch đại INA128, LM358 và sử dụng pic 16F877A tính toán và hiển thị kết quả đo bằng màn hình LCD16x2 ở chế độ truyền 4 bit dữ liệu. Mạch sử dụng bộ ADC 10 bit bên trong pic 16F877A để chuyển đổi tín hiệu điện áp tương tự thành điện áp dạng số.



Hình 3. *Sơ đồ khối của hệ đo*

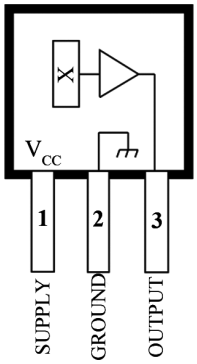
Trong đó:

Khối nguồn: có nhiệm vụ cung cấp nguồn tới các khối như: cảm biến Hall, khuếch đại vi sai, cộng tín hiệu, xử lý tín hiệu và hiển thị để các khối hoạt động ổn định và tốt.



Hình 4. *Sơ đồ khối nguồn ±9V, 5V*

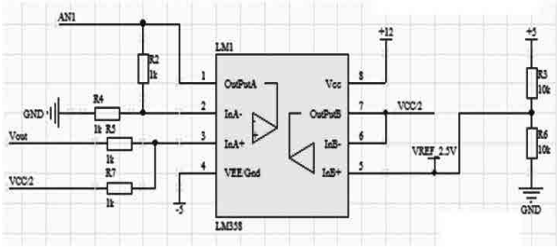
Khối cảm biến Hall: điện áp ra của cảm biến Hall A3515 [4] sẽ thay đổi theo dòng điện đang cần đo. Tuy nhiên, sự thay đổi ở đây là rất nhỏ.



Hình 5. *Cảm biến hall A3515*

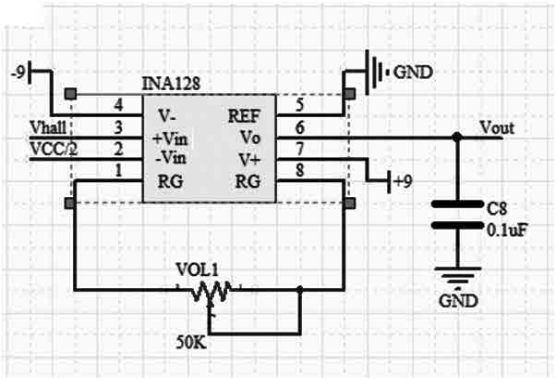
Chân 1(Vcc): chân cấp điện áp cho cảm biến Hall.
Chân 2 (GND): chân nguồn chung.
Chân 3 (OUTPUT): chân điện áp đầu ra của cảm biến Hall.

Khối cộng tín hiệu: nhằm nâng tín hiệu AC nhỏ hơn không trước khi cho vào khối ADC bởi vì khối ADC tích hợp sẵn trong vi điều khiển được đặt tham chiếu để lấy mẫu tín hiệu dương. Với giới hạn đo 5A xoay chiều sẽ làm cảm biến trả về hiệu điện thế -2.5V khi dòng là -5A, mạch cộng thực hiện cộng 2.5V tín hiệu đầu vào nhằm nâng toàn bộ tín hiệu lên trên phần dương.



Hình 6. *Mạch cộng dùng LM358*

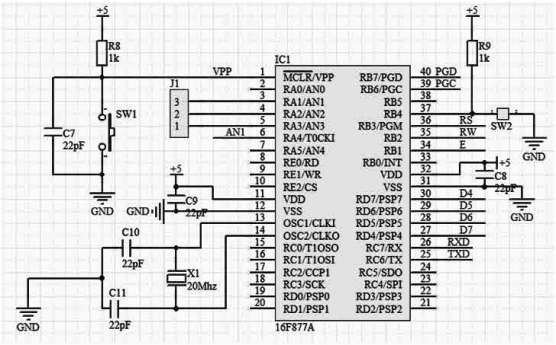
Khối khuếch đại đo lường sử dụng INA128, khuếch đại vi sai có hệ số khuếch đại là 10.



Hình 7. *Mạch khuếch đại đo lường INA 128*

Khối ADC 10 bit được tích hợp sẵn trong vi điều khiển nhiệm vụ chuyển hóa tín hiệu tương tự sang tín hiệu số.

Khối xử lý trung tâm sử dụng PIC 16F877A có nhiệm vụ tính toán, xử lý kết quả đo và giao tiếp với LCD.



Hình 8. *Khối xử lý trung tâm sử dụng PIC16F877A*

Khối hiển thị: kết quả đo được hiển thị trên LCD 16x2.

Hình 9. *Mạch đo thực tế*

2.3. Phương pháp tính toán

Với dòng một chiều tín hiệu điện thế từ cảm biến Hall được lấy mẫu N = 100 lần sau đó lấy trung bình. Phương pháp này (moving average filter) [5] có tác dụng giảm bớt nhiễu trắng bao và cả sai số do quá trình lấy mẫu ADC (quantization error) gây ra.

$$y[i] = \frac{1}{N}\sum_{j=0}^{N-1} x[i+j] \quad (4)$$

Trong đó y[i] là giá trị được đưa ra để hiển thi, x[i] là các giá trị trong các lần lấy mẫu. Để giảm khối lượng tính toán, tiết kiệm bộ nhớ cho vi điều khiển công thức (2) được biến đổi như bên dưới.

$$y[i] = y[i-1] + x[i+p] - x[i-p] \quad (5)$$

Với: p = (N - 1)/2

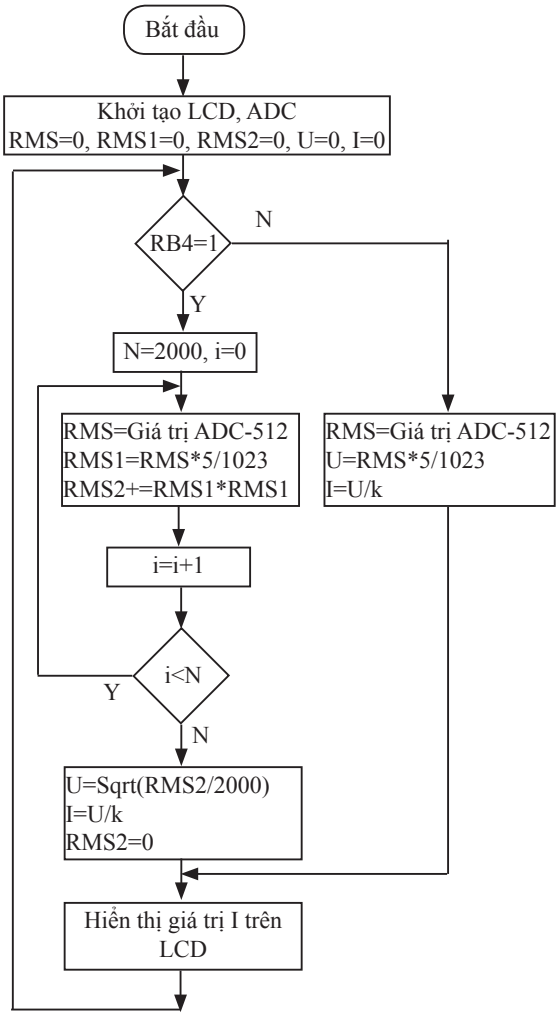
q = p + 1

Với dòng xoay chiều quá trình tính toán phức tạp hơn so với dòng một chiều bởi sự ảnh hưởng của tải đối với dòng. Đối với các tải có sử dụng chỉnh lưu như chỉnh lưu cầu, chỉnh lưu nửa chu kì dòng điện sẽ có hình dạng khác nhau. Trong bài nghiên cứu này dòng điện được tính toán bằng phương pháp trung bình bình phương [5].

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N}\left(x_1^2 + x_2^2 + ... + x_n^2\right)} \quad (6)$$

Kết quả thu được sẽ được lọc bằng phương pháp dịch tổng trung bình (moving average filter) [5] phương pháp này cho kết quả tốt trong khi tốn ít dung lượng bộ nhớ của vi điều khiển hoàn toàn phù hợp với thiết bị.

2.4. Lưu đồ thuật toán



Hình 10. *Lưu đồ thuật toán của chương trình*

Trước tiên khởi tạo các module và các biến cần dùng. Đặt bit RB4 để chọn chế độ đo dòng điện: nếu RB4 = 1 đo dòng xoay chiều, ngược lại nếu RB4 = 0 đo dòng 1 chiều. Ở chế độ đo dòng xoay chiều ta chọn số mẫu cần lấy là 2000 mẫu. Khi nhận được giá trị của 2000 mẫu ta tiến hành tính toán giá trị hiệu dụng của tín hiệu. Việc lựa chọn tần số lấy mẫu 2000 lần dựa trên tần số của dòng điện 50Hz đối với tải thuần trở và thời gian lấy mẫu của ADC. Thêm vào đó với một số tải dòng điện là sự kết hợp của một số sóng hài bậc cao nên việc chọn tần số lấy mẫu gấp 40 lần so với tần số cơ bản góp phần giảm sự ảnh hưởng của hiện tượng chồng phổ khi lấy mẫu.

Giá trị hiệu dụng của tín hiệu sau khi trích mẫu được xác định bởi công thức

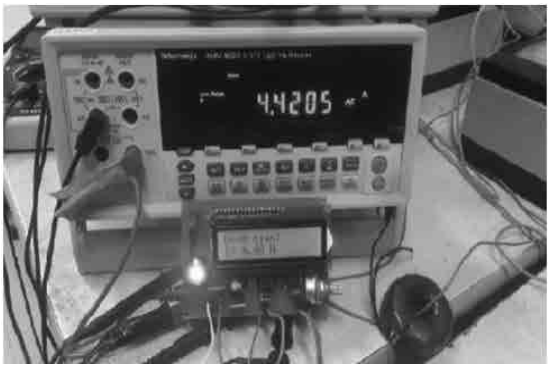
$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^{N} V^2(i)} \qquad (7)$$

3. Kết quả và thảo luận

Sau khi được hiệu chỉnh với thiết bị đo dòng HP3458 tại viện đo lường quốc gia. Kết quả đo được so sánh với thiết bị DMM4020 Tektronix tại phòng thí nghiệm đo lường Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

3.1. Đo dòng xoay chiều

Dòng xoay chiều được đo nguồn nuôi 220V-50Hz và các tải khác nhau. Trong bảng sau tải được đo là tải thuần trở của nồi đun nước.



Hình 6. *So sánh kết quả đo dòng xoay chiều*

Bảng 1. *Bảng đo một vài giá trị hiệu dụng của dòng điện AC*

Giá trị hiệu dụng dòng điện (A) (đo bởi đồng hồ số của phòng thí nghiệm đo lường)	Giá trị hiệu dụng dòng điện (A) (đo bởi thiết bị được thiết kế)	Sai số tương đối (%)[1]
0,89	0,88	1,12
1,47	1,49	1,36
2,09	2,08	0,5
3,21	3,23	0,6
4,42	4,40	0,5

Kết quả đo cho thấy thiết bị chế tạo khi đo dòng xoay chiều có độ sai lệch nhỏ so với thiết bị tại phòng thí nghiệm (sai số tương đối < 1,5%).

3.2. Đo dòng một chiều

Bảng 2. *Bảng đo một vài giá trị dòng DC*

Giá trị hiệu dụng dòng điện (A) (đo bởi đồng hồ số của phòng thí nghiệm đo lường)	Giá trị hiệu dụng dòng điện (A) (đo bởi thiết bị được thiết kế)	Sai số tương đối (%) [1]
0,51	0,51	0,0

2,86	2,88	0,6
5,21	5,20	0,2
10,54	10,52	0,3
14,66	14,60	0,4

Kết quả đo cho thấy thiết bị có độ sai lệch nhỏ so với thiết bị tại phòng thí nghiệm (sai số tương đối < 1,0 %) tuy nhiên khi dòng điện tăng cao thì sai số sẽ tăng lên do lõi từ tiến tới bão hòa.

4. Kết luận

Thiết bị đã được chế tạo thành công với kình thước nhỏ gọn (15x7cm) khối lượng < 300g và đánh giá kết quả với các thiết bị đo dòng điện HP3458 có độ chuẩn cao tại viện đo lường quốc gia. Sau khi được hiệu chỉnh kết quả đo được so sánh với đồng hồ đo DMM4020 Tektronix tại phòng thí nghiệm và cho kết quả sai số dưới 1,5% trong dải đo 0-5A AC và 0-15A DC. Sai số này có thể do việc thiết kế mạch từ chưa được tối ưu. Tuy nhiên kết quả này cho thấy đây là cơ sở để tiếp tục phát triển hướng nghiên cứu này trong việc đo dòng điện lớn hơn và tần số cao hơn.

5. Lời cám ơn

Kết quả nghiên cứu này được tài trợ từ kinh phí chương trình nghiên cứu khoa học cấp cơ sở 2016 của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Trọng Quế, 1996, Giáo trình "*Cơ sở kỹ thuật đo*", Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
[2]. G. Gokmen, K. Tuncalp, 2010, "*The Design of a Hall Effect Current Transformer and Examination of the Linearity with Real Time Parameter Estimation*", Marmara University Technical Education Faculty.
[3]. "*Magnetic Cores for Hall Effect Devices*", Technical Bulletin.
[4]. Hall sensor A3515 datasheet.
[5]. Steven W.Smith, *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*.
[6]. Poulomi Ghosh, Abhisek Maiti, 2012, "*Instantaneous Power Measurement using Hall Sensor*", Calcutta Institute Of Technology * Om Dayal College Of Engineering and Architecture.
[7]. Ya X. S. and Maleki L., *A Light-Induced Microwave Oscillator*, The Telecommunications and Data Acquisition Progress Report, TDA PR 42-123, pp. 47-68, Nov. 1995.
[8]. Phạm Thượng Hàn, 2006, "*Đo lường các đại lượng vật lý*", NXB Giáo dục, quyển 2.

EXPERIMENTED DESIGN OF NON-CONTACT CURRENT MEASUREMENT SYSTEM BASED ON USING HALL SENSOR

Abstract:

This paper represents the designing a circuit to measure the alternative current and direct current. The system contains the amplifier modulus, microcontroller and display. The circuit uses a magnetic core that has a slot 2mm use to mount Hall sensor. In the research, the device had made and the result showed the relation between current 0-5A AC and 0-15A DC and Hall sensor's output voltage is linear.

Keywords: *Hall sensor, magnetic core.*