

Thiết kế hệ thống quản lý năng lượng lưới điện siêu nhỏ trên tàu tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo

■ **ThS. NGUYỄN THANH VÂN^(*); PGS. TS. ĐINH ANH TUẤN; ThS. NGUYỄN VĂN HÙNG**

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: ^(*)vannta.ddt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Trong ngành GTVT, năng lượng xanh trên tàu thủy đang được nghiên cứu và triển khai rộng rãi trên các tàu du lịch và tàu chở khách. Do đó, các công ty đóng tàu đang hướng tới giảm phát thải khí nhà kính bằng cách giảm sử dụng nguồn truyền thống trong mạng lưới điện biển cũng như phát triển các nguồn năng lượng tái tạo tích hợp vào hệ thống điện. Bài báo đề xuất mô hình tích hợp các nguồn năng lượng gió, mặt trời, hệ thống lưu trữ và hệ thống điện trên tàu thủy, từ đó đánh giá ảnh hưởng, ưu điểm và nhược điểm của nguồn công suất này đối với mô hình tàu tại Việt Nam.

TỪ KHÓA: Hệ thống quản lý năng lượng, tối ưu hóa hệ thống, lưới điện siêu nhỏ trên tàu, tàu điện e-Hybrid.

ABSTRACT: In the transportation industry, green energy on ships is widely researched and deployed on cruise and passenger ships. Therefore, shipbuilding companies aim to reduce greenhouse gas emissions by reducing traditional sources in the marine power network and developing renewable energy sources integrated into the power system. This article proposes a model incorporating wind and solar energy sources, storage systems and electrical systems on ships. From there, this power source's impact, advantages and disadvantages on ship models in Vietnam will be evaluated.

KEYWORDS: Energy management system, system optimization, shipboard microgrid, E-hybrid power ship.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vận tải đường thủy hiện nay là một trong những phương thức vận chuyển quan trọng nhất đối với thương mại toàn cầu khoảng 90%. Tuy nhiên, ngành vận tải biển cũng đang đóng góp chính vào lượng khí thải nhà kính toàn cầu GHG và chiếm khoảng 3% tổng lượng phát thải trên toàn thế giới [1]. Các tàu gần như chắc chắn thải ra oxit lưu huỳnh (SOx), oxit nitơ (NOx) và các chất rắn dạng hạt (PM) cũng là những tác nhân gây ô nhiễm không khí. Vì

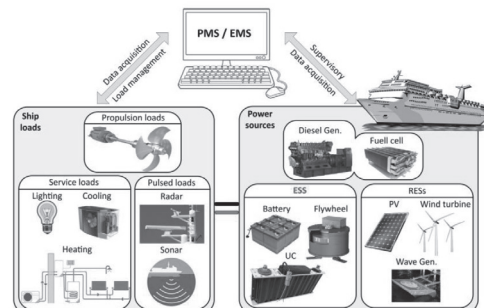
vậy, Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đã đưa ra các quy định nghiêm ngặt như chỉ số thiết kế hiệu quả năng lượng (EDDI) và kế hoạch quản lý hiệu quả năng lượng tàu (SEEMP) để cố gắng giảm mức phát thải khí nhà kính từ các tàu thông thường [2]. Sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo giúp cho ngành công nghiệp hàng hải giảm thiểu tác động đến biến đổi và ô nhiễm môi trường. Các nguồn năng lượng này có thể tăng tính linh hoạt trong việc phân bổ năng lượng giữa các nguồn năng lượng lai, giúp tàu vận hành hiệu quả và ổn định. Trong nghiên cứu [3] đề xuất một đánh giá toàn diện các bộ điều khiển phi tuyến có thể kiểm soát hiệu quả của các phụ tải công suất không đổi trong hệ thống điện tàu DC. Ngoài ra, một số công nghệ lưu trữ năng lượng và cải thiện chất lượng điện năng, tối ưu hóa thiết kế và quản lý hệ thống điện trên tàu biển hiện nay cũng đóng góp vào việc tiết kiệm chi phí vận hành và phát thải [4].

Trong bài báo này, nhóm tác giả xây dựng một mô hình lưới điện trên tàu thủy có tích hợp nguồn năng lượng tái tạo pin mặt trời và hệ thống lưu trữ năng lượng. Nghiên cứu đánh giá hiệu quả và tính ổn định của hệ thống tại Việt Nam.

Bài báo được sắp xếp theo thứ tự sau: Mục 2 trình bày cơ sở lý thuyết tính toán và đề xuất cấu trúc hệ thống Mục 3 thực hiện mô phỏng trên phần mềm Matlab và kết luận trong Mục 4.

2. CẤU TRÚC HỆ THỐNG SHIPBOARD MICROGRID (SMG)

2.1. Đề xuất cấu trúc hệ thống



Hình 2.1: Cấu trúc hệ thống SMG tích hợp RES

Hình 2.1 mô tả tổng quan hệ thống MG trên tàu thủy tích hợp EMS và nguồn năng lượng tái tạo [5]. Hệ thống nguồn trên tàu là hệ thống nguồn năng lượng lai như máy

phát điện truyền thống và các nguồn năng lượng tái tạo (pin mặt trời, tuabin gió, năng lượng sóng biển), pin nhiên liệu hoặc bánh đà, siêu tụ điện. Phụ tải trên tàu là những phụ tải có công suất lớn, có các đặc tính động lực học cao, tính tuần hoàn, tính không chắc chắn và phụ thuộc vào môi trường.

2.2. Mô hình pin mặt trời (PV panel)

Hệ thống pin bao gồm nhiều tấm pin mặt trời hấp thụ ánh sáng mặt trời và chuyển đổi thành điện năng. Công suất của hệ thống phụ thuộc vào bức xạ mặt trời. Việc phát điện mặt trời tại thời điểm i , thời điểm t có thể mô hình hóa theo như sau [6]:

$$P_{PV}(i, t) = \eta_m \eta_{conv} S_m G_t(i, t) (1 - \beta_i (T_c(i, t) - T_r)) \quad (1)$$

Trong đó: S_m - Diện tích bề mặt tấm pin mặt trời (m^2); η_m - Hiệu suất mô-đun, η_{conv} - Hiệu suất chuyển đổi năng lượng, T_r - Nhiệt độ tham chiếu của pin mặt trời, β_i - Hệ số nhiệt, G_t - Bức xạ bình thường ở điều kiện thử nghiệm tiêu chuẩn (W/m^2), T_c - Nhiệt độ pin mặt trời.

Tại ngày thứ i , thời điểm t năng lượng cung cấp sẽ được tính theo công thức sau:

$$E_{PV}(i, t) = P_{PV}(i, t) \cdot \Delta t \quad (2)$$

2.3. Mô hình tuabin gió (SWT)

Công suất của tuabin gió phụ thuộc vào vận tốc gió và khả năng hoạt động của máy phát điện. Vì vậy, công suất đầu ra cơ học có thể trích xuất của SWT có thể được biểu thị bằng [7]:

$$P_{WD} = 0,5 \rho V_{WD}^3 A_b C_p(\lambda, \beta) \quad (3)$$

Trong đó: ρ , V_{WD} , A_b và C_p - Lần lượt là mật độ không khí, tốc độ gió ngẫu nhiên, diện tích quét của cánh quạt và hệ số công suất. Tốc độ thay đổi công suất phát điện gió của trạm được xem xét có thể được biểu diễn như dưới đây:

$$P_{SWT} = \begin{cases} 0, & V_{SWT} < V_{cut-in} \parallel V_{SWT} > V_{cut-out} \\ P_{rated} & V_{rated} \leq V_{WD} \leq V_{cut-out} \\ (0,001312V_{SWT}^6 - 0,04603V_{SWT}^5 + 0,3314V_{SWT}^4 + 3,687V_{SWT}^3 - 51,1V_{WD}^2 + 2,33V_{WD} + 366), & else \end{cases} \quad (4)$$

Trong đó: V_{cut-in} - Tốc độ tua-bin gió phát điện; $V_{cut-out}$ - Tốc độ tuabin gió ngừng phát; V_{rated} - Tốc độ bình thường của gió.

2.4. Mô hình Maritime bio-diesel generator (MBG)

Việc phát điện từ bộ MBG dựa trên hiệu suất cao tương tự như máy phát điện diesel thông thường. Tuy nhiên, các đặc tính chất lượng không khí tích cực, không độc hại, có thể phân hủy sinh học. Mô hình tuyến tính hóa của MBG có thể được thể hiện như sau [7]:

$$\Delta u_{MBG} = U(s) - (R^{-1} \times \Delta F) \quad (5)$$

$$\Delta P_{VR} = \Delta u_{MBG} - (R^{-1} \times \Delta F) \quad (6)$$

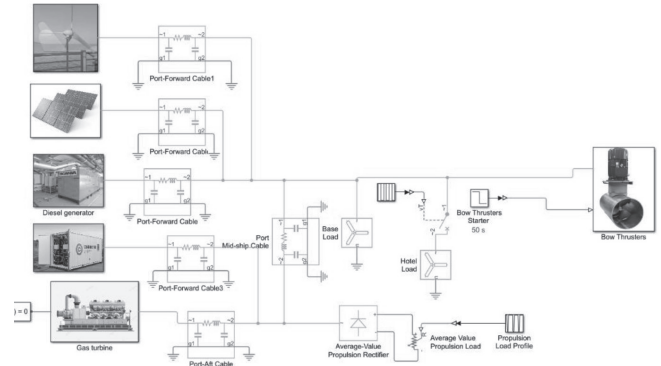
$$\Delta P_{GCE} = \Delta P_{VR} * \left(\frac{K_{VR}}{T_{VR}s + 1} \right) \quad (7)$$

$$\Delta P_{MBG} = \Delta P_{GCE} * \left(\frac{K_{CE}}{T_{CE}s + 1} \right) \quad (8)$$

Trong đó: Δu_{MBG} - Sai số đầu vào của máy phát.

2.5. Xây dựng hệ thống trên Matlab

Sau khi có mô hình các thành phần trong hệ thống Microgrid trên tàu, nhóm tác giả tiến hành xây dựng trên phần mềm Matlab như Hình 2.2.



Hình 2.2: Cấu trúc hệ thống SMG trên Matlab

3. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG

a) Xây dựng kịch bản thử nghiệm

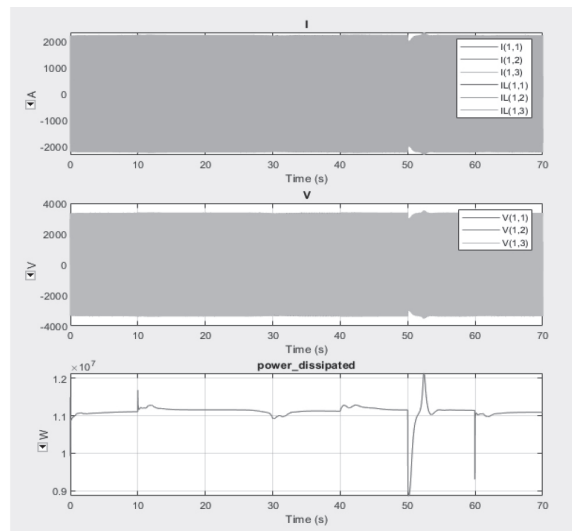
Để mô phỏng hệ thống trên phần mềm Matlab, nhóm tác giả có một số giả thiết về hệ thống như sau:

Bảng 3.1. Thông số các thành phần trong hệ thống

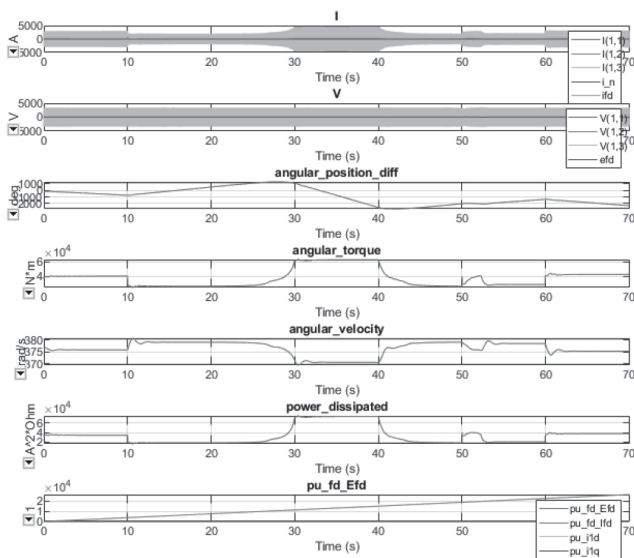
STT	Tên thiết bị	Thông số
1	Gas Turbine	30 MVA
2	Diesel Generator	5 MVA
3	Base Load	11,5 MVA
4	PV	0,3 MW
5	Hotel Load	6 MVA
6	Average-Value Propulsion Rectifier	20 MVA
7	Quirrel Cage Bow Thrusters	1 MVA
8	Wind Turbine	0,5 MW

b) Kết quả

Đầu tiên, nhóm tác giả mô phỏng các tải cơ bản trên tàu luôn được kết nối với cấp nguồn liên tục. Các đặc trưng về công suất, điện áp và dòng điện thể hiện trên Hình 3.1.

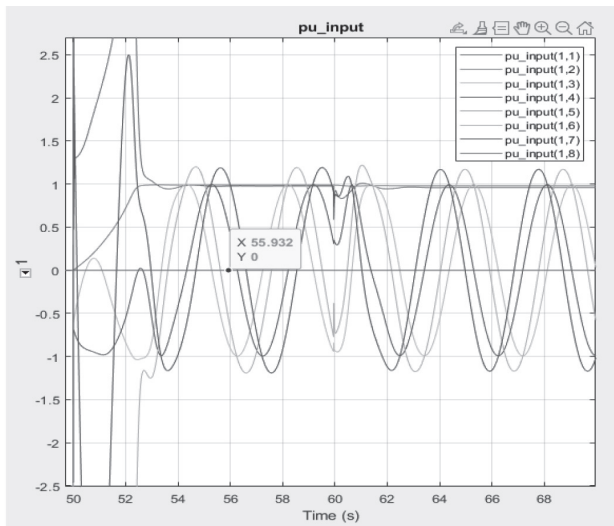


Hình 3.1: Thông số điện áp, công suất, dòng điện tải



Hình 3.2: Thông số đầu ra của pin mặt trời

Trong nghiên cứu này, công suất pin mặt trời chịu ảnh hưởng của bức xạ mặt trời và hệ số che mờ bóng mây. Ngoài ra, độ bám bắt trên bề mặt tấm pin cũng chịu tác động một phần. Trong thử nghiệm, nhóm có xét hệ số ảnh hưởng thể hiện trong Hình 3.2.



Hình 3.3: Điện áp của hệ thống sau khi có các nguồn tái tạo

Trong Hình 3.3 thể hiện điện áp của hệ thống sau khi các nguồn tái tạo hòa vào lưới điện. Từ kết quả trên cho thấy nguồn tái tạo tham gia với lượng công suất nhỏ đã tiết kiệm nhiên liệu và chi phí vận hành trên tàu thủy. Tuy nhiên, nếu mô hình năng lượng này tham gia với số lượng lớn sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến công suất huy động của tàu do tính bất ổn định của hệ thống.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng được mô hình hệ thống điện trên tàu thủy tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo. Đánh giá được trình bày trong bài báo này nhấn mạnh sự đa dạng của các yếu tố có thể có cho lưới điện siêu nhỏ trên tàu thủy: Nguồn năng lượng tái tạo (tấm quang điện mặt trời

và tua-bin gió), giải pháp lưu trữ, thu năng lượng từ cần cầu, nguồn cung cấp điện cho ủi lạnh, tải trọng bến cảng (container lạnh, cần cầu, nhà kho, hệ thống chiếu sáng...). Kết quả cho thấy mô hình này có thể ứng dụng cho hệ thống tàu du lịch và tàu nhỏ ở Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.58.

Tài liệu tham khảo

- [1]. R. T. Poulsen and H. Johnson (2016), *The logic of business vs. the logic of energy management practice: Understanding the choices and effects of energy consumption monitoring systems in shipping companies*, J. Clean. Prod., vol.112, pp.3785-3797, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.032>.
- [2]. IMO (2016), *Train the trainer (TTT) course on energy efficient ship operation*, London, UK: International Maritime Organization, Module 2 - Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines.
- [3]. S. Wen, H. Lan, Y.-Y. Hong, D. C. Yu, L. Zhang and P. Cheng (2016), *Allocation of ESS by interval optimization method considering impact of ship swinging on hybrid PV/diesel ship power system*, Appl. Energy, vol.175, pp.158-167, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.003>.
- [4]. A. Roy, F. Auger, J. Olivier, E. Schae and B. Auvity (2020), *Microgrids in Harbor Areas: A Review*, Energies, pp.1-24.
- [5]. E. Nivolianiti, Y. L. Karnavas and J.-F. Charpentier (2024), *Energy management of shipboard microgrids integrating energy storage systems: A review*, Renew. Sustain. Energy Rev., vol.189, p.114012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114012>.
- [6]. M. N. Quoc and H. N. Van (2024), *Research and Evaluate the Impact of Electric Vehicle Integration in Microgrid on Bach Long Vy Island, Vietnam*, in 2024 Third International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T), pp.43-48. doi: 10.1109/ICPC2T60072.2024.10474643.
- [7]. A. Latif, S. M. S. Hussain, D. C. Das and T. S. Ustun (2021), *Double stage controller optimization for load frequency stabilization in hybrid wind-ocean wave energy based maritime microgrid system*, Appl. Energy, vol.282, p.116171, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116171>.

Ngày nhận bài: 05/02/2024

Ngày nhận bài sửa: 28/3/2024

Ngày chấp nhận đăng: 16/4/2024