

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM
TRƯỜNG CDN VMU



THUYẾT MINH
ĐỀ TÀI NCKH CẤP TRƯỜNG

ĐỀ TÀI
CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM LA BÀN KỸ THUẬT SỐ
PHỤC VỤ TÀU THUYỀN NHỎ

Chủ nhiệm đề tài: NGUYỄN CÔNG VINH
Thành viên tham gia: MAI THANH XUÂN
ĐỖ THU HUYỀN

Hải Phòng, tháng 4/2016

MỤC LỤC

Trang

DANH MỤC CÁC CHỮ TẮT VÀ KÍ HIỆU.....	Error! Bookmark not defined.
MỞ ĐẦU.....	4
1. Tính cấp thiết của đề tài	4
2. Mục đích nghiên cứu của đề tài	4
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài	4
4. Phương pháp nghiên cứu của đề tài	4
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	5
Chương 1: TỔNG QUAN.....	6
1.1. La bàn tàu biển.....	6
1.2. La bàn từ kỹ thuật số	7
Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	8
2.1. Nguyên lý định hướng của la bàn từ kỹ thuật số[1].....	8
2.2. Từ trường trái đất và độ lệch địa từ [9]	9
2.3. Độ lệch của la bàn từ	10
Chương 3: LA BÀN TỪ KỸ THUẬT SỐ.....	13
3.1. Thiết kế la bàn	13
3.1.1. Lựa chọn linh kiện cảm biến	13
3.1.2. Lựa chọn bộ vi xử lý.....	14
3.1.3. Lựa chọn màn hình	15
3.2. Kết quả thực nghiệm.....	15
3.2.1. Thực nghiệm đánh giá các tính năng của la bàn	15
3.2.2. Thực nghiệm hiệu chỉnh độ lệch la bàn từ kỹ thuật số.....	17
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	24

1.	Kết luận.....	24
2.	Kiến nghị	24
	TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	25

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Với định hướng vươn khơi làm kinh tế, bảo vệ chủ quyền của Đảng và Nhà nước, trong những năm gần đây và những năm sắp tới, số lượng tàu thuyền nhỏ phục vụ đánh bắt hải sản xa bờ sẽ ngày càng tăng cao. Chỉ tính riêng số tàu được đóng mới theo Nghị định 67, tổng số tàu đóng mới phục vụ đánh bắt xa bờ đã là 1513 tàu [4]. Đó là chưa kể lượng tàu vận tải đang phát triển trong những năm gần đây.

Khi tàu hoạt động xa bờ, việc lắp đặt thiết bị định hướng cho tàu là bắt buộc. Hiện tại, các tàu được trang bị la bàn con quay và la bàn từ truyền thống. Cả hai thiết bị này đều đắt tiền và cần có chuyên gia bảo dưỡng, kiểm tra định kỳ nên gây nhiều bất tiện trong khai thác tàu, đặc biệt đối với ngư dân.

Từ lý do trên, việc nghiên cứu chế tạo một thiết bị định hướng rẻ tiền, đủ tin cậy và ít phải bảo dưỡng, kiểm tra hoặc người dùng có thể tự kiểm tra là hết sức cần thiết. La bàn từ kỹ thuật số là một thiết bị có thể đáp ứng được yêu cầu này. Tuy nhiên, việc sử dụng la bàn từ kỹ thuật số trên tàu biển còn chưa rộng rãi nên cần phải có những thực nghiệm trong điều kiện thực tế với loại thiết bị này.

2. Mục đích nghiên cứu của đề tài

Chế tạo thử nghiệm một la bàn từ kỹ thuật số có thể lắp đặt sử dụng trên tàu thuyền nhỏ.

Thử nghiệm la bàn trên tàu trong điều kiện chạy biển để đánh giá tính khả thi việc lắp đặt loại la bàn này trên tàu.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài

Đối tượng: La bàn từ kỹ thuật số.

Phạm vi: Chế tạo thử nghiệm, đánh giá khả năng áp dụng thực tế của la bàn loại này.

4. Phương pháp nghiên cứu của đề tài

Thông kê, khảo sát, thực nghiệm, phân tích, đánh giá.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Nếu thành công, đề tài có thể áp dụng được rất rộng rãi trong thực tế, tăng tỉ lệ nội địa hóa trong đóng tàu và giảm giá thành sản phẩm, đặt nền móng cho các nghiên cứu tiếp theo trong việc sản xuất các thiết bị hàng hải.

Chương 1: TỔNG QUAN

1.1. La bàn tàu biển

La bàn là thiết bị không thể thiếu trên tàu biển, đặc biệt đối với tàu chạy xa bờ. Từ xa xưa, la bàn từ đã được dùng để làm thiết bị chỉ hướng cho tàu biển. Với đặc tính đơn giản, độ tin cậy cao la bàn từ đến nay vẫn là thiết bị bắt buộc phải có trên tàu biển theo qui định của Tổ chức hàng hải thế giới IMO.



La bàn từ có độ tin cậy cao nhưng độ chính xác thấp do nguyên lý định hướng của nó dựa vào từ trường của trái đất. Người đi biển cần hướng Bắc thật nhưng kim la bàn lại hướng dọc theo đường sức từ nơi đặt la bàn. Đường sức từ nơi đặt la bàn thường không trùng với hướng Bắc thật do sự không đồng đều trong phân bố của vỏ trái đất, do các vật mang từ tính xung quanh nơi đặt la bàn, do chính bản thân con tàu và nhiều yếu tố khác. Trong những yếu tố này, yếu tố từ trường thứ cấp sinh ra từ vỏ sắt của con tàu ảnh hưởng mạnh nhất đến độ lệch của la bàn từ. Do vậy, khi lắp đặt la bàn từ lên tàu, hoặc khi tàu vừa sửa chữa định kỳ, la bàn từ phải được kiểm tra và hiệu chỉnh độ lệch.



Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, nhiều thiết bị định hướng hoạt động theo nguyên lý khác đã ra đời như la bàn con quay hồi chuyển, la bàn quang, la bàn GPS.

Bộ phận định hướng của la bàn con quay là một con quay hồi chuyển quay với tốc độ cao. Do tính chất của con quay hồi chuyển, trục của con quay luôn chỉ về hướng Bắc của trái đất. La bàn này có độ chính xác cao nhưng có hạn chế là có nhiều bộ phận cơ khí, phức tạp nên phải bảo dưỡng định kỳ; phụ thuộc vào nguồn điện, thời gian khởi động lâu nên không lắp được trên các tàu thuyền có nguồn điện không ổn định.

La bàn quang hoạt động dựa trên hiệu ứng Sagnac[5]. Loại la bàn này hoàn toàn không có cơ cấu cơ khí chuyển động nên chắc chắn và không yêu cầu

lắp đặt đặc biệt. Loại la bàn này cùng không chịu tác động của sai số do sự rung, lắc của tàu.

La bàn GPS sử dụng hai anten thu tín hiệu từ vệ tinh GPS đặt cách nhau một khoảng cách. Máy thu tín hiệu sẽ tính toán vị trí của hai anten theo tín hiệu nhận được từ vệ tinh GPS và từ đó tính được hướng đi qua vị trí của hai anten. Loại thiết bị định

hướng này có độ chính xác không cao, phụ thuộc nhiều vào tín hiệu từ vệ tinh GPS nên hoạt động phụ thuộc nhiều vào các yếu tố ngoại cảnh.



Những la bàn ra đời sau có độ chính xác cao hơn, hoạt động không phụ thuộc từ trường trái đất, dễ kết nối với các thiết bị hàng hải khác nhưng cũng có hạn chế là kết cấu phức tạp, phụ thuộc vào nguồn điện và phải bảo dưỡng, kiểm tra định kỳ bởi các kỹ thuật viên được đào tạo...



1.2. La bàn từ kỹ thuật số

La bàn từ kỹ thuật số đã được đưa vào nhiều ứng dụng trong cuộc sống. Một ứng dụng phổ thông nhất là la bàn trong điện thoại di động. La bàn loại này sử dụng hai cảm biến từ đặt vuông góc với nhau để đo cường độ từ trường trái đất trên hai hướng này sau đó dựa vào độ lớn đo được trên hai hướng, tính toán ra hướng của đường sức từ, đó chính là hướng bắc địa từ nơi đặt la bàn.

La bàn từ kỹ thuật số có ưu điểm gọn, nhẹ, không có phần tử cơ khí chuyển động nhưng cũng như la bàn từ truyền thống, nó chịu ảnh hưởng nhiều từ từ trường xung quanh nơi đặt la bàn. Do vậy, khi đưa la bàn xuống sử dụng trên tàu cần phải có các biện pháp hiệu chỉnh độ lệch phù hợp mới có thể sử dụng được.

Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Nguyên lý định hướng của la bàn từ kỹ thuật số[1]

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. Tỉ 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:

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

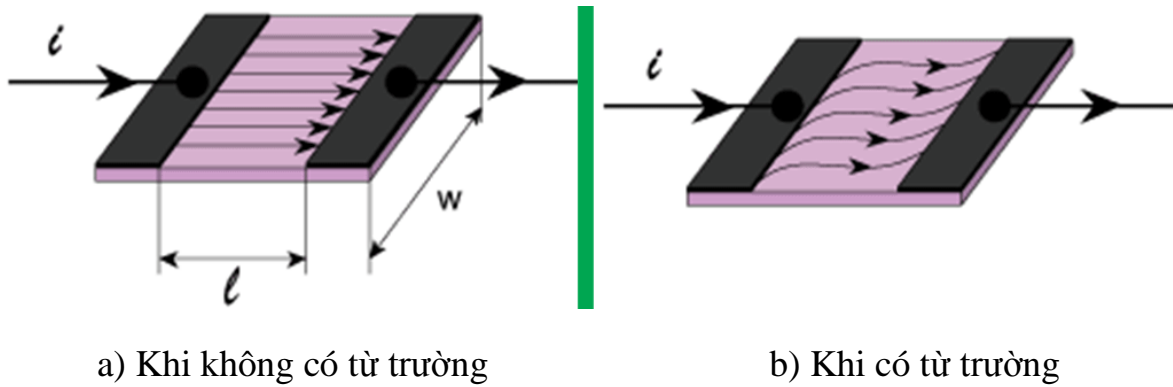
Trong đó:

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

H_y: 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) [8]. 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.



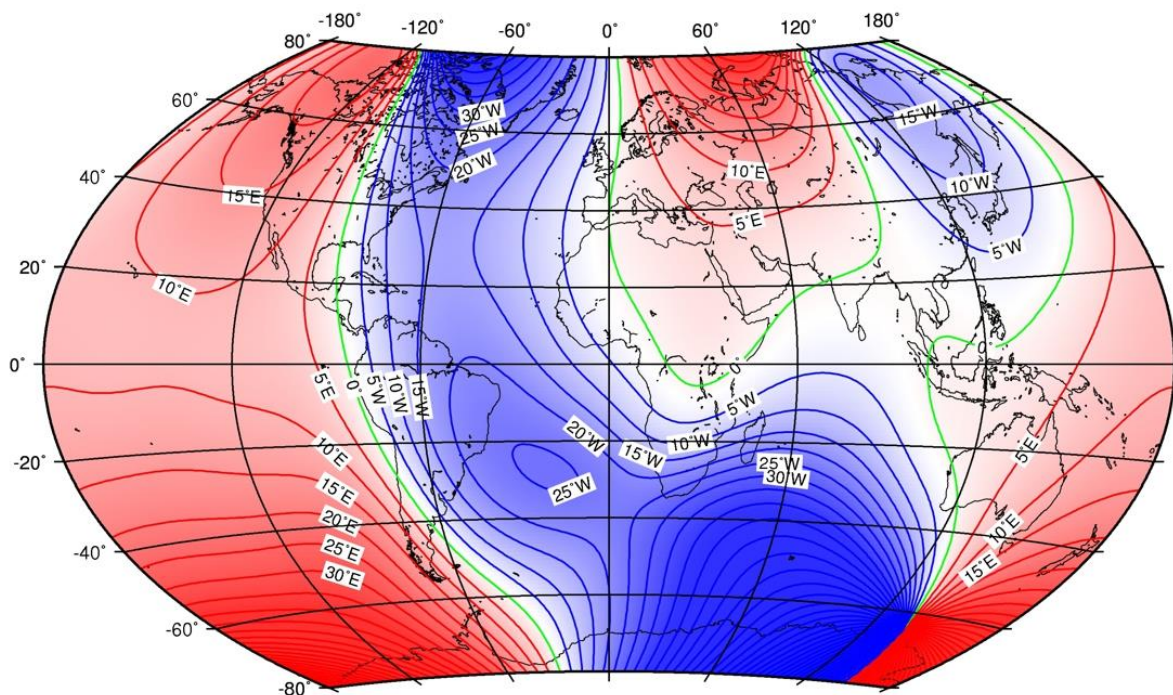
Hình 1: Nguyên lý đo của cảm biến từ

2.2. Từ trường trái đất và độ lệch địa từ [9]

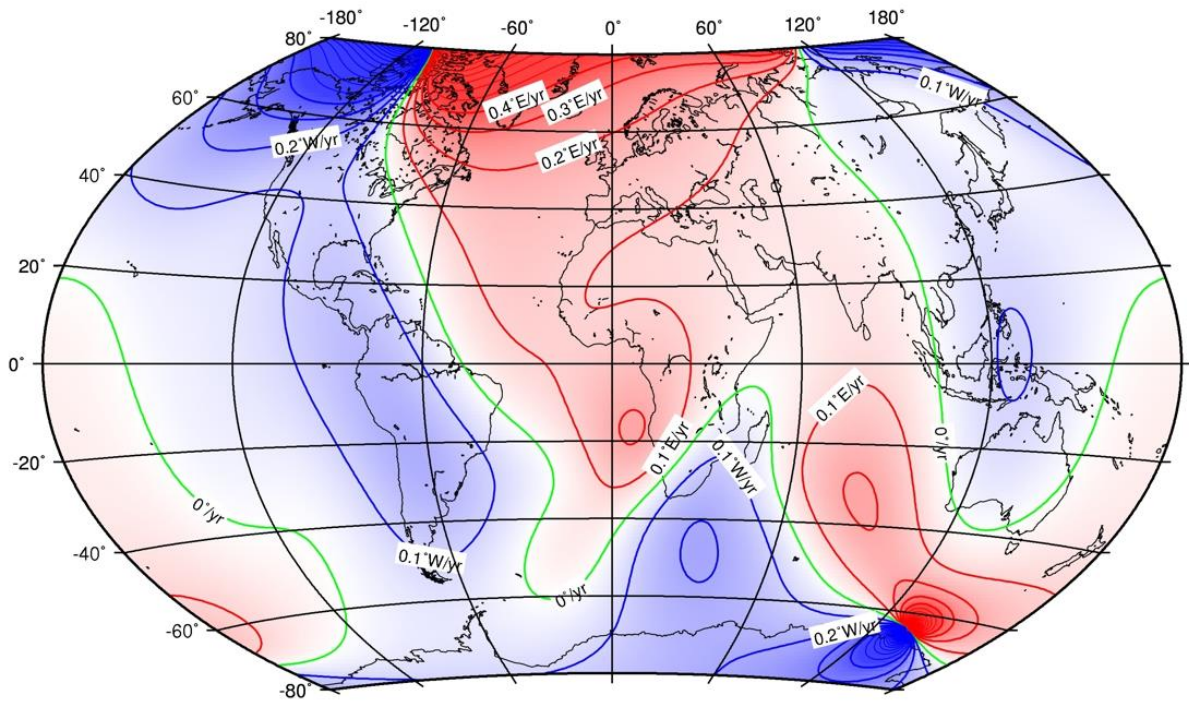
Từ trường của trái đất được sinh ra do các các vật chất lỏng quanh lõi trái đất tạo thành ra dòng điện. Dòng điện chuyển dịch chậm cùng với sắt nóng chảy tạo nên từ trường. Ngoài nguồn gốc từ lõi trái đất, từ trường trên bề mặt trái đất còn có nguồn gốc từ tầng điện ly và từ từ quyển. Từ trường trái đất ở các khu vực khác nhau thì khác nhau và luôn thay đổi theo thời gian.

Tại mỗi vị trí khác nhau trên trái đất, đường sức từ tổng hợp thường lệch so với hướng Bắc một góc nào đó. Góc này được gọi là độ lệch địa từ.

Độ lệch này được khảo sát bởi nhiều tổ chức trên thế giới như International Geomagnetic Reference Field (IGRF), World Magnetic Model và được công bố cho từng giai đoạn. Theo IGRF, biểu đồ từ trường của trái đất trong năm năm, từ 2015 đến 2020 như sau:



Hình 2: Độ lệch địa từ theo khu vực năm 2015 [9]

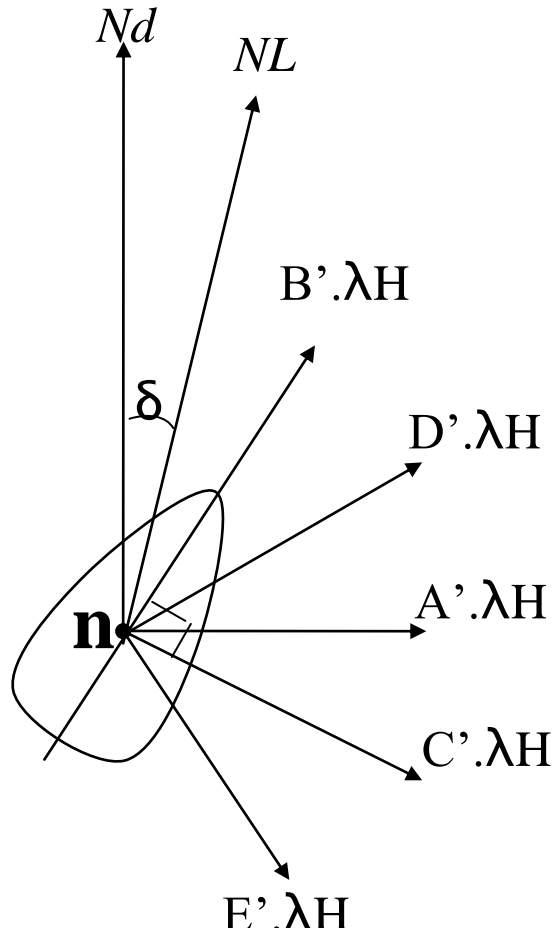


Hình 3: Biến thiên độ lệch địa từ (độ/năm) từ năm 2015 đến 2020 [9]

2.3. Độ lệch của la bàn từ

Việc định hướng của các la bàn này dựa vào đường sức từ của trái đất tại nơi đặt la bàn nên hướng chỉ của của chúng bị ảnh hưởng của các yếu tố sau:

- Độ lệch địa từ. Đường sức từ của Trái đất ở các khu vực khác nhau có các hướng khác nhau và không hoàn toàn đi qua địa cực.
- Sự biến thiên của độ lệch địa từ theo thời gian.
- Từ trường thứ cấp tại nơi đặt la bàn (ví dụ các kết cấu bằng sắt thép của con tàu...)



Hình 4: Phân bố từ trường thứ cấp

Trong các yếu tố trên, yếu tố độ lệch và biến thiên độ lệch địa từ được nhiều tổ chức trên thế giới khảo sát và công bố nên người dùng có số liệu để chủ động hiệu chỉnh la bàn.

Việc hiệu chỉnh la bàn từ dựa vào phương trình Passon [1] như sau:

$$\vec{H}' = \lambda \vec{H} + A' \cdot \lambda \vec{H} + B' \cdot \lambda \vec{H} + C' \cdot \lambda \vec{H} + D' \cdot \lambda \vec{H} + E' \cdot \lambda \vec{H}$$

Trong đó:

$\lambda \vec{H}$: Lực định hướng, lực này luôn nằm trên kinh tuyến từ và hướng về phía Bắc địa từ.

$A' \cdot \lambda \vec{H}$: Lực phát sinh do thành phần sắt non trên tàu và lực từ trái đất. Lực này có phương vuông góc với kinh tuyến từ.

$B' \cdot \lambda \vec{H}$: Lực phát sinh do thành phần sắt già và sắt non trên tàu. Lực này có hướng dọc theo trục dọc của tàu.

$C'.\lambda\vec{H}$: Lực phát sinh do thành phần sắt già và sắt non trên tàu gây ra. Lực này có hướng vuông góc với trục dọc của tàu.

$D'.\lambda\vec{H}$: Lực phát sinh do các thành phần bằng sắt non trên tàu, có hướng tác dụng bằng hai lần hướng đi của tàu.

$E'.\lambda\vec{H}$: Lực phát sinh do các thành phần bằng sắt non trên tàu, có hướng tác dụng vuông góc với hướng của lực $D'.\lambda\vec{H}$.

Nd : Hướng Bắc địa từ

NL : Hướng Bắc la bàn, là tổng hợp của lực định hướng $\lambda\vec{H}$ tác dụng vào kim la bàn với các lực gây độ lệch la bàn $A'.\lambda\vec{H}$, $B'.\lambda\vec{H}$, $C'.\lambda\vec{H}$, $D'.\lambda\vec{H}$ và $E'.\lambda\vec{H}$

Giá trị góc lệch giữa Nd và NL chính là độ lệch của la bàn từ. Trong các thực nghiệm của mình, tác giả sử dụng các phương pháp truyền thống khi tiến hành khử độ lệch la bàn từ trên tàu biển để xác định các hệ số trong phương trình độ lệch và đưa các hệ số này vào biểu thức tính độ lệch của la bàn từ kỹ thuật số để tính số hiệu chỉnh trên các hướng đi của tàu. Biểu thức tính độ lệch [1] của la bàn như sau:

$$\delta = A + B.\sin(HL) + C.\cos(HL) + D.\sin(2HL) + E.\cos(2HL)$$

Trong đó:

δ : Độ lệch la bàn

A, B, C, D, E: Hệ số (xác định qua thực nghiệm) [1]

HL: Hướng la bàn

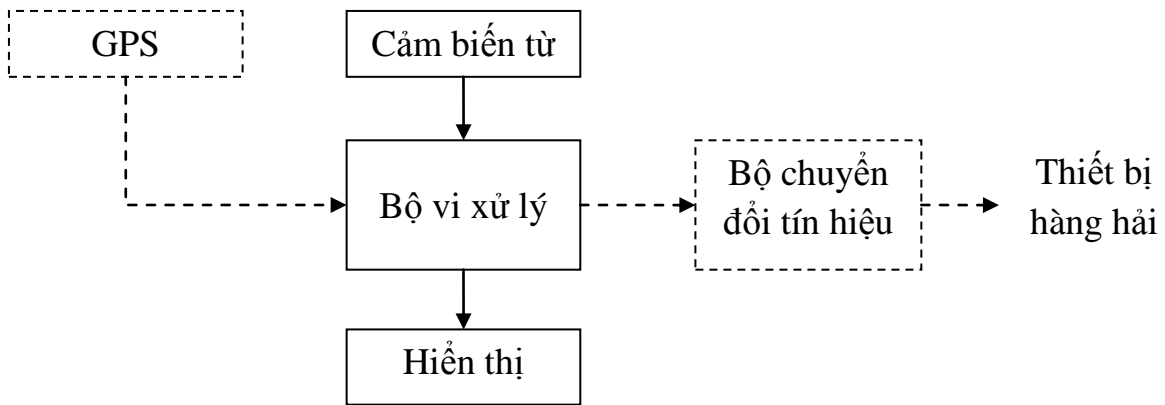
Như vậy, để la bàn chỉ đúng hướng, từ cần phải xác định được hướng bắc địa từ (hướng đường sức từ) một cách chính xác, sau đó tiến hành hiệu chỉnh độ lệch địa từ, độ lệch do từ trường thứ cấp.

Chương 3: LA BÀN TỪ KỸ THUẬT SỐ

3.1. Thiết kế la bàn

Sơ đồ khối của la bàn như trên Hình 4 bao gồm cảm biến từ, bộ vi xử lý và bộ phận hiển thị. Khối cảm biến từ gồm hai cảm biến đặt vuông góc với nhau. Tín hiệu cường độ từ trường đo được từ hai cảm biến này được gửi tới bộ vi xử lý. Bộ vi xử lý tính toán xác định hướng của đường sức từ đo được tại vị trí cảm biến. Bộ vi xử lý tiến hành hiệu chỉnh độ lệch theo các thuật toán và dữ liệu độ lệch liên quan và gửi tín hiệu đến khối hiển thị.

Trường hợp có tích hợp thêm khối GPS, vị trí la bàn có thể xác định được liên tục, từ đó bộ vi xử lý có thể hiệu chỉnh tự động liên tục độ lệch địa từ thông qua vị trí được cung cấp bởi GPS.



Hình 5: Sơ đồ khối la bàn từ kỹ thuật số

Trường hợp cần kết nối tín hiệu của la bàn từ với các thiết bị hàng hải khác, cần thêm một khối chuyển đổi tín hiệu. Với tín hiệu số theo chuẩn NMEA, bộ vi xử lý có thể tự đảm nhận. Tuy nhiên, một số la bàn phản ánh trên tàu sử dụng tín hiệu xung biến thiên theo thời gian, hoặc tín hiệu analog thì cần có bộ chuyển đổi tín hiệu.

3.1.1. Lựa chọn linh kiện cảm biến

Hiện nay trên thị trường có bán nhiều thiết bị cảm biến từ có thể dùng cho la bàn kỹ thuật số. Cảm biến HMC5883L do hãng Honeywell sản xuất hiện nay có bán nhiều nhất, giá thành hợp lý. Nhiều cảm bộ cảm biến có tên khác nhưng thực chất chỉ là sự tích hợp của cảm biến HMC5883L với các cảm biến có chức năng khác. Các đặc tính kỹ thuật của cảm biến HMC5883L 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	2-100 μ A
Phạm vi đo	± 8 gauss
Độ phân giải	2 miligauss
Tốc độ xuất dữ liệu	160 lần/giây

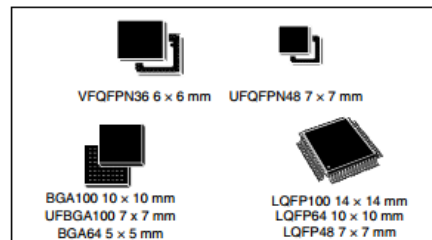


3.1.2. Lựa chọn bộ vi xử lý

Bộ vi xử lý có nhiệm vụ giao tiếp, đọc số liệu từ cảm biến HMC5883L. Tính toán hướng của la bàn, tiến hành hiệu chỉnh các độ lệch theo thuật toán. Bộ vi xử lý được dùng trong đề tài là vi xử lý STM32F103. Các thông số của bộ vi xử lý như sau:

Features

- ARM[®] 32-bit Cortex[®]-M3 CPU Core
 - 72 MHz maximum frequency, 1.25 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1) performance at 0 wait state memory access
 - Single-cycle multiplication and hardware division
- Memories
 - 64 or 128 Kbytes of Flash memory
 - 20 Kbytes of SRAM
- Clock, reset and supply management
 - 2.0 to 3.6 V application supply and I/Os
 - POR, PDR, and programmable voltage detector (PVD)
 - 4-to-16 MHz crystal oscillator
 - Internal 8 MHz factory-trimmed RC
 - Internal 40 kHz RC
 - PLL for CPU clock
 - 32 kHz oscillator for RTC with calibration
- Low-power
 - Sleep, Stop and Standby modes
 - V_{BAT} supply for RTC and backup registers
- 2 x 12-bit, 1 μ s A/D converters (up to 16 channels)
 - Conversion range: 0 to 3.6 V
 - Dual-sample and hold capability
 - Temperature sensor
- DMA
 - 7-channel DMA controller
 - Peripherals supported: timers, ADC, SPIs, I²Cs and USARTs
- Up to 80 fast I/O ports
 - 26/37/51/80 I/Os, all mappable on 16 external interrupt vectors and almost all 5 V-tolerant



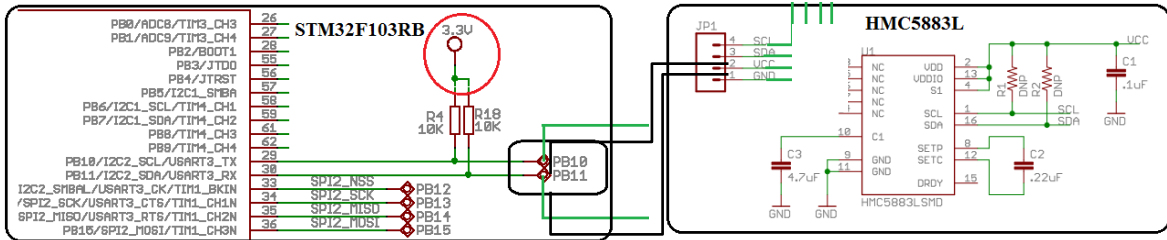
- Debug mode
 - Serial wire debug (SWD) & JTAG interfaces
- 7 timers
 - Three 16-bit timers, each with up to 4 IC/OC/PWM or pulse counter and quadrature (incremental) encoder input
 - 16-bit, motor control PWM timer with dead-time generation and emergency stop
 - 2 watchdog timers (Independent and Window)
 - SysTick timer 24-bit downcounter
- Up to 9 communication interfaces
 - Up to 2 x I²C interfaces (SMBus/PMBus)
 - Up to 3 USARTs (ISO 7816 interface, LIN, IrDA capability, modem control)
 - Up to 2 SPIs (18 Mbit/s)
 - CAN interface (2.0B Active)
 - USB 2.0 full-speed interface
- CRC calculation unit, 96-bit unique ID
- Packages are ECOPACK[®]

Table 1. Device summary

Reference	Part number
STM32F103x8	STM32F103C8, STM32F103R8 STM32F103V8, STM32F103T8
STM32F103xB	STM32F103RB, STM32F103VB, STM32F103CB, STM32F103TB

Vi xử lý STM52F103 có năng lực xử lý mạnh, thừa để tính toán hướng của la bàn. Tuy nhiên, trong thực nghiệm này cần sử dụng vi xử lý như vậy để còn thực hiện thêm nhiều nhiệm vụ khác như ghi dữ liệu lên thẻ nhớ, truyền dữ liệu về máy tính, lọc nhiễu... phục vụ việc phân tích dữ liệu sau mỗi đợt thử nghiệm.

Sơ đồ kết nối của bộ vi xử lý với cảm biến như trên Hình 1:



Hình 6: Sơ đồ mạch la bàn số

3.1.3. Lựa chọn màn hình

Giá trị lớn nhất của hướng là bàn là 359.9 độ, do vậy việc chỉ báo không yêu cầu màn hình phức tạp. Màn hình được lựa chọn trong nghiên cứu là màn hình LCD hai dòng (2x16) như trên Hình 7.



Hình 7: Hiện thị hướng chỉ của la bàn

Ngoài việc hiển thị số chỉ của la bàn trên màn hình, la bàn còn có chức năng truyền dữ liệu sang máy tính phục vụ việc lưu giữ dữ liệu nghiên cứu sau khi kết thúc các đợt thực nghiệm.

3.2. Kết quả thực nghiệm

Các bài thực nghiệm với la bàn được phân làm hai nhóm: 1) Thực nghiệm đánh giá các tính năng của la bàn; 2) Thực nghiệm kiểm tra độ chính xác của la bàn.

3.2.1. Thực nghiệm đánh giá các tính năng của la bàn

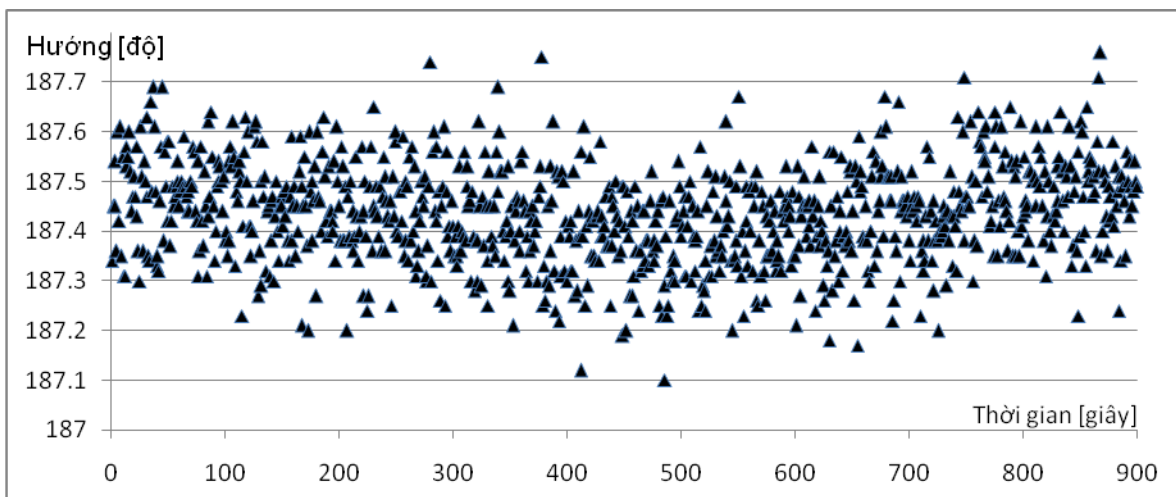
Hiện tại, loại la bàn này chưa được đưa vào ứng dụng đại trà trên tàu biển và chưa có quy định về tiêu chuẩn đối với loại la bàn này. Để có thể đánh giá về các tính năng của la bàn từ kỹ thuật số, ta tạm thời so sánh các tính năng của nó

với những tính năng tương ứng được quy định bởi IMO với la bàn từ truyền thống và la bàn con quay. Các quy định hiện hành của IMO đối với la bàn con quay là Nghị quyết A 424 (Resolution A 424(XI)) và đối với la bàn từ là nghị quyết A 382 (Resolution A 382(X)).

a) Độ ổn định của la bàn từ kỹ thuật số

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 8.



Hình 8: 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%.

So sánh với tiêu chuẩn la bàn từ (Res A382(X)) [6]

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 $H = 40\mu\text{T}$ [9] (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° .

Như vậy, độ nhạy của la bàn từ kỹ thuật số kém hơn so với tiêu chuẩn về độ nhạy của la bàn từ được yêu cầu trong Nghị quyết A 382(X).

So sánh với tiêu chuẩn la bàn con quay (Res A424(XI)) [7]

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 (Hình 8), có thể tính toán được các độ lệch này của la bàn kỹ thuật số là 0.31° và 0.12 . Giá trị này hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu của IMO đối với la bàn điện.

b) Tốc độ đáp ứng của la bàn từ kỹ thuật số

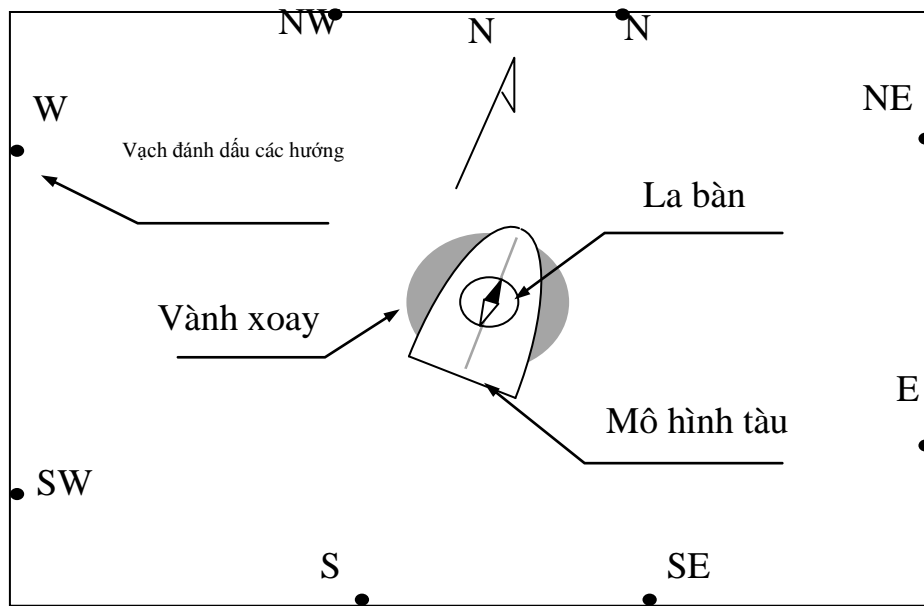
Về tốc độ đáp ứng của la bàn, mục 5.1 của Res A382(X) quy định: “*La bàn quay tốc độ đều $1,5^\circ/\text{giây}$, nhiệt độ la bàn $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$, độ lệch của mặt chỉ báo không vượt quá $\left(\frac{36}{H}\right)^\circ$ đối với la bàn có đường kính mặt chỉ báo nhỏ hơn 200 mm. Đối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

3.2.2. Thực nghiệm hiệu chỉnh độ lệch la bàn từ kỹ thuật số

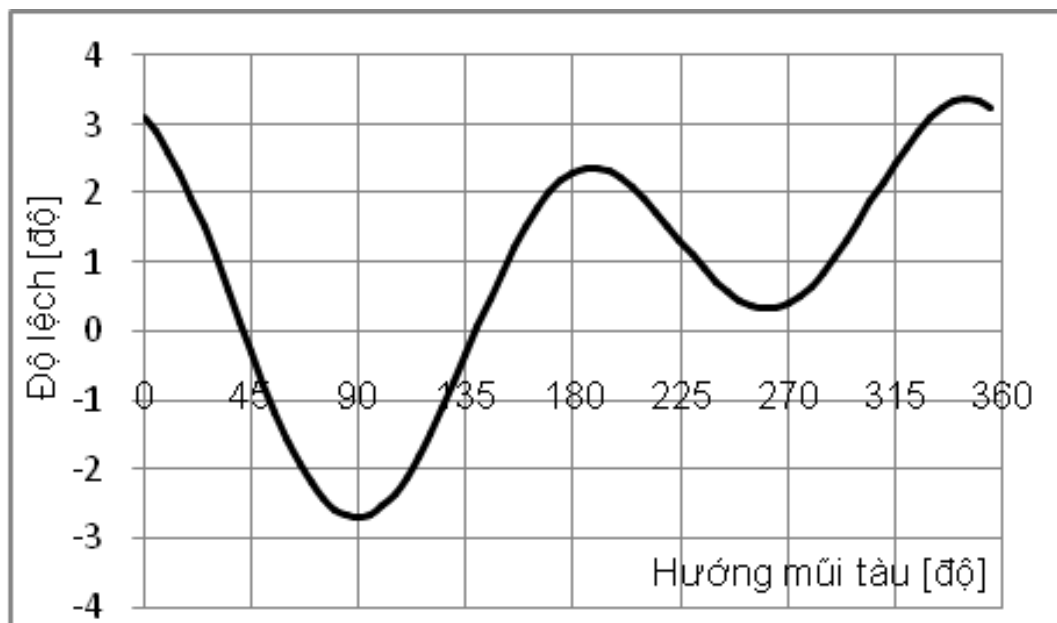
Độ lệch la bàn từ do tác động của từ trường thứ cấp sinh ra từ con tàu là giá trị biến thiên có quy luật, phụ thuộc vào hướng mũi tàu. Việc xác định được các hệ số của phương trình độ lệch la bàn từ có thể giúp việc xác định độ lệch của la bàn để tiến hành hiệu chỉnh tự động. Các thực nghiệm được tiến hành như sau:

a) Mô tả thực nghiệm



Hình 9: Sơ đồ thực nghiệm

Việc thực nghiệm hiệu chỉnh la bàn từ kỹ thuật số được thực hiện tại phòng thực hành La bàn từ của khoa Hàng hải, trường Đại học Hàng hải Việt Nam. Mô hình tàu làm bằng sắt được đỡ bằng một vành trượt và có thể quay trên trục thẳng đứng. Trên mô hình tàu có lắp đặt một trụ la bàn từ với đầy đủ các kết cấu phục vụ việc khử và hiệu chỉnh độ lệch cho la bàn từ như trên tàu thật.



Hình 10: Độ lệch la bàn theo hướng đi (TN 1)

Các hướng chính Bắc (N), Nam (S), Đông (E), Tây (W) và các hướng phụ Đông Bắc (NE), Đông Nam (SE), Tây Nam (SW) và Tây Bắc (NW) tính từ vị trí đặt la bàn của tàu được xác định bằng la bàn chuẩn và đánh dấu trên tường của phòng thực hành. (**Error! Reference source not found.**)

La bàn từ kỹ thuật số được kết nối với máy tính để hiển thị và ghi lại hướng chỉ của la bàn với tần suất 1 giây/lần.

Bảng 1: Số chỉ la bàn tại các hướng đo trước khi hiệu chỉnh (TN 1)

Hướng	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Số chỉ la bàn [độ]	2.7	44.3	86.5	133.8	181.1	225.5	269.5	316.4

Khi tiến hành thực nghiệm, đặt la bàn từ kỹ thuật số tại đúng vị trí la bàn từ của mô hình tàu sau đó đặt biểu xích la bàn lên. Dây ngắ của biểu xích la bàn được đặt trùng với mặt phẳng trục dọc của tàu để có thể ngắ hướng mũi tàu tới các vạch đánh dấu trên tường của phòng thực hành. Tiến hành xoay toàn bộ hệ thống tới các hướng chính, phụ nêu trên và ghi lại số chỉ của la bàn tại các vị trí này.

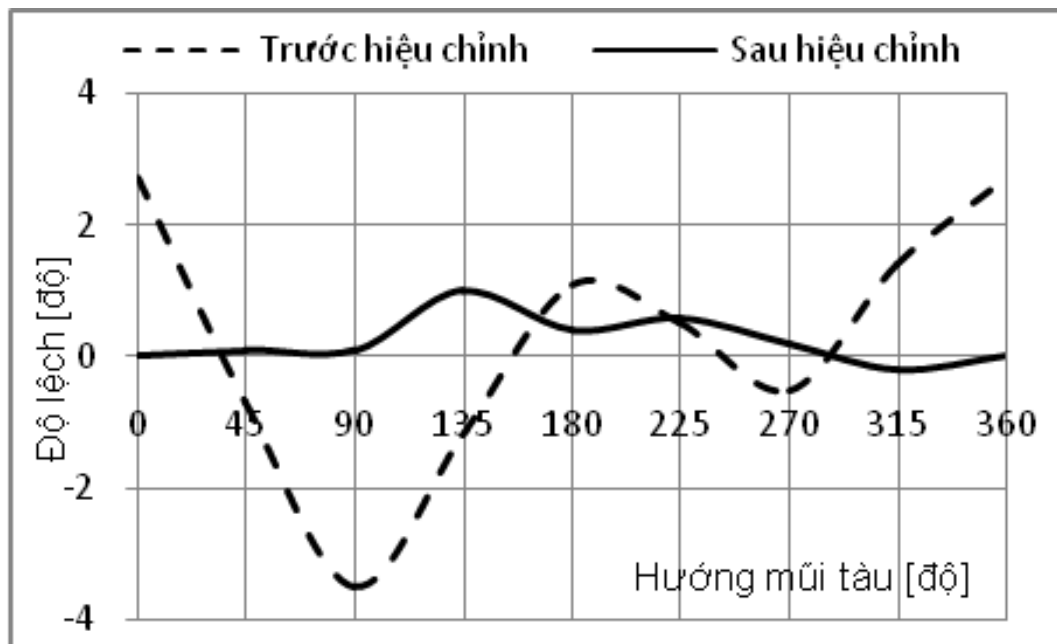
Thực nghiệm 1:

Cho mũi tàu chỉ đúng hướng Bắc (N), ghi nhận số chỉ của la bàn tại vị trí này. Sau đó quay mô hình tàu ngược chiều kim đồng hồ đến các hướng Tây Bắc (NW), Tây (W)... Kết quả, số chỉ của la bàn tại các hướng này như trên Bảng 1.

Từ các giá trị trong Bảng 1, xác định được các hệ số của biểu thức độ lệch la bàn như sau: $A=-0.03$, $B=-1.5$, $C=0.8$, $D=-0.1$ và $E=1.95$. Với các hệ số tìm được, lập được đồ thị độ lệch la bàn như trên Hình 9.

Bảng 2: Số chỉ la bàn tại các hướng đo sau khi đã hiệu chỉnh (TN 1)

Hướng	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Số chỉ la bàn [độ]	0	45.1	90.1	136	180.4	225.6	270.2	314.8



Hình 11: So sánh độ lệch số chỉ la bàn (TN 1)

Nhập các hệ số tìm được vào phần mềm hiệu chỉnh độ lệch la bàn từ sau đó tiến hành đo đạc lại hướng chỉ của la bàn tại các hướng chính, phụ đã nêu. Kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

Hình 10: So sánh độ lệch số chỉ la bàn (TN 1) thấy sự khác nhau về độ lệch trước và sau khi sử dụng phần mềm hiệu chỉnh. Có thể thấy, trước khi tiến hành hiệu chỉnh, số chỉ của la bàn có độ lệch tại các hướng chính từ 1 độ đến 3.5 độ. Sau khi hiệu chỉnh, độ lệch số chỉ của la bàn chỉ nằm trong phạm vi 1 độ ở tất cả các hướng đi.

Thực nghiệm 2:

Tiến hành tương tự như thực nghiệm 1 nhưng quay mô hình tàu theo chiều cùng chiều kim đồng hồ với mục đích so sánh, phát hiện các sai số hệ thống trong thực nghiệm 1. Bắt đầu từ hướng Bắc (N), sau đó quay mô hình lần lượt qua các hướng Đông Bắc (NE), Đông (E)...

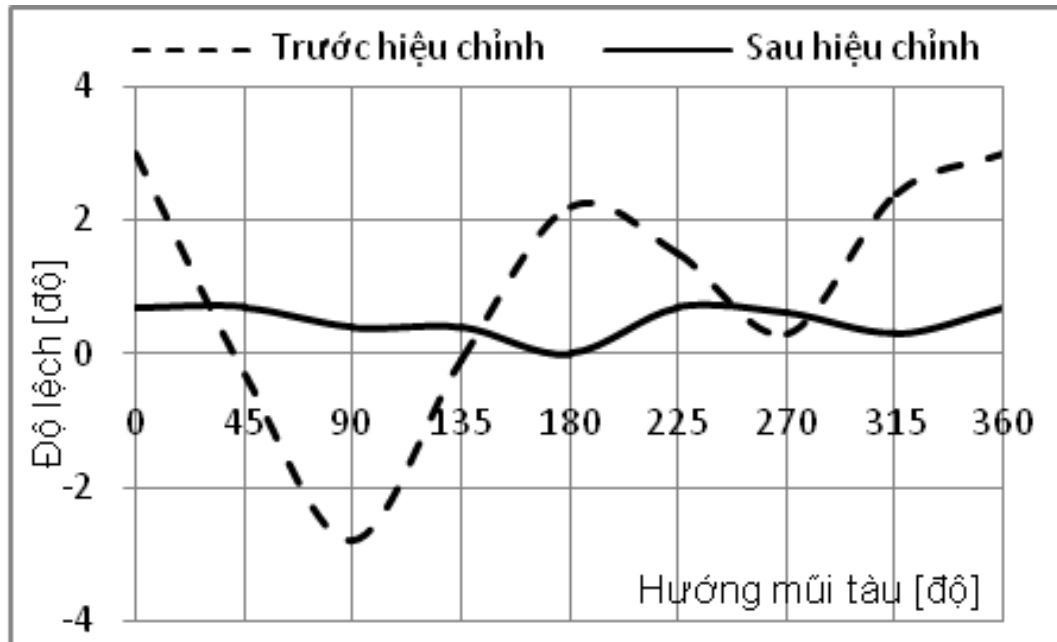
Bảng 3: Số chỉ la bàn tại các hướng đo trước khi hiệu chỉnh (TN 2)

Hướng	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Số chỉ la bàn [độ]	3	44.7	87.2	134.9	182.2	226.5	270.3	317.4

Kết quả thực nghiệm đạt được như trong Bảng 3. Cũng tương tự như kết quả trong thực nghiệm 1, độ lệch của số chỉ la bàn có giá trị lớn hơn tại các hướng đi 0 độ, 90 độ và 180 độ với giá trị độ lệch lớn nhất là 3 độ.

Bảng 4: Số chỉ la bàn tại các hướng đo sau khi đã hiệu chỉnh (TN 2)

Hướng	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Số chỉ la bàn [độ]	0.68	45.7	90.4	135.4	180	225.7	270.6	315.3



Hình 12: So sánh độ lệch số chỉ la bàn (TN 2)

Sau khi xác định được độ lệch tại các hướng chính, phụ, áp dụng công thức tính được các hệ số trong biểu thức độ lệch la bàn như sau: $A=0.78$, $B=-1.55$, $C=0.4$, $D=-0.28$ và $E=1.93$. Nhập các hệ số của biểu thức độ lệch la bàn vào phần mềm hiệu chỉnh, tiến hành quay mô hình tới các hướng chính, số chỉ của la bàn tại các hướng này như Bảng 4.

Có thể thấy, độ lệch la bàn tại các hướng đều giảm và chỉ còn nằm trong phạm vi nhỏ hơn 1 độ. Đồ thị so sánh giá trị số chỉ của la bàn trước và sau khi hiệu chỉnh trong thực nghiệm 2 được nêu trên Hình 11: So sánh độ lệch số chỉ la bàn (TN 2).

Thực nghiệm 3:

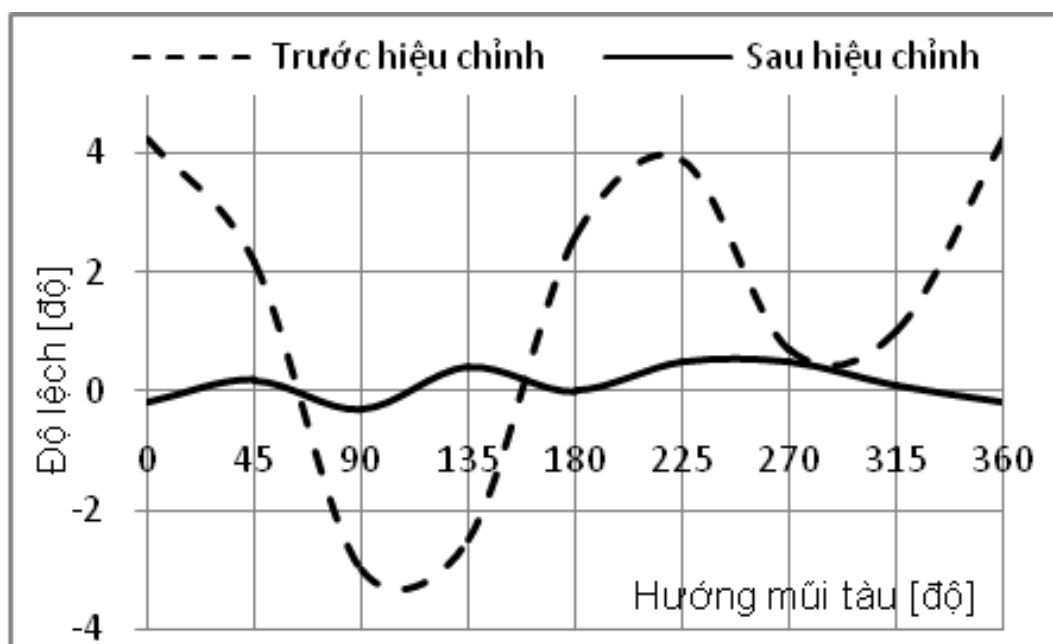
Trong các thực nghiệm 1 và 2, không có sự thay đổi nào về từ trường thứ cấp của con tàu mô hình bằng sắt. Để kiểm nghiệm hiệu quả làm việc của la bàn trong điều kiện từ trường khác (ví dụ một con tàu khác hay việc thay đổi kết cấu, từ tính của chính con tàu này), trong thực nghiệm 3, một số thanh sắt non được đưa vào thân tàu, gần với vị trí của la bàn. Các thanh sắt này sẽ làm thay đổi từ

tính của con tàu so với các thực nghiệm trước và dẫn đến độ lệch của la bàn sẽ khác đi ở các hướng chạy tàu khác nhau.

Sau khi đưa các thanh sắt non vào vị trí, tiến hành xoay mô hình tàu 360 độ và đọc số chỉ của la bàn tại các hướng chính. Kết quả như sau:

Bảng 5: Số chỉ la bàn tại các hướng đo trước hiệu chỉnh (TN 3)

Hướng	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Số chỉ la bàn [độ]	3	44.7	87.2	134.9	182.2	226.5	270.3	317.4



Hình 13: So sánh độ lệch số chỉ la bàn (TN 3)

Sau khi xác định được độ lệch tại các hướng chính, phụ, áp dụng công thức tính được các hệ số trong biểu thức độ lệch la bàn như sau: $A=0.78$, $B=-1.55$, $C=0.40$, $D=-0.28$ và $E=1.93$. Nhập các hệ số của biểu thức độ lệch la bàn vào phần mềm hiệu chỉnh, tiến hành quay mô hình tới các hướng chính, số chỉ của la bàn tại các hướng này như trong Bảng 6.

Bảng 6: Số chỉ la bàn tại các hướng đo sau khi đã hiệu chỉnh (TN 3)

Hướng	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Số chỉ la bàn [độ]	-0.2	45.18	89.7	135.4	180	225.5	270.5	315.1

Có thể thấy, độ lệch la bàn tại các hướng khi đo đều giảm và chỉ còn nằm trong phạm vi nhỏ hơn 1 độ. Đồ thị so sánh giá trị số chỉ của la bàn trước và sau khi hiệu chỉnh trong thực nghiệm 3 được thể hiện trên Hình 12.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

Kết quả thực nghiệm cho thấy la bàn từ kỹ thuật số có thể đảm bảo độ chính xác để sử dụng trên tàu thuyền nhỏ. Loại la bàn này có nhiều ưu điểm như sau:

- Có thể đưa các hệ số của phương trình khử độ lệch vào la bàn để la bàn tự hiệu chỉnh độ lệch, đưa ra hướng đúng.
- Có thể kết nối với GPS để tự hiệu chỉnh độ lệch địa từ tùy theo vị trí địa lý.
- Người dùng có thể tự hiệu chỉnh được thông qua sách hướng dẫn, không cần phải thuê chuyên gia khử độ lệch la bàn định kỳ.
- Dễ dàng kết nối với các thiết bị hàng hải khác.

2. Kiến nghị

Với những ưu điểm như vậy của la bàn từ kỹ thuật số, tác giả kiến nghị nhà trường đầu tư để tiếp tục nghiên cứu, triển khai áp dụng thử nghiệm trên một số tàu thuyền nhằm đánh giá khả năng sản xuất đại trà loại la bàn này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đậu Văn Sơn - *Giáo trình La bàn từ* - 2014
- [2] Nguyễn Công Vịnh, *Nghiên cứu chế tạo la bàn từ kỹ thuật số sử dụng cảm biến từ*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 44 – 11/2015
- [3] Nguyễn Công Vịnh, *Thực nghiệm hiệu chỉnh độ lệch la bàn từ kỹ thuật số*, Tạp chí Giao thông vận tải, số 2016
- [4] http://www.sbv.gov.vn/portal/faces/vi/pages/apph/tcnh/tcnh_chitiet;jsessionid=vTj4XHJMrdvP12d2dF7T9p1cvLgRZx2QysJSV1Rh19v9bBLN2vGD!22766815!-420487760?dDocName=SBVWEBAPP01SBV075695&dID=77873&_afLoop=13813642503719715&_afWindowMode=0&_afWindowId=null#%40%3FdID%3D77873%26_afWindowId%3Dnull%26_afLoop%3D13813642503719715%26dDocName%3DSBVWEBAPP01SBV075695%26_afWindowMode%3D0%26_adf.ctrl-state%3D128i8ocj47_37
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Fibre_optic_gyroscope
- [6] Magnetic Compasses Carriage and Performance Standards, IMO 1977
- [7] Performance Standards For Gyro-compasses, Resolution A.424 (XI), IMO, 1979
- [8] <http://bluelemonlabs.blogspot.com/2013/08/arduino-simple-compass-with-hmc5883l.html>
- [9] http://www.geomag.bgs.ac.uk/education/earthmag.html#_Toc2075556,