

**TÍNH TOÁN TẢI CHO TRẠM PHÁT ĐIỆN TÀU THỦY
DỰA TRÊN CÁC THÔNG SỐ CHÍNH CỦA TÀU**
THE ELECTRICAL LOAD CALCULATION FOR MARINE POWER STATION
BASED ON THE MAIN PARAMETERS OF SHIP

TS. HOÀNG ĐỨC TUẤN
Khoa Điện-ĐTTB, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Một trong những nhiệm vụ quan trọng khi thiết kế hệ thống điện năng tàu thủy là xác định thành phần và công suất của các tổ hợp máy phát điện, việc xác định đó dựa trên việc tính toán công suất tiêu thụ tổng của tải trong các chế độ khác nhau. Bài báo trình bày phương pháp xác định tải cho trạm phát điện tàu thủy dựa trên các thông số chính của tàu ở bước thiết kế ban đầu trong điều kiện thiếu thông tin về phụ tải.

Abstract

One of the most important tasks when designing marine electrical power system is to determine the composition and capacity of electric generator sets, the determination of which is based on the calculation of total power consumption of the load in the different modes. This paper presents method for determining the load for marine power station based on the main parameters of ship in the initial design steps with the lack of information about the load.

Key words: *marine electrical power system, electric generator sets, the initial design steps.*

1. Giới thiệu

Tải của trạm phát điện trong hệ thống điện năng tàu thủy phụ thuộc vào chế độ làm việc, vùng hoạt động, tốc độ tàu, trạng thái bề mặt biển và các yếu tố khác, chúng đều có tính chất ngẫu nhiên [1, 2]. Vì vậy để xác định tải cho trạm phát điện tàu thủy trong quá trình khai thác được chia ra thành các chế độ khác nhau, trong mỗi chế độ khai thác thì phụ tải điện năng lại được chia thành phụ tải làm việc dài hạn, ngắn hạn và ngắn hạn lặp lại.

Hiện nay để xác định tải cho trạm phát điện tàu thủy sử dụng các phương pháp như phương pháp bảng tải, phương pháp phân tích, phương pháp thống kê [1, 2]. Trong các phương pháp đó thì phương pháp bảng tải được sử dụng khá phổ biến khi thiết kế hệ thống điện năng tàu thủy và cũng có thể xác định tải cho các thiết bị biến đổi điện năng, bảng phân phối điện và dây cáp...

Thực tế khai thác các thiết bị điện tàu thủy đã chỉ ra rằng thậm chí khi cùng các thành phần của phụ tải điện năng thì tổng các phụ tải cũng là một đại lượng ngẫu nhiên, nó phụ thuộc vào thông số làm việc của tải như dòng điện tải, hệ số công suất, điện áp lưới và các thông số về thời gian làm việc của phụ tải như thời gian đóng, cắt, thời gian công tác của các phụ tải. Khi xác định tải bằng phương pháp bảng tải đã không tính tới các yếu tố này do vậy sẽ dẫn đến sai số lớn khi tính toán tải và việc chọn số lượng, công suất của các máy phát sẽ không tối ưu. Hơn nữa khi thiết kế đóng mới không phải dự án nào cũng biết trước được danh sách các phụ tải, do vậy không thể sử dụng phương pháp bảng tải để xác định tải cho trạm phát điện.

Bài báo đề cập đến phương pháp xác định tải cho trạm phát điện tàu thủy dựa trên các thông số chính của tàu ở bước thiết kế ban đầu trong điều kiện thiếu thông tin về phụ tải. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong các phần sau.

2. Cơ sở toán học để xây dựng phương pháp tính toán tải dựa trên các thông số chính của tàu

Dựa trên phương pháp phân tích và tổng hợp hồi quy - tương quan [1, 3, 4] để xác định hàm quan hệ giữa hệ thống phụ tải điện năng và công suất máy chính hoặc tải tàu theo giá trị tuyệt đối riêng của chúng trong bước thiết kế ban đầu khi thiếu thông tin về phụ tải. Thuật toán xây dựng phương pháp như sau:

- Chọn đại lượng cần tính toán $P_{t,\Sigma}$;
- Thống kê các đại lượng theo bảng 1;

Bảng 1. Dữ liệu đầu vào

Thứ tự	$y = P_{t,\Sigma}$ và y_1, y_2, \dots, y_{m1}					Các thông số về công suất máy chính, trọng tải tàu			
	y_1	y_2	y_{m1}	$\sum_1^{m1} y_{m1} = y$	x_1	x_2	x_{m2}
1									
2									
...									
n									

- Tính toán dựa trên bảng dữ liệu;
- + Tính hệ số tương quan:

$$r_{y_i x_{im}} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]}} \quad (1)$$

Ở đó $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$; $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$; $i = \overline{1, n}$

Ta nhận được ma trận hệ số:

$$\begin{matrix} \|\Phi_1\| & \|\Phi_2\| \\ \left\| \begin{matrix} r_{yy_1}; r_{yy_2}; \dots; r_{yy_{m_1}} \\ r_{y_1 y_2}; r_{y_1 y_3}; \dots; r_{y_1 y_{m_1}} \\ \dots \\ r_{y_{m_1-2} y_{m_1-1}}; r_{y_{m_1-2} y_{m_1}} \\ r_{y_{m_1-1} y_{m_1}} \end{matrix} \right\| & \left\| \begin{matrix} r_{yx_1}; r_{yx_2}; \dots; r_{yx_{m_2}} \\ r_{x_1 x_2}; r_{x_1 x_3}; \dots; r_{x_1 x_{m_2}} \\ \dots \\ r_{x_{m_2-2} x_{m_2-1}}; r_{x_{m_2-2} x_{m_2}} \\ r_{x_{m_2-1} x_{m_2}} \end{matrix} \right\| \end{matrix} \quad (2)$$

+ Chọn hệ số $\|r_{yx_{m_2}}\| = \|\Phi_2\|$ khi $|r_{yx_{m_2}}| \geq 0,8$;

+ Giả thiết mô hình toán có dạng:

$$P_{t,\Sigma} = \sum_{m=1}^m \left(\frac{\tilde{P}_{t,\Sigma}}{x_m} \right) x_m \text{ hoặc } y = \sum_{m=1}^m \left(\frac{\tilde{y}}{x_m} \right) x_m ;$$

$$\hat{P}_{t,\Sigma} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 x_1 + \hat{b}_2 x_2 + \dots + \hat{b}_{m_2} x_{m_2}, \quad (3)$$

Trong đó $\hat{b}_0 \dots \hat{b}_{m_2}$ - các hệ số cần tính; $x_1 \dots x_{m_2}$ - các thông số chính của tàu.

Các hệ số $\hat{b}_0 \dots \hat{b}_{m_2}$ được tính toán dựa trên hệ phương trình của phương pháp bình phương cực tiểu (4)

$$\begin{cases} \hat{b}_0 n + \hat{b}_1 [x_{i_1}] + \hat{b}_2 [x_{i_2}] + \dots + \hat{b}_n [x_{i_{m_2}}] = [y_i] \\ \hat{b}_0 [x_{i_1}] + \hat{b}_1 [x_{i_1}^2] + \hat{b}_2 [x_{i_1} x_{i_2}] + \dots + \hat{b}_n [x_{i_1} x_{i_{m_2}}] = [x_{i_1} y_i] \\ \dots \dots \dots \\ \hat{b}_0 [x_{i_{m_2}}] + \hat{b}_1 [x_{i_1} x_{i_{m_2}}] + \hat{b}_2 [x_{i_2} x_{i_{m_2}}] + \dots + \hat{b}_n [x_{i_{m_2}}^2] = [x_{i_{m_2}} y_i] \end{cases} \quad (4)$$

- Phân tích và kiểm nghiệm mô hình toán đề xuất;
- Tính phần dư

$$e_i = P_{t,\Sigma} - \hat{P}_{t,\Sigma} \quad (5)$$

$$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_i e_i; \quad (6)$$

- Kiểm tra $\bar{e} = 0$

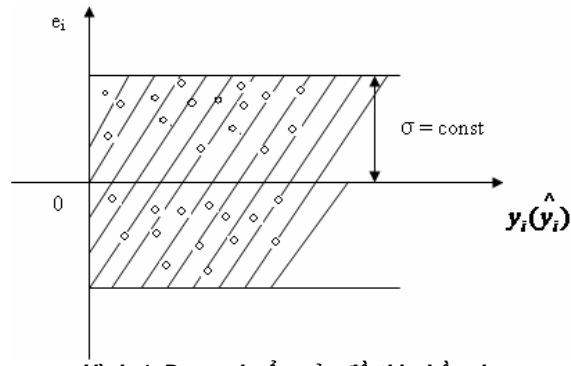
+ Nếu $\bar{e} \neq 0$, xem xét lại mô hình toán dựa trên đồ thị phần dư $e_i = f(P_{t,\Sigma})$

+ $\bar{e} = 0$, xây dựng đồ thị phần

dư $e_i = f(P_{t,\Sigma})$; $e_i = f(\hat{P}_{t,\Sigma})$ và kiểm tra σ (hình 1.).

Nếu $\sigma \neq const$ - sửa lại mô hình, thêm vào mô hình các tham số và tính lại các hệ số, phần dư.

Nếu $\sigma = const$, sẽ tiến hành kiểm tra các điều kiện và phân tích phương sai (bảng 2).



Hình 1. Dạng chuẩn của đồ thị phần dư.

Kiểm tra điều kiện

$$t_T = \frac{\max |x_i - \bar{x}|}{\sigma}; \quad (7)$$

Ở đó $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$; $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$;

Nếu $t_T > t$, thỏa mãn; nếu $t_T < t$, thì sẽ loại bỏ một số điểm mà có phần dư lớn và sẽ tính toán lại các thông số \bar{x} , σ .

Bảng 2. Phân tích phương sai

Bậc tự do	Tổng các bình phương	Bình phương trung bình	Tiêu chuẩn
$n-p$	$SS_1 = \sum_i (P_{t,\Sigma} - \hat{P}_{t,\Sigma})^2$		
p	$SS_2 = \sum_i (\hat{P}_{t,\Sigma} - \overline{\hat{P}_{t,\Sigma}})^2$	$MS_R = \frac{SS_2}{p}$	$F_{tt} = \frac{MS_R}{S^2}$
$n-2p$	$SS_3 = SS_1 - SS_2 = \sum_i (P_{t,\Sigma} - \overline{P_{t,\Sigma}})^2 - \sum_i (\hat{P}_{t,\Sigma} - \overline{\hat{P}_{t,\Sigma}})^2$	$S^2 = \frac{SS_3}{n-2p}$	

$$R^2 = \frac{SS_2}{SS_1} \quad (8)$$

Kiểm tra điều kiện 1: $R \geq 0,8$; nếu thỏa mãn thì kiểm tra điều kiện 2: $F_{tt} \geq F_b$, q , n_1 , n_2 .

Trong đó $q=0,01$; $0,05$; $n_1=p$; $n_2=(n-2p)$.

Nếu điều kiện 1 và 2 thỏa mãn thì giả thiết về mô hình toán tính toán $P_{t,\Sigma}$ ở dạng (3) được chấp nhận.

Nếu điều kiện 1 và 2 không thỏa mãn thì phân tích và tính toán lại từ bước 2.

3. Tính toán tổng tải của trạm phát điện tàu thủy dựa trên các thông số chính của tàu

Trên cơ sở thuật toán đã xây dựng, xác định hàm quan hệ giữa tổng phụ tải điện năng toàn tàu và công suất máy chính hoặc trọng tải của tàu theo giá trị tuyệt đối riêng với dữ liệu tính toán trong tài liệu [4] ta nhận được các hàm quan hệ như sau:

$$\frac{\hat{P}_{t\Sigma}}{N}(N) = 0,2177 + 669,2 \frac{1}{N} \quad (9)$$

Vậy
$$P_{t\Sigma} = \frac{\hat{P}_{t\Sigma}}{N}(N) \cdot N = (0,2177 + 669,2 \frac{1}{N}) \cdot N \quad (10)$$

Trong đó N là công suất của máy chính (kW), $P_{t\Sigma}$ là công suất tổng của tải (kW). và đồ thị phần dư như hình 2.

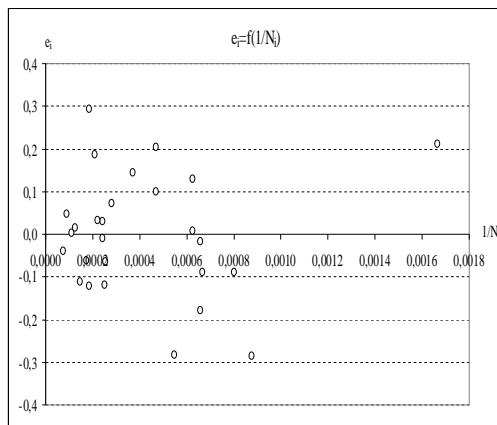
$$\frac{\hat{P}_{t\Sigma}}{D}(D) = 0,1363 + 648,2 \frac{1}{D} \quad (11)$$

Vậy
$$P_{t\Sigma} = \frac{\hat{P}_{t\Sigma}}{D}(D) \cdot D = (0,1363 + 648,2 \frac{1}{D}) \cdot D \quad (12)$$

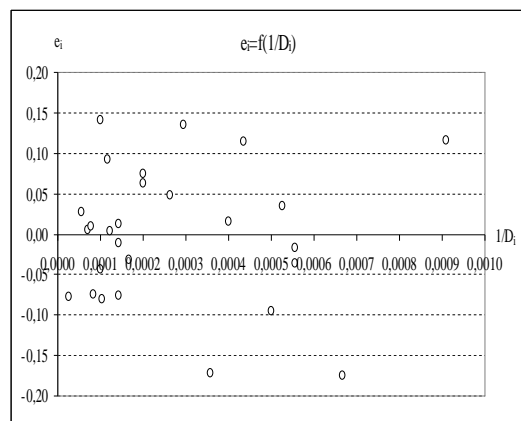
Trong đó D là trọng tải của tàu (T), $P_{t\Sigma}$ là công suất tổng của tải (kW). và đồ thị phần dư như hình 3.

Để giảm sai số tính toán thì ta tính $P_{t\Sigma}$ theo N và D của công thức (10), (12) như sau:

$$P_{t\Sigma} = \frac{\frac{\hat{P}_{t\Sigma}}{N}(N) \cdot N + \frac{\hat{P}_{t\Sigma}}{D}(D) \cdot D}{2} \quad (13)$$



Hình 2. Quan hệ $e_i = f\left(\frac{1}{N_i}\right)$.



Hình 3. Quan hệ $e_i = f\left(\frac{1}{D_i}\right)$.

4. Kết luận

Phương pháp tính toán tổng tải cho trạm phát điện tàu thủy dựa vào thông số chính của tàu là trọng tải tàu và công suất máy chính, đảm bảo sai số tính toán từ 8-15 % và không phân biệt chủng loại tàu, loại tải. Dựa vào kết quả tính toán cho phép người thiết kế lựa chọn được số lượng và công suất tổ hợp máy phát từ bước thiết kế ban đầu trong điều kiện thiếu thông tin về phụ tải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Баранов А. П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. - СПб.: Судостроение, 2005.
- [2] Богомолов В.С. Судовые электроэнергетические системы и их эксплуатация. - М.: Мир, 2006.
- [3] Герман Г.В., Киреев Ю.Н., Мельницкая Е.А. Надёжность судовых электроэнергетических систем и систем судовой автоматики. - СПб.: СПбГМТУ, 2004.
- [4] Киреев Ю.Н., Вилесов Д.В. Проектирование судовых электроэнергетических систем. Учебное пособие. - СПбГМТУ, 1995.

Người phản biện: **Trần Anh Dũng**

ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ DIESEL TRẠM PHÁT ĐIỆN TÀU THỦY SPEED CONTROL FOR DIESEL OF POWER STATION ON SHIPBOARD

ThS. NGUYỄN TRỌNG THẮNG
Đại học Dân lập Hải Phòng
PGS.TS. NGUYỄN TIẾN BAN
Đại học Hải Phòng

Abstract

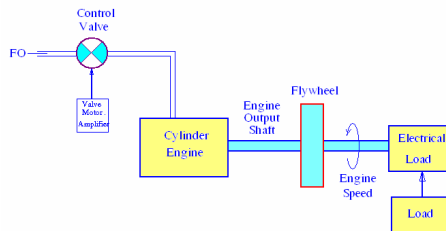
This paper presents a solution to the dead-band problem in the speed control system of diesel of electric power stations on shipboard. Efficiently controlling the speed of diesel is expected for power station on ship. Moreover, keeping the frequency of the power station constant is also essential since the grid on ship is soft grid.

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu về giải pháp khắc phục vùng chết (dead band) trong hệ điều khiển tốc độ động cơ lai cho máy phát điện trong trạm phát tàu thủy sử dụng diesel. Điều khiển được tốc độ động cơ lai với chỉ số chất lượng cao là một mong muốn của bất cứ trạm phát nào trên tàu thủy, việc đảm bảo tần số cho trạm phát là một chỉ tiêu chất lượng rất khó khăn đặc biệt lưới điện trên tàu thủy là lưới mềm.

1. Mở đầu

Khi đặt vấn đề điều khiển tốc độ động cơ lai cho trạm phát điện tàu thủy sử dụng động cơ sơ cấp là diesel, đối tượng điều khiển trong hệ được xác định là loại phi tuyến. Thực hiện điều khiển trong suốt quá trình, hệ thống luôn làm việc giữ cho động cơ trong trạng thái động, liên tục ở các trạng thái quá độ. Để xây dựng hệ điều khiển tốc độ cho động cơ sơ cấp lai máy phát dưới tàu thủy, hình 1 trình bày kết cấu cơ bản của hệ thống bao gồm các thành phần chính như sau: Van điều chỉnh lượng nhiên liệu vào động cơ; Hệ thống pittong tác động lên trục khuỷu; Đầu ra tốc độ với trục, bánh đà và tải (máy phát điện). Hiện nay, việc thực hiện hệ thống điều khiển tốc độ diesel sử dụng van điều tiết lượng nhiên liệu vào các xilanh là rất phổ biến. Tất nhiên, nhiên liệu đã được bơm cao áp nén với áp suất cao. Van điều khiển ở đây chính là actuator nằm trong hệ thống điều khiển, đây là phần tử có đặc tính phi tuyến, vì vậy nó luôn tồn tại một vùng không nhạy hay còn gọi là vùng chết (dead band).



Hình 1. Kết cấu cơ khí của hệ diesel – generator.