

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO LA BÀN KỸ THUẬT SỐ SỬ DỤNG CẢM BIẾN TỪ

STUDY OF MANUFACTURING DIGITAL COMPASS BY USING MAGNETIC SENSOR

TS. NGUYỄN CÔNG VINH, KS. PHẠM XUÂN HÀI
Trường Cao đẳng nghề VMU

Tóm tắt

Bài viết giới thiệu về việc ứng dụng cảm biến từ HMC5883L để chế tạo la bàn kỹ thuật số cho tàu thuyền nhỏ cùng việc so sánh một số đặc điểm kỹ thuật của la bàn với các tiêu chuẩn IMO cho la bàn từ, la bàn con quay truyền thống.

Abstract

The paper introduces the using of the magnetic sensor HMC5883L to make a digital compass for a small boat and the comparing of the parameter of the compass to the IMO standard magnetic compass and gyro compass.

Key words: Digital compass, HMC5883L

1. Đặt vấn đề

La bàn là thiết bị không thể thiếu đối với một con tàu chạy biển. Từ xa xưa, la bàn từ đã được sử dụng để xác định hướng đi, phục vụ công tác dẫn đường trên biển khơi. Cho đến nay, la bàn từ là thiết bị bắt buộc trang bị trên tàu biển do độ tin cậy cao của nó.

Bước sang thế kỷ 21, sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ đã làm nên một cuộc cách mạng mới đối với các thiết bị phục vụ cho ngành hàng hải. Thay thế cho những la bàn từ cơ khí to, nặng tới vài ki-lô-gram trong thế kỷ trước, ngày nay là các cảm biến từ với kích thước chỉ vài mi-li-mét. Các cảm biến từ rất nhạy này kết hợp với các vi mạch tính toán cho kết quả tốt hơn so với la bàn từ truyền thống.

Việc ứng dụng cảm biến từ để chế tạo la bàn dùng trên tàu biển đã được một số tác giả nghiên cứu [1] tuy nhiên việc chế tạo được một la bàn có thể đáp ứng được các tiêu chuẩn cần thiết để có thể sử dụng trên tàu biển cần có thêm nhiều nghiên cứu và thực nghiệm.

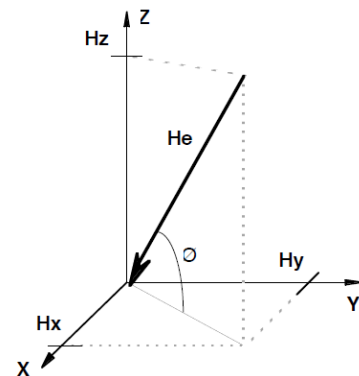
Đảng và Nhà nước kêu gọi ngư dân vươn ra biển khơi để khai thác nguồn lợi thủy sản đồng thời bảo vệ chủ quyền cho đất nước. Hàng trăm tàu đánh bắt cá xa bờ đã và đang được đóng mới yêu cầu một lượng lớn la bàn để lắp đặt trên các tàu thuyền này. Do vậy, việc nghiên cứu ứng dụng cảm biến từ có sẵn trên thị trường để chế tạo la bàn số phục vụ tàu thuyền nhỏ với giá thành thấp, đảm bảo độ tin cậy là một việc làm có ý nghĩa.

2. Nguyên lý hoạt động của la bàn số

La bàn số sử dụng hai cảm biến từ trường nằm vuông góc nhau trên mặt phẳng nằm ngang để đo cường độ từ trường của trái đất. Tỷ số hai giá trị đo này cho phép tính được góc giữa các trục của cảm biến với đường sức từ của trái đất, đó chính là hướng (số chỉ) của la bàn từ.

Hướng của la bàn được xác định là góc hợp bởi trục Oy với hướng Bắc của trái đất và được tính toán bởi công thức:

$$\varphi = \begin{cases} 90 - \arctan\left(\frac{H_x}{H_y}\right) * \frac{180}{\pi} & \text{nếu } H_y > 0 \\ 270 - \arctan\left(\frac{H_x}{H_y}\right) * \frac{180}{\pi} & \text{nếu } H_y < 0 \\ 180 & \text{nếu } H_y = 0, H_x < 0 \\ 0 & \text{nếu } H_y = 0, H_x > 0 \end{cases}$$



Hình 1. Véc tơ lực từ tại điểm đo

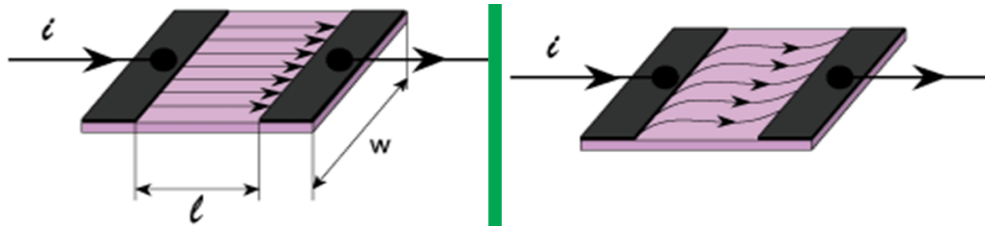
Trong đó:

Hx: Cường độ từ trường đo được tại cảm biến dọc theo trục Ox;

Hy: Cường độ từ trường đo được tại cảm biến dọc theo trục Oy.

Trên thị trường hiện nay có nhiều loại cảm biến từ. Thông thường các cảm biến từ này có gắn 3 cảm biến dọc theo ba trục của hệ tọa độ Decac và có thể đo với độ nhạy rất cao. Cảm biến được chế tạo bằng hợp chất InSb (hợp chất của In – Indium và Sb – Antimony)[4]. Hợp chất này có tính chất như sau:

Khi cho dòng điện chạy qua hợp chất, nếu không có từ trường các điện tử sẽ chuyển động theo đường thẳng. Khi đặt hợp chất trong từ trường, dưới tác động của từ trường, các điện tử sẽ chuyển động trên các đường chéo, quãng đường chuyển động này dài hơn làm cho điện trở của vật liệu tăng lên. Người ta sử dụng hiện tượng này để chế tạo cảm biến đo cường độ từ trường.



a) Khi không có từ trường

b) Khi có từ trường

Hình 2. Nguyên lý đo của cảm biến từ

3. La bàn số

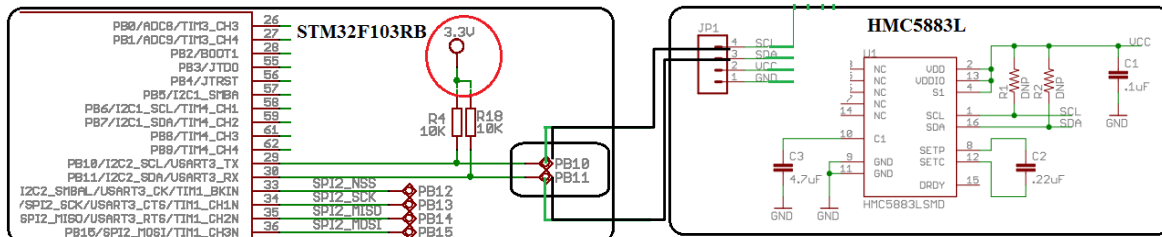
Bài viết này giới thiệu cấu tạo, hoạt động và kết quả thực nghiệm của la bàn số sử dụng các linh kiện sau:

- Cảm biến: HMC5883L do hãng Honeywell sản xuất với các đặc tính như sau:

Kích thước	3.0 x 3.0 x 0.9 mm
Tín hiệu ra	12 bit ADC
Điện áp làm việc	2.16-3.6 V
Dòng tiêu thụ	2-100µA
Phạm vi đo	±8 gauss
Độ phân giải	2 miligauss
Tốc độ xuất dữ liệu	160 lần/giây



- Bộ vi xử lý: Để giao tiếp, đọc số liệu từ cảm biến HMC5883L cần một bộ vi xử lý. Trong thực nghiệm tác giả sử dụng vi xử lý STM32F103. Để đọc giá trị đo từ cảm biến HMC5883L, tính toán và hiển thị hướng đo được không cần đến vi xử lý mạnh như vi xử lý STM32F103. Tuy nhiên, để phục vụ các nghiên cứu khác nên tác giả đã chọn vi xử lý này trong thực nghiệm.



Hình 3. Sơ đồ mạch la bàn số

Giá trị hướng được tính toán bởi vi xử lý STM32F103 có thể hiển thị trên thanh LCD một cách đơn giản hoặc truyền sang máy tính và hiển thị bằng hình ảnh đồ họa tùy theo yêu cầu của người sử dụng.



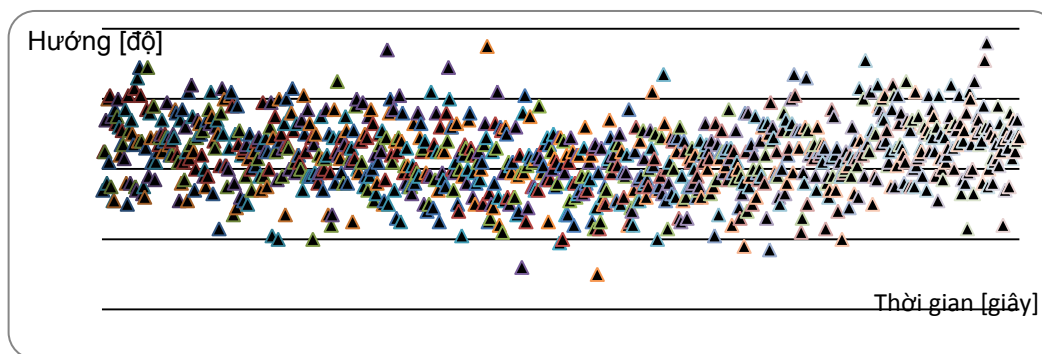
Hình 4. Hiển thị hướng chỉ của la bàn

3. Kết quả thực nghiệm

3.1. Mức độ ổn định giá trị đo

Độ ổn định của giá trị đo phụ thuộc vào độ ổn định và độ nhạy của cảm biến. Để xác định độ ổn định của giá trị đo, tác giả đã thực hiện thực nghiệm sau:

Kết nối la bàn với máy tính để đọc dữ liệu từ la bàn với tần suất 1 lần/giây. Giữ yên cảm biến la bàn trong 15 phút, kết quả thu được 900 giá trị đo từ la bàn. Kết quả như trên Hình 5.



Hình 5. Mức độ ổn định của giá trị đo

Từ số liệu đo thống kê được giá trị trung bình đo là 187.4 với độ lệch lớn nhất là 0.31°. Số đo có độ lệch trong phạm vi $\pm 0.2^\circ$ chiếm 97%.

3.2. So sánh với các yêu cầu của IMO

IMO chưa quy định các tiêu chuẩn đối với loại thiết bị kỹ thuật số này. IMO mới chỉ đưa ra quy định đối với la bàn con quay (Resolution A 424(XI)) và đối với la bàn từ (Resolution A 382(X)). Vì la bàn sử dụng cảm biến từ có cả hay đặc điểm của la bàn từ và la bàn điện nên để đánh giá độ ổn định, chính xác nó, tác giả so sánh kết quả thực nghiệm với các tiêu chuẩn kỹ thuật do IMO đề ra đối với la bàn con quay và la bàn từ.

So sánh với tiêu chuẩn la bàn từ (Res A382(X)) [2]

Về độ nhạy của la bàn từ, mục 5.2 của Res A382(X) quy định “Sai số của la bàn do ma sát phải không vượt quá $\left(\frac{3}{H}\right)^\circ$ tại nhiệt độ $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ ”. Trong đó H là cường độ từ trường theo phương ngang tại nơi đặt la bàn. Năm 2015, tại Hải Phòng, cường độ từ trường là $H = 40\mu\text{T}$ [5] (tương đương 400 miligauss), do vậy, sai số này phải nhỏ hơn 0.075° .

Cảm biến từ sử dụng trong la bàn có độ phân giải là 2 miligauss, với cường độ từ trường tại Hải Phòng là 400 miligauss có thể tính được độ nhạy của la bàn là 0.29° .

Về tốc độ đáp ứng của la bàn, mục 5.1 của Res A382(X) quy định: “La bàn quay tốc độ đều $1,5^\circ/\text{giây}$, nhiệt độ la bàn $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$, độ lệch của mặt chỉ báo không vượt quá $\left(\frac{36}{H}\right)^\circ$ đối với la bàn có đường kính mặt chỉ báo nhỏ hơn 200 mm. Đối với la bàn có mặt chỉ báo từ 200mm trở lên, độ lệch này

không vượt quá $\left(\frac{54}{H}\right)^\circ$. Vậy tại Hải Phòng với cường độ từ trường $H = 40 \mu\text{T}$, độ lệch này phải nhỏ hơn 0.9° hoặc 1.35° tương ứng với la bàn có đường kính mặt chỉ báo như đã nêu.

Với tốc độ xuất dữ liệu của cảm biến là 160 lần/giây, nếu la bàn quay đều với tốc độ $1.5^\circ/\text{giây}$ thì độ lệch của số chỉ la bàn là 0.009° . La bàn kỹ thuật số có tốc độ đáp ứng nhanh hơn nhiều so với la bàn từ truyền thống.

So sánh với tiêu chuẩn la bàn con quay (Res A424(XI)) [3]

Về mức độ ổn định hướng của la bàn con quay được quy định trong mục 5.1.2 như sau: “Độ lệch của la bàn tại bất kỳ hướng nào khi la bàn hoạt động ở vĩ độ nhỏ hơn 60° phải nhỏ hơn $\pm 0.75^\circ \times \sec(\varphi)$ so với số chỉ la bàn được lấy trung bình 10 lần trong khoảng thời gian 20 phút và độ lệch bình phương trung bình của các giá trị đo so với giá trị trung bình phải nhỏ hơn $\pm 0.25^\circ \times \sec(\varphi)$ (trong đó φ là vĩ độ điểm đặt la bàn)”. Tại Hải Phòng có vĩ độ $20^\circ 51'$, vậy các giá trị này tương ứng sẽ là 0.8° và 0.27° .

Từ số liệu đo đạc trong phần 3.1 có thể tính toán được các độ lệch này của la bàn kỹ thuật số là 0.31° và 0.12° .

4. Kết luận

So sánh với các tiêu chuẩn cơ bản của la bàn từ, la bàn con quay do IMO quy định, la bàn từ kỹ thuật số có thể đáp ứng được các tiêu chuẩn về khả năng định hướng, độ nhạy, độ ổn định của một thiết bị định hướng được dùng trên tàu biển. Kết quả sử dụng trong bài báo này là giá trị đo khi dùng một bộ cảm biến HMC5883L và không đưa qua bộ lọc. Nếu phối hợp thêm với các cảm biến khác như cảm biến GY 88, kết hợp các bộ lọc la bàn từ kỹ thuật số sẽ cho kết quả tốt hơn.

La bàn từ kỹ thuật số còn có các ưu điểm sau:

- Dễ dàng kết nối với các thiết bị kỹ thuật số khác như máy lái tự động, radar/arpa, hải đồ điện tử... theo chuẩn NMEA.
- Có thể lập trình, cài đặt để la bàn tự động hiệu chỉnh độ lệch địa từ theo vùng tàu hoạt động.
- Kích thước nhỏ, gọn, chịu va đập tốt.

La bàn từ kỹ thuật số có giá thành thấp hơn nhiều so với la bàn từ và la bàn con quay nên đưa loại la bàn này vào ứng dụng trên các tàu thuyền nhỏ là rất phù hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đinh Anh Tuấn, *Nghiên cứu, chế tạo la bàn từ số đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn tín hiệu hàng hải*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải Số 37 – 01/2014
- [2] Magnetic Compasses Carriage and Performance Standards, IMO 1977
- [3] Performance Standards For Gyro-compasses, Resolution A.424 (XI), IMO, 1979
- [4] <http://bluelemonlabs.blogspot.com/2013/08/arduino-simple-compass-with-hmc5883l.html>
- [5] http://www.geomag.bgs.ac.uk/education/earthmag.html#_Toc2075556,