

Nghiên cứu và thiết kế hệ thống mô phỏng trạm phát điện tàu thủy

Research and design ship's power plant simulation system

Đào Minh Quân, Đinh Anh Tuấn
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
e-Mail: quandhhh@yahoo.com.vn

Tóm tắt

Theo quy định của IMO đến năm 2017 bắt buộc phải có định biên thợ điện hoặc sỹ quan kỹ thuật điện làm việc dưới tàu, do vậy việc nghiên cứu xây dựng trạm phát điện mô phỏng tàu thủy với đề xuất hệ truyền động điện Động cơ – Máy phát thay thế cho các tổ hợp diesel lai máy phát điện, và mô hình hệ thống trạm phát sẽ là các giáo cụ, thiết bị dạy và học trực quan trong việc giảng dạy thợ điện hoặc sỹ quan điện. Ngoài ra đây là mô hình góp phần giúp sinh viên ngành điện hiểu hơn về hệ thống truyền động này.

Từ khóa: trạm phát điện, hòa đồng bộ, động cơ điện

Abstract:

Under the provisions of IMO, there must have electrician or Electro-Technical-Officer working on ship from 2017. It is very important to study and design shippower simulation which use replacement of AC motor-Generator drive for an available Diesel-Generator (DG) drive system. And this replacement model is a necessary virtual instrument in teaching and training for electricians or electrical officers. In addition, it helps major students understand operation and knowledge about this system.

Keywords: power plant, synchronizing, motor

Ký hiệu

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
P	Kw	Công suất tác dụng
U	V	Điện áp
I	A	Dòng điện
f	Hz	Tần số

Chữ viết tắt

DG	Diesel-Generator
IMO	International Maritime Organization
PMS	Power Management System
PLC	Programmable Logic Controller
HMI	Human Machine Interface

1. Phần mở đầu

Ngày nay các hệ thống điện năng trên tàu thủy không ngừng được phát triển và hoàn thiện, nguồn năng lượng được lấy từ trạm phát điện từ đó thông qua bảng điện chính phân phối tới các bảng điện phụ hoặc các phụ tải lớn. Các máy phát điện thông thường được lai bởi các diesel, gọi là các tổ hợp diesel lai máy phát điện [1, 2, 3, 5]. Việc thực tập đối với học viên ngành điện tàu thủy trên hệ tổ hợp diesel – máy phát thì rất cần thiết, tuy nhiên hệ này có kinh phí lớn và cần nguồn nhiên liệu dầu để chạy thường xuyên. Do đó, các tác giả đề xuất giải pháp sử dụng động cơ điện

không đồng bộ ba pha làm động cơ sơ cấp để lai máy phát, tức là xây dựng hệ truyền động điện Động cơ – Máy phát thay thế cho các tổ hợp diesel lai máy phát điện, điều đó sẽ góp phần giúp sinh viên ngành điện tàu thủy hiểu hơn về hệ thống truyền động này. Ngoài ra, yếu tố có tính thời sự đó là đến năm 2017 theo yêu cầu của IMO bắt buộc phải có thợ điện hoặc sỹ quan kỹ thuật điện làm việc dưới tàu, do vậy việc đào tạo thợ điện hoặc sỹ quan kỹ thuật điện hiện nay là vấn đề cấp thiết để đáp ứng cho nhu cầu làm việc trong nước và quốc tế. Như vậy việc xây dựng trạm phát điện mô phỏng, thiết bị dạy và học trực quan trong việc đào tạo thợ điện hoặc sỹ quan điện là một nhu cầu cấp thiết và có tính thời sự.

Hiện nay trên thế giới đã có một số hãng chế tạo ra trạm phát điện mô phỏng để sử dụng cho đào tạo phổ biến với hai loại sau: loại thứ nhất là các hệ thống mô phỏng hoàn toàn bằng đồ họa trên cơ sở máy vi tính, có thể mô phỏng được các chức năng của trạm phát điện nhưng lại thiếu sự tương tác thực và khả năng vận hành thực tế cho người học trong huấn luyện. Loại thứ hai là các hệ thống mô phỏng bằng cả bảng mô hình vật lý với ưu điểm trực quan cao và khả năng thao tác vận hành tốt nhưng vẫn còn hạn chế trong các tình huống đặc biệt, hạn chế trong khả năng chủ động mở rộng các chức năng khác cho hệ và một yếu điểm tương đối quan trọng của các hệ thống này là giá thành thiết bị vẫn còn rất cao [8]. Ở nước ta thì chưa có công trình nào nghiên cứu, chế tạo thiết bị này chỉ để đáp ứng được nhu cầu đào tạo trong ngành điện tự động tàu thủy, mà trang bị thiết bị thực hành thì được cấp thông qua các dự án tài trợ không hoàn lại như dự án Jica của chính phủ Nhật bản. Tuy nhiên, số lượng có hạn nên chưa đáp ứng đủ cho nhu cầu của học viên. Do vậy, các tác giả Nghiên cứu và thiết kế hệ thống mô phỏng trạm phát điện tàu thủy với các điều kiện phù hợp với yêu cầu thực tập, thực hành và thí nghiệm [6, 7, 8].

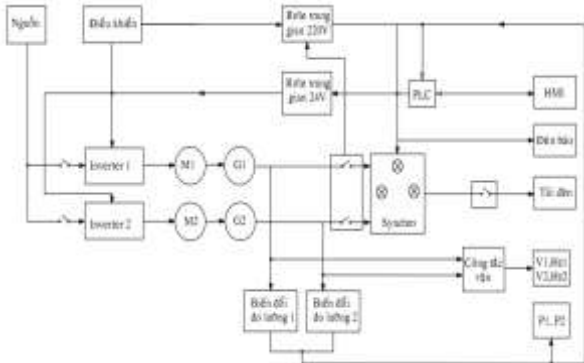
2. Nội dung chính

2.1 Những yêu cầu đối với hệ thống mô phỏng trạm phát điện tàu thủy

Sau khi khảo sát thực trạng các phòng thực nghiệm Khoa Điện Điện tử, trường Đại học Hàng hải VN, nhóm tác giả đề xuất trạm phát điện mô phỏng gồm có hai tổ hợp động cơ không đồng bộ lai máy phát điện. Hai động cơ điện 3 pha này được cung cấp điện từ lưới điện quốc gia và để mô phỏng thay thế cho động cơ diesel ở trạm phát tàu thủy thật. Trong hệ sử dụng công nghệ biến tần điều chỉnh tốc độ của các động cơ (như điều khiển tăng giảm nhiên liệu vào động cơ diesel). Để điều khiển 2 tổ hợp này trong

trạm phát sử dụng bảng điện chính gồm 3 bảng điều khiển trong đó có 2 bảng dành cho máy phát thực hiện điều khiển 2 hệ động cơ lai máy phát và một bảng điện quản lý nguồn. Các đại lượng dòng điện, điện áp, tần số, công suất của hai máy sẽ được các bộ đo dòng điện, điện áp, tần số, chuyển đổi sang tín hiệu chuẩn 4÷20mA để đưa tới đầu vào PLC. Sơ đồ khối của hệ thống trạm phát điện mô phỏng thể hiện trên H. 1, trên đó có các phần tử như sau:

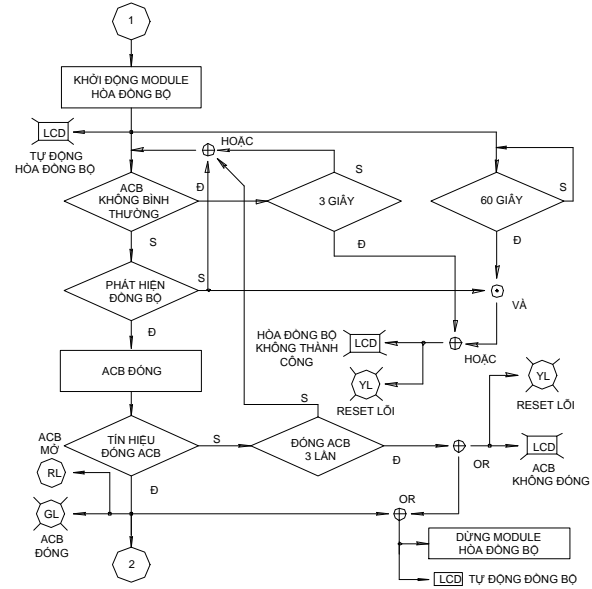
- Nguồn cấp cho biến tần và hệ thống điều khiển: 3 phases 380V, 50 Hz.
- Các bộ biến tần cho động cơ số 1 và số 2: Inverter 1, inverter 2
- Động cơ 1 và 2: M1, M2.
- Máy phát 1 và 2: G1, G2.
- Synchro: bộ hòa đồng bộ.
- Bus: nguồn chính cấp cho tải;
- Hệ thống aptomat;
- Transformer 220/24: nguồn cấp cho các thiết bị HMI, PLC, rơle ...
- PLC: bộ điều khiển khả trình.
- Rơ le trung gian: làm nhiệm vụ đóng ngắt trung gian.
- HMI: màn hình giao diện tương tác người máy, hiển thị các thông số hệ thống và cài đặt.
- Tải: là các bóng đèn có công suất lớn và động cơ.
- Biến đổi đo lường: biến đổi các tín hiệu từ bus sang tín hiệu dòng và áp để hiển thị tại vôn kế (V), oát kế (P), ampe kế (A)...



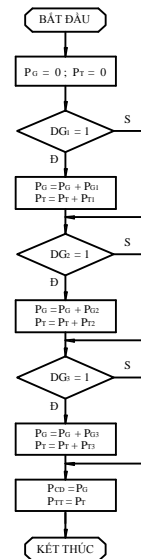
H. 1 Sơ đồ khối hệ trạm phát điện mô phỏng

Việc xây dựng hệ thống trạm phát điện mô phỏng đòi hỏi phải tổng hợp rất nhiều các thuật toán cho từng chức năng cụ thể. Vì khuôn khổ báo cáo hạn, xin chỉ giới thiệu một vài thuật toán sau: Thuật toán hòa đồng bộ tự động, thuật toán xác định công suất ở trên H. 2, 3. Khi máy phát đã đủ các điều kiện cho việc hòa đồng bộ thì chương trình hòa đồng bộ tự động sẽ được kích hoạt. Màn hình hiển thị sẽ báo trạng thái và kiểm tra thời điểm hòa. Nếu sau 60s mà không thể xác định được thời điểm hòa thì sẽ báo động aptomat không được đóng lên lưới bằng đèn đỏ và báo trên màn hình HMI, dừng quá trình hòa đồng bộ. Nếu phát hiện được thời điểm hòa thì PLC sẽ phát lệnh đóng aptomat lên lưới, sau đó sẽ kiểm tra trạng thái của aptomat, nếu như chưa đóng thì sẽ lặp lại quá trình trên và hòa trong 3 lần. Nếu sau 3 lần phát lệnh đóng aptomat mà không thành thì sẽ báo động, tiếp đó là

dừng quá trình hòa đồng bộ. Nếu aptomat đã đóng lên lưới thì đèn tín hiệu sẽ chỉ báo và kết thúc quá trình hòa đồng bộ.



H. 2 Thuật toán hòa đồng bộ tự động



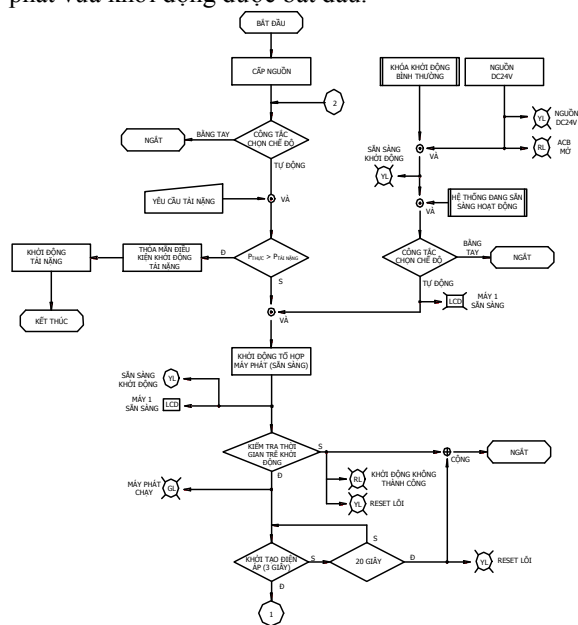
H. 3 Lưu đồ thuật toán xác định công suất tức thời của tải và công suất cực đại tức thời của trạm phát

Khởi động thuật toán thì có hai biến để tính giá trị tức thời của tải và công suất cực đại của trạm phát, lúc đầu hai biến này được đặt giá trị bằng 0. Tiếp đó PLC sẽ kiểm tra trạng thái của từng máy phát, nếu máy phát đó đang làm việc thì công suất cực đại tức thời của trạm sẽ được tăng thêm một giá trị bằng với công suất định mức của máy phát, còn công suất tức thời của tải sẽ được cộng thêm một giá trị được lấy từ tín hiệu công suất thông qua modul tương tự. Cứ như vậy PLC sẽ kiểm tra từng máy phát, từ máy phát đầu tiên tới máy phát cuối cùng. Khi kiểm tra tới hết máy phát cuối cùng thì giá trị của hai biến sẽ được lưu trong hai biến dùng để lưu giữ hai giá trị này.

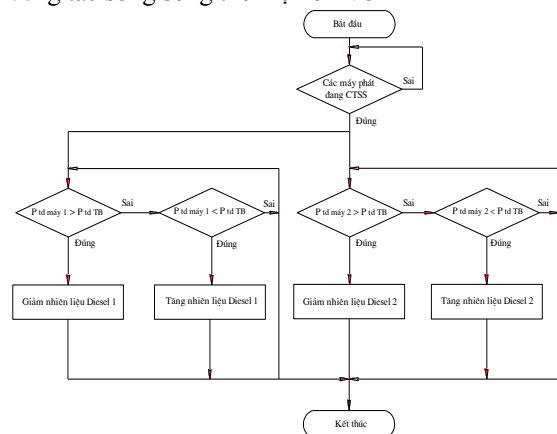
Nếu ta không dùng hai biến để lưu giá trị này thì qua mỗi vòng quét giá trị này sẽ thay đổi khiến cho tất cả các giá trị giám sát sẽ bị thay đổi. Nếu ta không kiểm soát được thuật toán thì khi vòng quét thứ 2 được bắt

đầu nó sẽ tiếp tục cộng thêm giá trị cho hai biến này mặc dù giá trị thực tế không hề thay đổi.

Thuật toán điều khiển tải nặng hình H.4: Khi hệ thống được cấp nguồn, công tắc chọn chế độ điều khiển của điều khiển tải nặng ở chế độ tự động và có yêu cầu khởi động của động cơ tải nặng thì PLC sẽ kiểm tra công suất của trạm phát tại thời điểm hiện tại. Nếu công suất dự trữ của trạm lớn hơn công suất cho phép khởi động động cơ tải nặng thì PLC sẽ gửi tín hiệu cho phép tải nặng được khởi động. Nếu công suất của trạm phát không đủ thì sẽ khởi động máy phát đang ở trạng thái standby và hòa vào lưới. Nếu có máy phát đang ở trạng thái standby thì PLC sẽ gửi tín hiệu khởi động diesel đó. Khi có tín hiệu tăng điện áp của máy phát vừa khởi động tức là máy phát đã được khởi động thành công thì quá trình hòa đồng bộ cho máy phát vừa khởi động được bắt đầu.



H. 4 Lưu đồ thuật toán chương trình khống chế tải nặng Thuật toán phân chia tải tác dụng cho các máy phát công tác song song thể hiện ở H. 5



H. 5 Thuật toán phân chia tải tác dụng cho các máy phát công tác song song

2.2. Thiết kế hệ động cơ điện lai máy phát điện giả lập cho hệ diesel – máy phát

Như đã trình bày ở trên hệ thống trạm phát điện mô phỏng sử dụng hai tổ hợp động cơ lai máy phát điện

giống hệt nhau. Việc lựa chọn tổ hợp biến tần động cơ, máy phát phải đảm bảo thực hiện được các thuật toán điều khiển trạm phát điện. Tuy nhiên, cũng cần lưu ý đến yếu tố hiệu quả sử dụng nguồn năng lượng. Nên tổng công suất của trạm phát được chọn khoảng 6kw. Từ đó, chọn tổ hợp động cơ điện sơ cấp lai máy phát điện có công suất 4kw được lắp bằng phương pháp đồng trục tức là trục khớp nối được lắp cứng bằng then chốt. Hệ động cơ lai máy phát sau khi lắp đặt có hình dạng thể hiện như trên H. 6.



H. 6 Hệ Động cơ lai máy phát

Thông số động cơ lai:

- Kiểu 3KB112M4, 3 pha
 - Tần số: 50 Hz
 - Công suất: 4Kw
 - Hiệu suất: 0,84%
 - Điện áp - Dòng điện ở chế độ Δ/Y: 220V/ 380V-14,9A/8,6A
 - Cấp cách điện: F
 - Trọng lượng: 41Kg
- Thông số máy phát:
- Công suất: 4Kw
 - Tần số: 50Hz
 - Tốc độ 1500Vg/ph
 - Loại 3 pha
 - Trọng lượng: 57 Kg
 - Điện áp: 380V
 - I = 6,1 A
 - cos φ = 0,8
 - **Hiệu suất η = 0,8**

Một vấn đề nữa giả lập việc điều khiển thay đổi tần số ra của các máy phát và phân chia tải tác dụng, và dựa vào các thông số động cơ ở trên, thì các tác giả lựa chọn sử dụng biến tần SV040IG5A-4 để cài đặt thay đổi tần số cấp vào động cơ lai.

2.3. Thiết kế các bảng điều khiển

Các bảng điều khiển được thiết kế và xây dựng có 2 bảng máy phát và 01 bảng hòa đồng bộ như H. 8 với lựa chọn tính toán thiết bị như sau (bảng 1) [2, 5]:

Các thiết bị điều khiển:

- Contactor K_1, K_2 : 240VAC, 13A, 3.5 KW.
- Rơ le: 24V DC, 5A – 240VAC.
- RBL_1, RBL_2, RBL_3 : Rơle không chế mất điện.
- K_1, K_2 : Công tắc tơ chính cấp nguồn từ máy phát số 1, 2 lên lưới.
- Nút ấn có đèn: điện áp là 220VAC, 24VDC.
- Nút ấn khởi động/ dừng động cơ lai số 1, 2.
- Bộ chuyên mạch ON-OFF: 440VAC–15A.
- Các thiết bị bảo vệ:
- Các aptomat cấp nguồn cho các phụ tải: Q5÷Q10.
- Aptomat Q11 (3 pha và 2 cực). Cầu chì: F1÷F17.
- Aptomat cấp nguồn cho biến tần Q1, Q2.

- Aptomat cấp nguồn cho mạch điều khiển Q3, Q4.
- Cầu chì bảo vệ cho mạch điều khiển F3, F4.
- EOCR1, EOCR 2: Role nhiệt bảo vệ cho máy phát số 1, 2. SW1: Công tắc lựa chọn chế độ HAND/AUTO.
- Các thiết bị đo lường và chuyển đổi:
- Ampe kế dùng để đo dòng điện của máy phát số 1, 2: A_1, A_2 (dải đo từ 0÷200 A).
- Vôn kế của máy phát số 1, 2 để đo điện áp các pha của máy phát và điện áp lưới: V_1, V_2 .
- Đồng hồ đo công suất máy phát 1, 2: P_1, P_2 .
- Tần số kế dùng để đo tần số của máy phát số 1, 2 và của lưới: Hz_1, Hz_2 (15÷65Hz).
- Transmitter P, I, U, f: các bộ chuyển đổi tín hiệu công suất, dòng điện, điện áp, tần số sang tín hiệu 4÷20mA gửi tới PLC.
- Bộ chuyển đổi dòng điện (Transmister I).
- Bộ chuyển đổi tần số (Transmister F).
- Bộ chỉ thị và chuyển đổi công suất.
- Thiết bị chỉ báo công suất.
- Bộ rơ le công suất ngược (RPR).



H. 7 Mặt ngoài và thiết bị của các bảng điều khiển

Mô hình các bảng điều khiển với các thiết bị phần cứng được chế tạo thành công như trên H. 7, còn phần mềm cho trạm phát điện mô phỏng tàu thủy được lập trình theo các thuật toán của từng chức năng, để nạp vào bộ PLC đảm bảo yêu cầu cũng như quá trình giả lập thực nghiệm thực hành giống như quá trình khai thác vận hành dưới tàu thủy.

Các tổ hợp diesel máy phát trong trạm phát điện tàu thủy thường có công suất tương đương nhau và nhỏ nên nó được xem là nguồn mềm trong hệ năng lượng do đó tốc độ quay của diesel ảnh hưởng trực tiếp tần số và điện áp của lưới điện tàu thủy từ đó khi thực hiện việc thay thế hệ động cơ điện lai máy phát giả lập nhóm tác giả đã đưa các sự ảnh hưởng nêu trên của động cơ diesel vào mô phỏng hoạt động trong hệ thống.

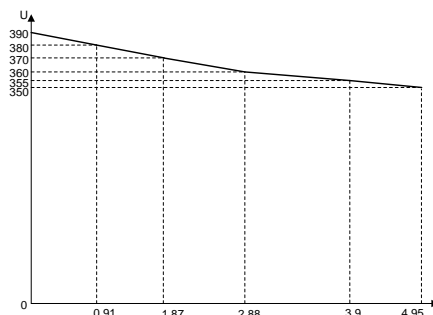
2.4. Thực nghiệm

Thực nghiệm để xây dựng đặc tính ngoài của máy phát: đặc tính ngoài của máy phát là mối quan hệ giữa điện áp (U), và dòng phần ứng (I) khi tốc độ và dòng kích từ không đổi. Để xây dựng đặc tính ngoài của máy phát ta thay đổi tải với các giá trị 0,91; 1,87;

2,88; 3,9; 4,95 (A), ta đo được các giá trị điện áp 380, 370, 360, 355, 350 (V) tương ứng như bảng 1, từ đó xây dựng được đặc tính như H. 9. Trong quá trình thao tác đo đặc đảm bảo tốc độ và dòng kích từ không đổi, tải trong quá trình đo đặc là tải thuần trở. Đặc tính cơ của diesel và động cơ không đồng bộ tuy có sự khác nhau nhưng không nhiều, do đó không ảnh hưởng đến đặc tính của trạm phát điện.

Bảng 1. Bảng đo thông số máy phát

STT	Tải	I (A)	U (V)	Cos ϕ
1	Thuần trở	0,91	380	1
2	Thuần trở	1,87	370	1
3	Thuần trở	2,88	360	1
4	Thuần trở	3,9	355	1
5	Thuần trở	4,95	350	1



H. 8 Đồ thị đặc tính ngoài của máy phát

Ngoài ra, mô hình hệ thống trạm phát điện còn cho phép thực nghiệm kiểm tra hoạt động trong các chế độ làm việc khác nhau của trạm điện... Các tình huống đặc biệt nhất là mất điện toàn tàu - “blackout”, công suất ngược... Đã được nhóm tác giả kiểm nghiệm hoạt động tốt theo quy phạm của Đăng kiểm Việt Nam. Điểm hữu dụng cho hướng nghiên cứu tiếp theo đó là hệ thống có khả năng mở rộng thêm các tổ hợp giả lập DG, TG, SG... cũng như các cụm bảng điều khiển cho các tổ hợp trên thông qua các giao diện ghép nối chuẩn mà nhóm tác giả đã thiết kế dự phòng [4]. Trong khi đó các hệ do nước ngoài sản xuất thì có thể can thiệp vào phần cứng nhưng lại không can thiệp được vào phần mềm (đóng gói thương mại) do đó rất khó tiếp cận để mở rộng thêm... Các kết quả nghiên cứu cho phép ta đánh giá và làm cơ sở khoa học cho các vấn đề nghiên cứu sau:

Xây dựng các đặc tính của động cơ sơ cấp truyền động cho máy phát điện và phân tích tính chất động học của diesel/động cơ lai sử dụng trong nghiên cứu, thiết kế bộ điều tốc/cài đặt biến tần;

Xây dựng các đặc tính của của máy phát điện từ đó cho phép phân tích tính chất động học của tổ hợp kích từ/máy phát phục vụ cho nghiên cứu, thiết kế bộ tự động điều chỉnh điện áp;

Thực nghiệm các tình huống bảo vệ, các phản ứng của hệ thống trạm phát với các yếu tố thay đổi của tải làm nền tảng cho thiết kế các hệ thống bảo vệ, tự động hóa trạm phát như hòa đồng bộ tự động, phân chia tải tự động và hệ thống quản lý nguồn (PMS).

3. Kết luận

Hệ thống mô phỏng trạm phát điện tàu thủy đã được thiết kế và chế tạo thành công, trong đó có sử dụng các thuật toán, thỏa mãn các yêu cầu đề lập trình điều khiển hoạt động các thiết bị trong hệ năng lượng điện tàu thủy thật, đáp ứng nhu cầu của học viên và đã được kiểm chứng bằng các bài thực hành trong đào tạo, phù hợp với chương trình học điện tàu thủy và điều kiện phòng thực tập, thực hành, thí nghiệm.

Động cơ diesel được giả lập bằng động cơ điện không đồng bộ ba pha thì việc phân bố tải tác dụng cũng như thay đổi tần số ra của các máy phát được thực hiện dễ dàng hơn bởi các tác giả dùng các biến tần để mô phỏng. Ngoài ra yếu tố kinh tế được quan tâm với việc điều khiển hoàn toàn bằng điện thì tiết kiệm hơn so với động cơ diesel chạy nhiên liệu dầu. Thiết kế công nghiệp thì có thẩm mỹ đảm bảo quy phạm Đăng kiểm, với kết cấu của toàn hệ thống rất gọn gàng, vận chuyển và lắp đặt dễ dàng, thì hệ thống có thể trở thành sản phẩm thương mại trên thị trường giáo dục.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bùi Thanh Sơn. *Trạm phát điện tàu thủy*. Nhà xuất bản Hải Phòng, 2000.
- [2] Đào Minh Quân, *Hệ thống mô phỏng trạm phát điện tàu thủy*, Tạp chí công nghệ hàng hải, số 39, năm 2015.
- [3] Đào Minh Quân, Bùi Văn Dũng. *Khai thác và lắp đặt các hệ thống điện tàu thủy*. Nhà xuất bản Hàng hải, 2015.
- [4] Đào Minh Quân, Đinh Anh Tuấn “*Mạng truyền thông công nghiệp – tàu thủy*” Nhà xuất bản Hàng hải, 2015.
- [5] Thân Ngọc Hoàn, TS. Nguyễn Tiến Ban, *Trạm phát và lưới điện tàu thủy*, Nhà xuất bản Khoa Học Và Kỹ Thuật Hà Nội, 2008.
- [6] Lê Quốc Tiên, *Thiết kế hệ thống mô phỏng bảng điện chính tàu thủy phục vụ công tác đào tạo của Trường Đại học hàng hải VN*, Tạp chí giao thông vận tải, số 12 năm 2014.
- [7] Unitest Marine Training Software, 1997.
- [8] JICA, *Dự án nâng cao chất lượng đào tạo huấn luyện đại học hàng hải VN*, Hải phòng, 2001-2004.

Biography



Đào Minh Quân sinh năm 1976. Nhận bằng Kỹ sư Điện tàu thủy năm 1999 và bằng thạc sỹ về Tự động điện của trường Đại học Hàng hải (VMU) năm 2004. Từ năm 2001 đến 2006 là giảng viên của Bộ môn Hệ thống tự động, VMU.

Nhận bằng Tiến sỹ về Trạm năng lượng tàu thủy của Học viện Hàng hải Quốc gia Odessa (Odessa National Maritime Academy), Ukraina năm 2011.

Hiện là Trưởng Bộ môn điện tự động tàu thủy, nghiên cứu viên của Đại học Hàng hải Việt Nam. Hướng nghiên cứu chính là Trạm phát điện tàu thủy, các hệ

thống truyền động điện tàu thủy.



TS. Đinh Anh Tuấn

Sinh năm: 1978

Học đại học: Trường Đại học Hàng Hải Việt Nam

Chuyên ngành: Điện tàu thủy

Nghiên cứu sinh: Đại học Bách khoa Hà Nội

Chuyên ngành: Thiết bị và hệ thống điều khiển.

Nơi công tác: Khoa Điện – Điện tử, ĐHHH Việt Nam

Lĩnh vực nghiên cứu:

- Kỹ thuật điều khiển tối ưu, thích nghi, phi tuyến;
- Tự động hóa tàu thủy, điều khiển hệ thống điện, năng lượng tái tạo.