

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG CẢM BIẾN ĐO MỨC BẰNG SÓNG RADAR ĐỂ ĐO MỨC NHIÊN LIỆU TRÊN TÀU BIỂN

STUDY RADAR SENSOR TO MEASURE FUEL OIL LEVEL ON BOARD SHIP

TRẦN HỒNG HÀ*, NGUYỄN VĂN TIẾN, VŨ XUÂN HẬU

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: tranhongha@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Vấn đề giám sát nhiên liệu còn lại trên tàu khi tàu đang hành trình trên biển là công việc rất khó khăn đối với thuyền viên trên tàu cũng như các công ty tàu biển, do mức nhiên liệu trong các két rất khó để đo được chính xác trong điều kiện nghiêng lắc do sóng biển. Bài báo nghiên cứu phương pháp đo két bằng sóng Radar được thử nghiệm với các điều kiện nghiêng lắc khác nhau ở các cấp sóng được mô phỏng như thực tế. Mức nhiên liệu trong két được tính toán sử dụng thuật toán lọc Kalman để đưa ra mức nhiên liệu trong két được chính xác. Dữ liệu về lượng nhiên liệu được gửi về trung tâm giám sát bằng công nghệ IoT. Kết quả thực nghiệm cho thấy mức nhiên liệu trong két được dự báo chính xác ở các điều kiện nghiêng lắc khác nhau của két chứa nhiên liệu.

Từ khóa: Nhiên liệu, cảm biến Radar, tàu biển.

Abstract

To monitor the remained fuel on board when the ship running at sea is a very difficult work for the crew, as well as the shipping companies because the fuel level in the tanks is difficult to measure accurately in the oscillating condition due to sea waves. The article studies the method of measuring tanks by Radar tested with various shacking conditions. The fuel level in the tank is calculated using Kalman filter algorithm to give the correct fuel level in the tank. Fuel quantity data is sent to the monitoring center by IoT technology. Experimental results show that the fuel level in the tank is accurately measured at various shacking conditions of the fuel tank.

Keywords: Fuel oil, radar sensor, ship.

1. Mở đầu

Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đã thông qua Hệ thống thu thập dữ liệu dầu nhiên liệu (DCS) bắt buộc đối với vận chuyển quốc tế, yêu cầu các tàu có tổng trọng tải từ 5.000GT trở lên bắt đầu thu thập và báo

cáo dữ liệu với cơ sở dữ liệu IMO từ năm 2019 [1].

Điều đó đã được ủy ban bảo vệ môi trường biển của IMO (MEPC70) thông qua vào ngày 28/10/2016 như là sửa đổi cho Chương 4, Phụ lục VI của MARPOL, bổ sung quy định mới 22A về thu thập và báo cáo dữ liệu tiêu thụ dầu nhiên liệu của tàu và các phụ lục mới bao gồm thông tin được đệ trình lên Cơ sở dữ liệu tiêu thụ dầu nhiên liệu tàu biển của IMO. Các sửa đổi này có hiệu lực vào ngày 01/3/2018 [2].

Các tàu từ 5.000GT trở lên phải nộp báo cáo hàng năm về mức tiêu thụ nhiên liệu, quãng đường đã đi và số giờ đang thực hiện cho chính quyền của họ, theo phương pháp được nêu trong Phần II của kế hoạch giám sát hiệu quả năng lượng tàu (SEEMP). Hướng dẫn xây dựng SEEMP năm 2012 đã được sửa đổi cho phù hợp và hướng dẫn mới năm 2016 đã được thông qua tại MEPC (Nghị quyết MEPC.282 (70)). Dữ liệu tổng hợp sẽ được báo cáo cho Quốc gia treo cờ của tàu sau khi kết thúc mỗi năm, điều này sẽ cần xác minh rằng dữ liệu đã được báo cáo phù hợp với các yêu cầu trước khi ban hành chứng chỉ tuân thủ cho tàu. Các công ty sẽ gửi dữ liệu tổng hợp tới IMO [3]. Bảng dữ liệu tổng hợp (DCP) là một kế hoạch mô tả các chi tiết cụ thể của con tàu cũng như các qui trình được sử dụng để giám sát mức tiêu thụ nhiên liệu, số giờ đang thực hiện và quãng đường di chuyển. DCP được lập trong Phần II của kế hoạch quản lý hiệu quả năng lượng tàu (SEEMP) và phải có trên tàu. DCP bao gồm 9 phần: Các thông số của tàu; hồ sơ sửa đổi Kế hoạch thu thập dữ liệu tiêu thụ dầu nhiên liệu; Động cơ tàu thủy và các hệ tiêu thụ dầu nhiên liệu khác và các loại dầu nhiên liệu sử dụng; Hệ số phát thải; Phương pháp đo mức tiêu thụ dầu nhiên liệu; Phương pháp đo quãng đường đi được; Phương pháp đo giờ đang thực hiện. Các quy trình sẽ được sử dụng để báo cáo dữ liệu cho cơ quan quản lý chất lượng dữ liệu. Sau khi kết thúc giai đoạn giám sát (2018), các tàu từ 5.000GT trở lên phải lập báo cáo dữ liệu dầu nhiên liệu bằng cách sử dụng định dạng báo cáo dữ liệu chuẩn do IMO cung cấp.

Báo cáo dữ liệu nhiên liệu yêu cầu các yếu tố sau: Phương pháp được sử dụng để đo mức tiêu thụ nhiên liệu; Mức tiêu hao nhiên liệu cho từng loại nhiên liệu; Số giờ đang thực hiện và quãng đường đã đi; Công

suất đầu ra (các) động cơ phụ và công suất đẩy chính; Các thông tin khác như lớp băng (nếu có), EEDI, DWT, NT, GT, loại tàu, số IMO, ngày bắt đầu và kết thúc. Báo cáo dữ liệu về nhiên liệu sẽ được gửi cho Cơ quan quản lý hoặc bất kỳ tổ chức nào được quốc gia ủy quyền hợp pháp để xác minh.

Hiện nay đa số trên các tàu biển tại Việt Nam đều không có hệ thống giám sát lượng nhiên liệu còn lại trong các két một cách liên tục khi tàu đang hành trình trên biển, do khi tàu chạy luôn bị nghiêng lắc do sóng biển tác động. Để đo được chính xác mức nhiên liệu trong két là không thể thực hiện được đối với các dụng cụ đo thông thường. Vì vậy việc nghiên cứu hệ thống đo và giám sát liên tục lượng nhiên liệu trong các két theo thời gian thực của tàu là việc hết sức cần thiết, từ đó có thể theo dõi được lượng nhiên liệu tiêu thụ liên tục và phát hiện được những sự thay đổi bất thường về lượng nhiên liệu tiêu thụ nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nhiên liệu trên tàu.

2. Hệ thống đo và giám sát nhiên liệu

2.1. Cảm biến radar



Hình 1. Cảm biến radar FMR532

Bảng 1. Các thông số cảm biến radar

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Loại	FMR532	
Tên cảm biến	Micropilot S	
Tín hiệu ra	4-20 HART	mA
Ống đo	2000	mm

Cảm biến đo radar như trong Hình 1 của hãng Endress-Hauser được sử dụng trong thí nghiệm, cảm biến có các thông số như trong Bảng 1. Tín hiệu ra của cảm biến là tín hiệu dòng từ 4 ÷ 20 (mA). Ống dẫn hướng dài 2000mm. Cảm biến được lắp trên đỉnh két, két chứa hình trụ có chiều cao 1,0m, đường kính 0,8m. Két được làm bằng sắt có chứa nhiên liệu ở các mức khác nhau từ 0 ÷ 800 (mm).

Các xung radar phản xạ được nhận bởi ăng-ten và truyền vào thiết bị điện tử trong cảm biến. Bộ vi xử lý đánh giá tín hiệu và xác định mức đội âm phản xạ của

xung radar trên bề mặt chất lỏng. Việc nhận dạng tín hiệu rõ ràng được thực hiện bởi phần mềm PulseMaster® trong cảm biến. Khoảng cách "D" từ cảm biến đến bề mặt chất lỏng tỷ lệ với thời gian truyền "t" của sóng [4]:

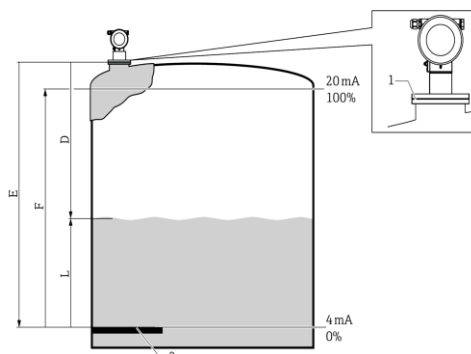
$$D = c \cdot t / 2 \quad (1)$$

Với "c" là tốc độ của sóng truyền.

Dựa trên khoảng cách trống đã biết "E", mức "L" được tính:

$$L = E - D \quad (2)$$

Độ ổn định của điểm tham chiếu "E" đối với phép đo có ảnh hưởng quyết định đến độ chính xác của phép đo, cảm biến có các chức năng để khử tiếng vọng nhiễu. Nó đảm bảo tiếng vọng nhiễu (từ các cạnh và đường hàn) không được nhận như tiếng vang mức. Trước khi đo cảm biến phải được hiệu chỉnh các thông số: nhập khoảng cách trống "E" (= không), mức cao nhất "F" (= khoảng cách) và một tham số ứng dụng. Tham số ứng dụng tự động điều chỉnh thiết bị với các điều kiện thực hiện. Các điểm đo "E" và "F" tương ứng với 4mA và 20mA tương ứng với 0% và 100% của thông số hiển thị.



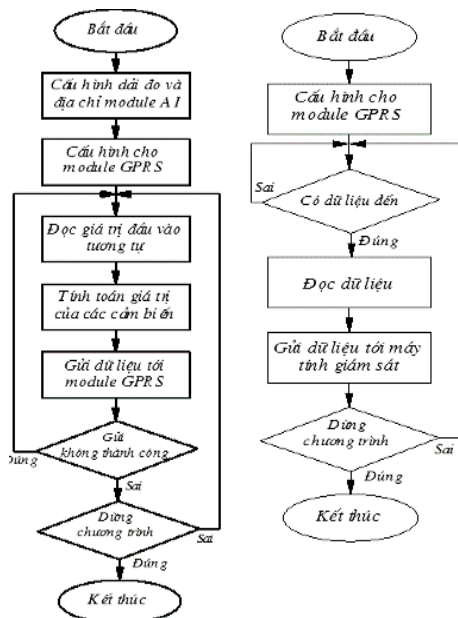
Hình 2. Vị trí lắp cảm biến radar trên két

- 1 Điểm đo tham chiếu (cạnh dưới của mặt bích hoặc két nối ren)
- 2 Điểm 0 mức (tầm tham chiếu của máy đo)
- E Hiệu chuẩn điểm không
- F Hiệu chuẩn mức cực đại (= span)
- D Khoảng cách đo được
- L Mức ($L = E - D$)

2.2. Thiết bị truyền dữ liệu bằng IoT

Hệ thống giám sát nhiên liệu trong két ứng dụng công nghệ IoT được thiết kế và chế tạo bao gồm: khối đo và phát dữ liệu, khối thu và phân tích dữ liệu, phần mềm giám sát và đo mức nhiên liệu trong két. Trong đó, hai khối đo và phát, thu và phân tích dữ liệu sử dụng PLC S7-1200 kết hợp với GPRS (General

Packet Radio Service) như trong Hình 3 để truyền dữ liệu qua Internet về máy chủ. Bộ dữ liệu gồm mức nhiên liệu được thu thập từ các hệ thống kỹ thuật sẽ được đóng gói lại dưới dạng các gói tin và được truyền đi qua mạng internet với tốc độ 144kbps. Sơ đồ luồng dữ liệu cho bộ thu và phát dữ liệu được mô tả như trên Hình 3. Bộ phát dữ liệu bắt đầu bằng việc cấu hình cho mô-đun AI (Analog Input) để nhận dữ liệu từ các cảm biến. Điện áp sử dụng có dải đo $0 \div 10$ (V) do vậy chúng ta cần cài đặt dải đo cho mô-đun AI là $0 \div 10$ (V), sử dụng 6 kênh vào AI0 đến AI5 tương ứng cho 6 kênh vào của cảm biến. Sau khi đã cấu hình cho mô-đun AI, chương trình sẽ cần phải cấu hình cho mô-đun GPRS để kết nối vào mạng và kết nối đến trạm PLC nhận. Việc cấu hình này được thực hiện trên phần mềm TIA portal.

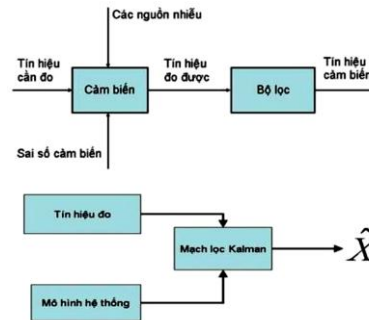


Hình 3. Sơ đồ thuật toán của bộ phát và thu

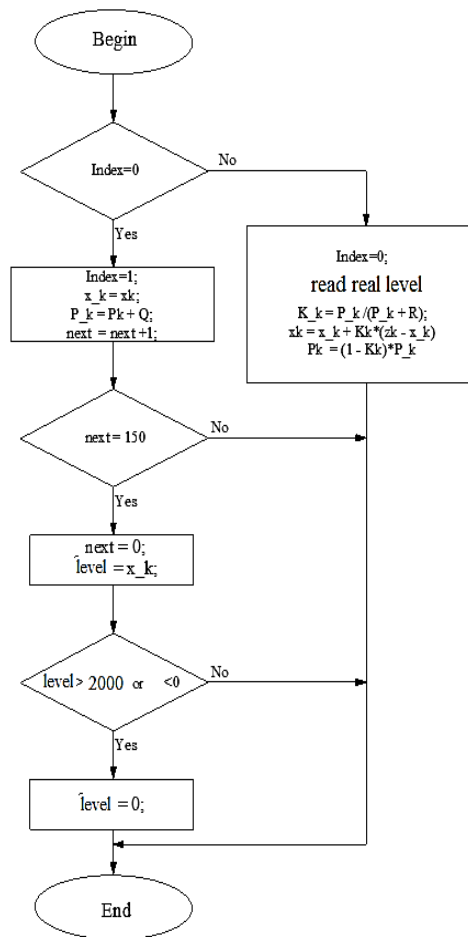
2.3. Cơ sở thuật toán lọc dữ liệu

Thuật toán lọc Kalman được sử dụng để lọc nhiễu khi mức nhiên liệu trong két thay đổi trong các điều kiện lác khác nhau. Bộ lọc Kalman đơn giản là thuật toán xử lý dữ liệu hồi quy tối ưu. Có nhiều cách xác định tối ưu, phụ thuộc tiêu chuẩn lựa chọn trình thông số đánh giá. Nó cho thấy rằng bộ lọc Kalman tối ưu đối với chi tiết cụ thể trong bất kỳ tiêu chuẩn có nghĩa nào. Một khía cạnh của sự tối ưu này là bộ lọc Kalman hợp nhất tất cả thông tin được cung cấp tới nó. Nó xử lý tất cả giá trị sẵn có, ngoại trừ độ sai số, ước lượng giá trị hiện thời của những giá trị quan tâm, với cách sử dụng hiểu biết động học thiết bị giá trị và hệ thống, Hình 4 mô tả số liệu thống kê của hệ thống nhiễu, gồm

nhiều ồn, nhiễu đo và sự không chắc chắn trong mô hình động học, và những thông tin bất kỳ về điều kiện ban đầu của giá trị quan tâm [5].



Hình 4. Mô hình đo lường ước lượng của bộ lọc Kalman [5]



Hình 5. Thuật toán của bộ lọc Kalman

Trong Hình 5, ở lưu đồ thuật toán khi nào xảy ra ngắt Timer 2 (10ms), bộ lọc Kalman được thực thi. Nếu không có ngắt Timer 2, chương trình chính bỏ qua và thực hiện lệnh trễ 100ms và cuối cùng thực

hiện chương trình con gửi gói NMEA0183. Khi khởi động chương trình ngắt Timer 2 (10ms), gán giá trị cho thanh ghi TCNT2=178. Mục đích của việc này là tạo bộ định thời ngắt Timer 2 10ms, vì tần số của Timer 2 là 7,813kHz khi thanh ghi TCNT2 liên tục tăng từ 178 đến 255 (10ms). Vì vậy cứ sau 10ms Timer 2 sẽ tạo ra một ngắt. Bên trong chương trình ngắt, tác giả sử dụng biến chỉ số để xác định khi nào là “Dự đoán” và khi nào là “Chính xác”. Nếu (index=0), hãy thực hiện quá trình “Cập nhật bộ hẹn giờ” cho Kalman. Đối với trường hợp này, viết index=1 (cho lần gián đoạn thử nghiệm tiếp theo) khi thực hiện quá trình này 150 lần (tiếp theo = 150) thì hãy tiếp tục để lấy giá trị mức nhiên liệu sau khi lọc Kalman và gán biên mức. Trong quá trình cập mức >2000 hoặc <0 có thể được hiệu chỉnh. Nếu một trong những trường hợp này xảy ra, gán mức = 0 (Vì mức nhiên liệu trong kết chỉ từ 0 đến 2000m).

Nếu index=1 thì chúng ta tiến hành thực hiện quá trình “Cập nhật số liệu” cho bộ lọc Kalman. Ở đây chúng ta viết index=0 để chương trình ngắt tiếp theo sẽ là “Timer update” Trong trường hợp này (index=1) câu lệnh đo giá trị từ mô-đun HMC5883 bằng một chương trình con, sau đó tính toán góc và gán nó đến biến zk. công thức). Thuật toán lập trình của Timer 2 ngắt như Hình 5.

Giải thuật gồm hai quá trình: Quá trình dự đoán và quá trình điều chỉnh [5].

a. Quá trình dự đoán

Bộ lọc Kalman dựa vào trạng thái ước lượng điều chỉnh $\hat{x}_{k|k}$: ước lượng của x_k để ước lượng trạng thái; $\hat{x}_{k+1|k}$: là ước lượng dự đoán của x_{k+1} của phép đo z^{k+1}

Trạng thái dự đoán

$$\hat{x}_{k+1|k} = F_k \hat{x}_{k|k} + G_k \cdot u_k \quad (3)$$

Hiệp ước phương sai dự đoán:

$$P_{k+1|k} = F_k P_{k|k} F_k^T + Q_k \quad (4)$$

Đo lường dự đoán:

$$\hat{z}_{k+1|k} = H_{k+1} \hat{x}_{k+1|k} \quad (5)$$

b. Quá trình điều chỉnh

Độ lệch đo lường

$$r_{k+1} = z_{k+1} - H_{k+1} \cdot \hat{x}_{k+1|k} \quad (6)$$

Hiệp phương sai độ lệch:

$$S_{k+1} = H_{k+1} P_{k+1|k} H_{k+1}^T + R_{k+1} \quad (7)$$

Độ lờ Kalman:

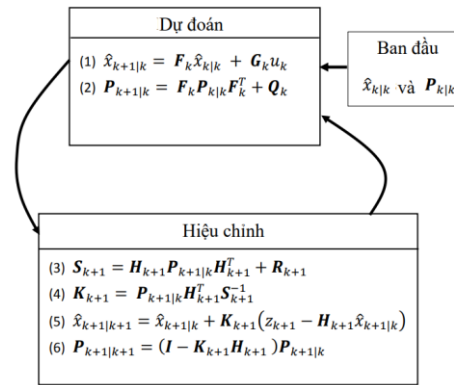
$$K_{k+1} = P_{k+1|k} H_{k+1}^T S_{k+1}^{-1} \quad (8)$$

Trạng thái ước lượng điều chỉnh:

$$\hat{x}_{k+1|k+1} = \hat{x}_{k+1|k} + K_{k+1} \cdot r_{k+1} \quad (9)$$

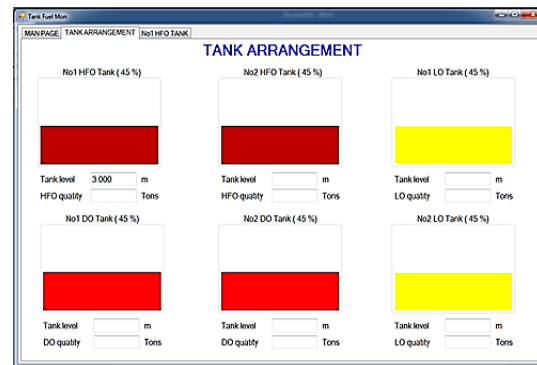
Hiệp phương sai ước lượng điều chỉnh:

$$P_{k+1|k+1} = (I - K_{k+1} H_{k+1}) P_{k+1|k} \quad (10)$$



Hình 6. Tóm tắt quá trình khởi tạo của Kalman [5]

2.4. Phần mềm đo và giám sát nhiên liệu trong két



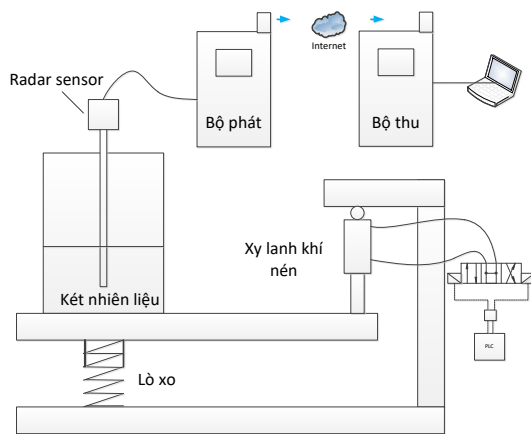
Hình 7. Giao diện phần mềm giám sát nhiên liệu trong két

Thiết bị đo radar được kết nối với phần cứng và được kết nối với PLC để gửi truyền thông tới máy tính giám sát, phần mềm hiển thị thông số của kết nhiên liệu như mức thực tế nhiên liệu trong két. Trọng lượng nhiên liệu có trong két được tính toán theo mức nhiên liệu được đo và tỷ trọng của nhiên liệu theo nhiệt độ trong két.

3. Thử nghiệm đo lượng nhiên liệu ở các điều kiện nghiêng lắc khác nhau

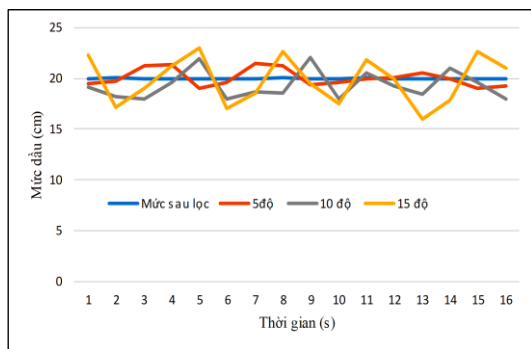
Hệ thống đo kết bằng cảm biến radar được bố trí như Hình 8. Kết nhiên liệu có thể tích là 200 lít. Nhiên liệu có tính chất như trong Bảng 2. Được cấp vào các mức khác nhau. Mỗi một mức được thử ở 3 điều kiện nghiêng lắc khác nhau với độ nghiêng so với trục thẳng đứng lần lượt là 5, 10, 15 độ.

Két được đặt trên bệ. Hệ thống truyền dữ liệu ứng dụng công nghệ IoT được sử dụng để gửi dữ liệu mức nhiên liệu về trung tâm giám sát theo thời gian thực như trong Hình 7. Mức nhiên liệu được thử nghiệm ở các mức khác nhau từ 20 ÷ 80 (cm).

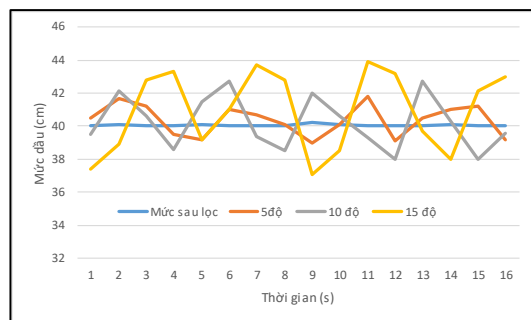


Hình 8. Hệ thống tạo nghiêng lắc bằng cơ khí
Bảng 2. Các thông số của nhiên liệu thí nghiệm

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Loại	MDO	
Tỷ trọng	853.1	Kg/m ³
Độ nhớt	4.567	Cst
Sulphur	0,041	%



Hình 9. Mức dầu được đo ở 20cm



Hình 10. Mức dầu được đo ở 40cm

Mức nhiên liệu trong két được đo ở trạng thái tĩnh là 20cm. Két được lắc trên bệ với các độ nghiêng khác nhau là 5, 10, 15 độ. Độ dao động mức so với mức thực cao nhất là 7,5% khi lắc 5 độ, 15,1% khi lắc 10 độ, 16,7% khi lắc ở 15 độ. Qua bộ lọc Kalman, mức nhiên liệu đo ổn định và duy trì ở mức 20cm, sai số phép đo là 0,25%.

Mức nhiên liệu trong két được đo tăng lên và được đo ở trạng thái tĩnh là 40cm. Két được lắc trên bệ với các độ nghiêng khác nhau là 5, 10, 15 độ. Độ dao động mức so với mức thực cao nhất là 3,9 % khi lắc 5 độ, 7,7% khi lắc 10 độ, 13,7% khi lắc ở 15 độ. Qua bộ lọc Kalman, mức nhiên liệu đo ổn định và duy trì ở mức 40cm, sai số phép đo là 0,5%.

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu hệ thống đo và giám sát mức nhiên liệu trong két ở các điều kiện nghiêng lắc khác nhau cho thấy: Ở các điều kiện nghiêng lắc khác nhau mức đo được chỉ báo chính xác với sai số 0,5% khi qua bộ lọc Kalman. Dữ liệu đo mức được truyền về trung tâm ứng dụng công nghệ IoT theo thời gian thực (cách 5s một) cho phép người khai thác tàu có thể cải thiện lượng nhiên liệu tiêu thụ, giúp tiết kiệm chi phí năng lượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] IMO, ANNEX 19 RESOLUTION MEPC. Vol. 203(62) Adopted on 15 July 2011.
- [2] Resolution mepc.293(71) (adopted on 7 July 2017) *Guidelines for the development and management of the imo ship fuel oil consumption database*, IMO solution, 2017.
- [3] Resolution mepc.282(70) (adopted on 28 October 2016) *Guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP)*, 2016.
- [4] Technical Information Micropilot S FMR532 Level-Radar.
- [5] Bùi Đình Cường, Nguyễn Khánh Hưng, *Tìm hiểu lý thuyết và các ứng dụng của bộ lọc Kalman*, Hà Nội, 2012.

Ngày nhận bài:	30/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	08/8/2021
Ngày duyệt đăng:	11/8/2021