

NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG GIÁM SÁT NHIÊN LIỆU TRÊN TÀU BIỂN ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ IoT

STUDY ON FUEL CONSUMPTION MONITORING SYSTEM USING IoT TECHNOLOGY FOR SEA-GOING VESSELS

TRẦN THỂ NAM*, TRẦN HỒNG HÀ, TRẦN THỊ LAN, TRẦN HỢP

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: thenam@vamaru.edu.vn

Tóm tắt

Việc đo nhiên liệu tiêu thụ trên tàu theo thời gian thực rất quan trọng vì nó giúp cho các công ty tàu biển có thể giám sát được lượng nhiên liệu tiêu thụ của từng tàu theo thời gian thực. Từ các dữ liệu về nhiên liệu thu thập được, công ty tàu biển có thể đánh giá được hiệu quả sử dụng năng lượng của tàu biển trong quá trình khai thác. Nhóm nghiên cứu đã thiết kế và chế tạo ra một hệ thống giám sát tiêu thụ nhiên liệu của động cơ diesel tàu biển theo thời gian thực. Hệ thống này được sử dụng công nghệ IoT để truyền dữ liệu liên tục từ tàu về trung tâm điều khiển. Động cơ diesel trên tàu biển được thử nghiệm ở các chế độ tải khác nhau từ 20-80% tải. Kết quả thí nghiệm cho thấy lượng nhiên liệu được đo chính xác và được truyền liên tục về trung tâm giám sát theo thời gian thực. Dựa vào các số liệu về nhiên liệu được thu thập liên tục sẽ giúp các công ty tàu biển có thể đánh giá được hiệu quả sử dụng năng lượng và phát hiện được những thay đổi bất thường của động cơ từ đó có biện pháp khắc phục và sửa chữa kịp thời để ngăn ngừa được những sự cố có thể xảy ra.

Từ khóa: Nhiên liệu, động cơ diesel, tàu biển.

Abstract

Measuring fuel consumption on board ship in real time is important because it helps shipping companies to monitor the fuel consumption of each ship. From the collected data, the shipping company can evaluate the energy efficiency of the ship in the operation. The research team has designed and built a monitoring system to monitor fuel consumption in the real time. This system is used IoT technology to transmit data continuously from the ship to the control center. A marine diesel engine was tested at various loads from 20-80%. Experiment results show that the amount of fuel was accurately measured and continuously

transmitted to the monitoring center in real time. Based on continuously collected data, it will help shipping companies to evaluate the energy efficiency and detect any abnormal condition of the engine from which to take remedial measures and timely repair to prevent possible troubles.

Keywords: Fuel oil, diesel engine, ship.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây Tổ chức Hàng hải quốc tế IMO đã có các qui định về sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu biển. Một trong các lý do đưa ra các qui định này là hạn chế nguồn ô nhiễm không khí từ tàu biển. Hệ thống quản lý về sử dụng năng lượng hiệu quả trên tàu SEEMP được áp dụng từ năm 2017 [1]. Công cụ của SEEMP được sử dụng để tính toán năng lượng, cụ thể là tính chỉ số EEOI trên tàu trong quá trình khai thác tàu, trong công thức tính chỉ số lượng nhiên liệu được tính toán và chuyển ra thành lượng CO₂ trên quãng đường và lượng hàng hóa chuyên chở của tàu, với mục đích đánh giá được hiệu quả năng lượng và mức độ ô nhiễm của tàu trong quá trình khai thác. Hiện nay đã có nhiều nghiên cứu về hệ thống đo và giám sát nhiên liệu trên tàu biển theo thời gian thực như hệ thống giám sát các thông số của tàu của hãng NAPA [2] là một hệ thống thông minh để giám sát các dữ liệu khai thác và hiệu quả hoạt động của tàu. Dữ liệu được thu thập từ nhiều thiết bị đo khác nhau, như từ các đồng hồ đo lưu lượng nhiên liệu, đồng hồ đo mô-men xoắn/lực đẩy, hệ thống tự động, hệ thống hàng hải hoặc dịch vụ dự báo thời tiết. Trên tàu nghiên cứu Simrad Echo [3] của Na Uy do Kongsberg sở hữu và vận hành, nó đã được trang bị hệ thống Internet of Things (IoT). Đây là một trong những tàu hoạt động đầu tiên sử dụng giải pháp IoT trong ngành hàng hải để truyền dữ liệu từ xa, hệ thống này được sử dụng để cải thiện hoạt động của tàu thông qua việc giám sát và phân tích dữ liệu theo thời gian thực. Công ty KVH và Kongsberg Digital đã lắp đặt ăng ten KVAT Watch VSAT trên tàu để kết nối IoT, cung cấp cơ sở hạ tầng tích hợp kết nối IoT và dữ liệu trên tàu. Simrad Echo hiện tại vẫn đang tiếp tục

hoạt động bình thường nằm trong dự án thí điểm IoT trong ngành hàng hải. Trong đó con tàu sẽ sử dụng Kognifai Vessel Insight để giám sát các hệ thống chính và phụ trên tàu, giúp đảm bảo hiệu quả khai thác tàu. Kongsberg Mapping Cloud sẽ chuyển dữ liệu có độ phân giải cao từ tàu tới bờ theo thời gian thực để các chuyên gia trên bờ có thể phân tích dữ liệu và tối ưu hóa hoạt động của tàu. Hệ thống quản lý năng lượng Mega-Guard (EMS) của Praxis Automation Technology [4] giống như một bộ não quản lý toàn bộ hệ thống động lực của Mega-Guard. EMS cho phép lựa chọn nguồn năng lượng điện tự động cho cả hai trường hợp sử dụng điện toàn bộ, hoạt động nối tiếp với động cơ diesel và hoạt động song song. Hệ thống EMS điều khiển công suất tối đa cấp tới động cơ điện lai chân vịt, nó cũng bảo vệ bộ lưu trữ năng lượng điện và máy phát điện một chiều không bị quá tải. Ngoài ra, Mega-Guard EMS còn kiểm soát năng lượng điện được sạc của bộ lưu trữ năng lượng điện sử dụng máy phát điện một chiều hoặc bằng điện cấp từ bờ. Mega-Guard EMS kết nối thông với các hệ thống khác thông qua mạng Ethernet. Do vậy việc nghiên cứu hệ thống giám sát nhiên liệu từ xa ứng dụng IoT là vấn đề cấp thiết hiện nay, các công ty tàu biển có thể giám sát được nhiên liệu tiêu thụ một cách liên tục và có những biện pháp kỹ thuật kịp thời để nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng của tàu biển.

2. Hệ thống đo và giám sát nhiên liệu

2.1. Lựa chọn đối tượng thí nghiệm đo nhiên liệu

Động cơ diesel lắp trong phòng thí nghiệm của Khoa Máy tàu biển được lựa chọn để đo và giám sát nhiên liệu từ xa. Động cơ có các thông số kỹ thuật như trong Bảng 1. Động cơ một đầu lai chân vịt biến bước thông qua ly hợp, một đầu lai phanh thủy lực. Phanh thủy lực được sử dụng để điều chỉnh tải của động cơ chạy ở các chế độ tải khác nhau, tải tăng theo bậc và ổn định. Động cơ sử dụng cả dầu nặng HFO và dầu nhẹ DO.



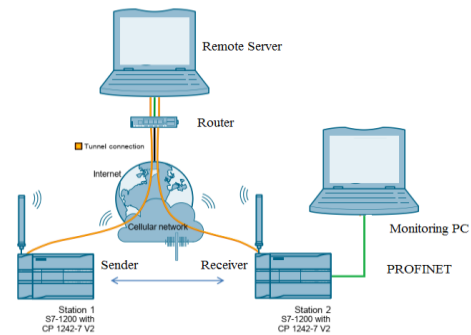
Hình 1. Động cơ diesel 6NNVD26-2A

Bảng 1. Các thông số của động cơ diesel

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Loại động cơ	6NVD26-2A	
Công suất	300	HP
Số xy lanh	6	
Vòng quay	750	v/ph

2.2. Xây dựng hệ thống truyền dữ liệu ứng dụng công nghệ IoT

Hệ thống truyền dữ liệu ứng dụng công nghệ IoT bao gồm: khối đo và phát dữ liệu, khối thu và phân tích dữ liệu, phần mềm giám sát và phân tích lượng nhiên liệu tiêu thụ của động cơ diesel ở các chế độ tải khác nhau.



Hình 2. Cấu trúc hệ thống gửi, nhận sử dụng GPRS

Hệ thống bao gồm một trạm phát, một trạm thu, một máy chủ trung gian (Remote Server) để truyền nhận dữ liệu và một máy tính giám sát (monitoring PC) cài đặt phần mềm giám sát và quản lý hệ thống.

Trạm phát và trạm thu sử dụng hai PLC dòng S7-1200 là CPU 1214 và 2 module GPRS CP 1247-7. Hai module CP 1247-7 được kết nối vào mạng sử dụng giao thức GPRS và kết nối tới hệ thống mạng Internet. Một máy chủ trung gian với địa chỉ IP (Internet Protocol) tĩnh cũng được thiết lập với các Port mở sẵn để sẵn sàng nhận các truy vấn của các trạm S7-1200.

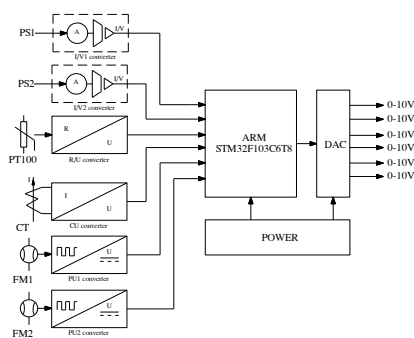
Khi trạm phát muốn gửi dữ liệu đến trạm thu, trạm phát sẽ thực hiện việc truy vấn đến Remote Server. Sau khi được chấp nhận, trạm phát sẽ gửi gói dữ liệu lên Remote Server. Với trạm thu, định kỳ sau một khoảng thời gian thì trạm thu sẽ gửi đến Remote Server một truy vấn để hỏi có dữ liệu mới hay không. Nếu có thì yêu cầu Remote Server gửi dữ liệu đến trạm thu.

Sau khi nhận được dữ liệu mới, trạm thu sẽ gửi dữ liệu qua cổng PROFINET tới máy tính giám sát. Trên máy tính giám sát một phần mềm được cài đặt sẵn sẽ xử lý dữ liệu nhận được để đưa lên giao diện và thực

hiện các thuật toán quản lý toàn diện toàn bộ hệ thống.

Các thành phần chính của module bao gồm:

- PS1 (Pressure sensor): Cảm biến áp suất khí nén, đầu ra 4-20mA.
- PS2 (Pressure sensor): Cảm biến áp suất khí nén, đầu ra 4-20mA.
- PT100: Cảm biến đo nhiệt độ khí nén.
- CT (current transformer): Biến dòng, phục vụ đo công suất nhóm thiết bị tiêu thụ năng lượng điện.
- FM1, FM2: Cảm biến đo lượng nhiên liệu tiêu thụ, đầu ra cảm biến là số tần số.
- I/V converter: Mạch chuyển đổi dòng thành áp phục vụ đo lường.
- R/U: Mạch chuyển đổi giá trị điện trở của cảm biến nhiệt PT100 thành điện áp.
- CU: Mạch chuyển đổi giá trị dòng điện từ biến dòng thành điện áp một chiều để phục vụ thuật toán đo dòng.
- PU1, PU2: Bộ biến đổi đầu ra xung của cảm biến lưu lượng thành điện áp.
- ARM STM32F103C8T6: Bộ vi điều khiển xử lý trung tâm của module vào ra.
- DAC (Digital Analog Converter): Bộ biến đổi thành tương tự 0-10V đưa tới PLC (Programable Logic Controller) thu.



Hình 3. Sơ đồ khối module đầu vào/ra

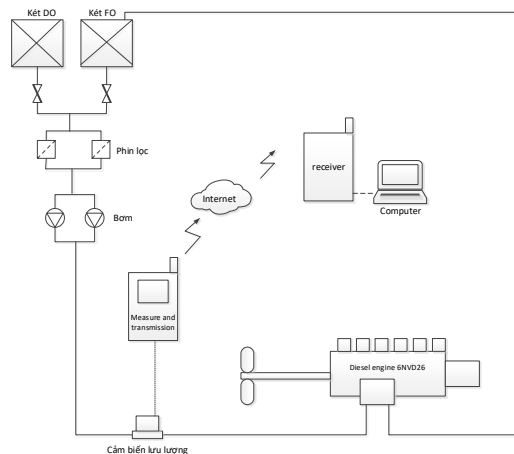
Nguyên lý hoạt động của mạch vào/ra:

Mạch có vai trò biến đổi các giá trị đầu ra khác nhau của các cảm biến thành các điện áp tỉ lệ (0 đến 10V) để đưa đến bộ PLC của đầu phát. Để thực hiện được chức năng đó thì module sử dụng các mạch biến đổi các giá trị dòng, xung ra từ các cảm biến thành điện áp một chiều 0-3,3V rồi đưa tới vi điều khiển ARM STM32F103C8T6. Vi điều khiển sẽ xử lý các giá trị nhận được rồi tính toán ra lượng giá trị vật lý (nhiệt độ, áp suất, dòng điện) tại đầu vào của cảm biến rồi gửi tới PLC thu. Giữa vi điều khiển và PLC không có chung một giao thức kết nối do vậy phải sử dụng

các đầu vào tương tự của PLC để nhận dữ liệu của vi điều khiển gửi đến. Bộ vi điều khiển sẽ phải chuyển đổi các biên độ giá trị vật lý thành điện áp 0 đến 10V nhờ một bộ DAC. Phương án này giúp cho quá trình xử lý trên PLC được đơn giản hơn và tận dụng được các đầu vào tương tự của PLC.

2.3. Xây dựng hệ thống đo và giám sát nhiên liệu

Hệ thống thí nghiệm được xây dựng như trong Hình 4. Nhiên liệu tiêu thụ của động cơ diesel 6NVD26-2A được đo bằng các lưu lượng kế đặt ở đường cấp và đường nhiên liệu hồi về của động cơ. Lưu lượng kế truyền tín hiệu đo về máy tính và giám sát lưu lượng của máy theo thời gian thực. Quá trình thử nghiệm được thực hiện ở các chế độ tải của động cơ khác nhau từ 0-80% tải. Tải được tăng theo bậc và trong khoảng thời gian 15 phút để máy chạy ổn định ở một chế độ tải và để các phép đo của dụng cụ đo được chính xác và ổn định. Tải được đo bằng phanh thủy lực, tải này được duy trì ở mỗi chế độ đo và trong một thời gian nhất định.



Hình 4. Sơ đồ luồng dữ liệu của bộ phát và thu

Bảng 2. Các thông số của lưu lượng kế

Tham số	Giá trị	Đơn vị
Cảm biến	Coriolis	
Dải đo	0-700	kg/h
Áp lực cho phép	0-3	atm
Nhiệt độ hoạt động	0-300	°C

Cảm biến được lắp trên đường nhiên liệu cấp từ kết trực nhật tới động cơ diesel là loại cảm biến đo theo nguyên lý Coriolis có thông số như Bảng 2, lưu lượng nhiên liệu được đo được tính toán ra thành lưu lượng khối lượng.

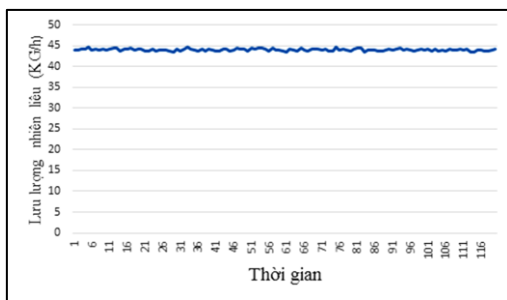
Hệ thống đo và giám sát bao gồm các sensor đo.

3. Kết quả và thảo luận

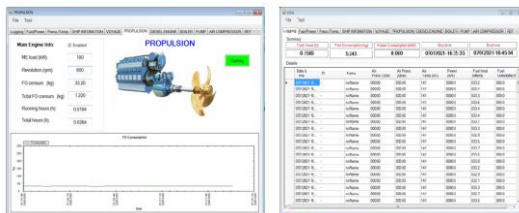


Hình 5. Sơ đồ đo các thông số làm việc của máy nén khí

Hệ thống đo và thu thập lượng nhiên liệu qua phần mềm giám sát, lượng nhiên liệu được đo ở các chế độ tải khác nhau từ 20-80% tải của động cơ diesel. Mỗi lần đo được thực hiện 10 phút.



Hình 6. Lượng nhiên liệu ở 80% tải theo thời gian

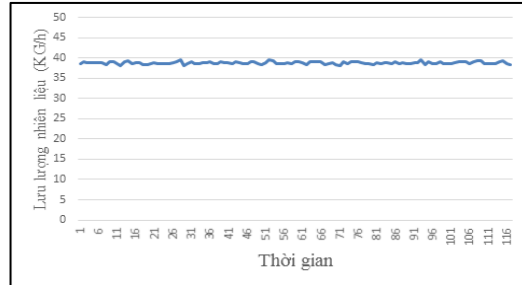


Hình 7. Lượng nhiên liệu ở 80% tải theo thời gian thực

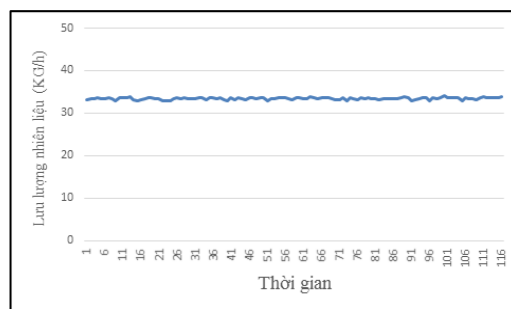
Động cơ chạy ở 80% tải tương ứng với công suất của động cơ là 240kW, lưu lượng của động cơ được đo theo thời gian thực. Gói dữ liệu được gửi về trung tâm 5s/lần tổng số 116 lần gửi dữ liệu về tương ứng với 580s. Lượng nhiên liệu tiêu thụ trung bình là 45 kg/h. Do động cơ chạy ở chế độ tải ổn định ở chế độ vòng quay là 600 v/ph nên lượng nhiên liệu tiêu thụ gần như không đổi qua thời gian đo.

Động cơ chạy ở 70% tải tương ứng với công suất của động cơ là 210kW, lưu lượng của động cơ được đo theo thời gian thực. Gói dữ liệu được gửi về trung tâm 5s/lần tổng số 116 lần gửi dữ liệu về tương ứng

với 580s. Lượng nhiên liệu tiêu thụ trung bình là 39kg/h. Do động cơ chạy ở chế độ tải ổn định ở chế độ vòng quay là 600v/ph nên lượng nhiên liệu tiêu thụ gần như không đổi qua thời gian đo.

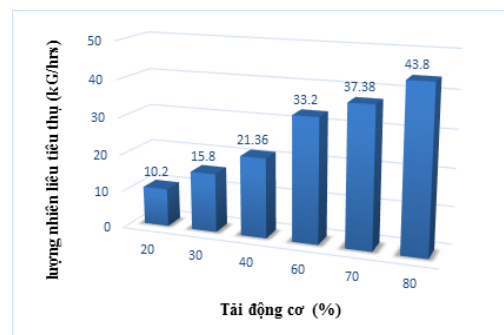


Hình 8. Lượng nhiên liệu ở 70% tải theo thời gian



Hình 9. Lượng nhiên liệu ở 60% tải theo thời gian

Động cơ chạy ở 60% tải tương ứng với công suất của động cơ là 180kW, lưu lượng của động cơ được đo theo thời gian thực. Gói dữ liệu được gửi về trung tâm 5s/lần tổng số 116 lần gửi dữ liệu về tương ứng với 580s. Lượng nhiên liệu tiêu thụ trung bình là 33 kg/h. Do động cơ chạy ở chế độ tải ổn định ở chế độ vòng quay là 600v/ph nên lượng nhiên liệu tiêu thụ gần như không đổi qua thời gian đo.



Hình 10. Lượng nhiên liệu ở 60% tải theo thời gian thực

Động cơ được duy trì chạy ổn định ở 80% tải tương ứng với công suất phát ra của động cơ là 240kW, thời gian đo được thực hiện trong 10 phút bằng lưu lượng kế. Động cơ chạy bằng nhiên liệu nhẹ với tỷ trọng

0,860kg/m³. Nhiệt độ đầu vào được duy trì ở 40°C. Lưu lượng thể tích được tính ra lưu lượng khối lượng là kg/h. Lượng nhiên liệu tiêu thụ 43,8kg/hrs. Trong 10 phút động cơ tiêu thụ 7,3kg/hrs.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu hệ thống đo và giám sát lượng nhiên liệu tiêu thụ của động cơ diesel theo thời gian thực cho thấy:

Việc ứng dụng công nghệ IoT để giám sát lượng nhiên liệu của động cơ diesel theo thời gian thực (cách 5s truyền về một lần) cho phép người khai thác tàu có thể theo dõi trạng thái của động cơ ở các chế độ tải khác nhau từ đó lập kế hoạch bảo dưỡng, sửa chữa và cải thiện hiệu suất của động cơ, giúp giảm tiêu thụ nhiên liệu, tiết kiệm chi phí năng lượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Guidance for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP), Annex 19, MEPC 59/24/Add.1. IMO resolution.
- [2] A Complete Cloud-Based IoT Solution for Ship Performance Analysis and Optimization DanelecConnect-Danelec-NAPA-brochure.
- [3] Henric Lassesson, Karin E Andersson, *Energy efficiency in shipping - Review and evaluation of the state of knowledge*, Göteborg, Sweden, 2009.
- [4] Energy Management System, Praxis Automation Technology, The Netherlands.

Ngày nhận bài:	30/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	02/8/2021
Ngày duyệt đăng:	17/8/2021