

- [3] Морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов.Т2, 1995.
- [4] Torsional Vibration Calculation. BachDang Shipyard T209/ HT30 . 03 Jun. 2005
- [5] *До Дык Лыу*. Исследование причины поломки промежуточного вала т/х «HaTien». //Морской вестник №2, 2005. С.34-37.
- [6] Đỗ Đức Lưu. Chẩn đoán diesel tàu biển bằng dao động xoắn đường trục. Luận án Tiến sĩ Khoa học. Học viện Hàng hải mang tên Đô đốc hải quân Macarov, TP.Xanh-Petecbua, Liên Bang Nga, 2006.

Người phản biện: TS. Nguyễn Mạnh Thường, TS. Hoàng Mạnh Cường

TÍNH TOÁN NĂNG LƯỢNG SÓNG CHO CÔNG NGHỆ PHÁT ĐIỆN CALCULATION OF WAVE ENERGY USED IN TECHNOLOGIES GENERATOR

TS. ĐÀO MINH QUÂN

Khoa Điện – Điện tử, Trường ĐHHHVN

Tóm tắt

Năng lượng sóng biển có thể được tính toán bằng thu thập số liệu về chu kỳ của sóng và dựa vào từng dạng sóng, mực nước biển áp dụng vào các biểu thức, tính toán ra các thông số đặc trưng của sóng. Hay dựa vào thông số vận tốc gió tác động vào mặt nước biển rồi tra bảng hàm phổ của tốc độ gió và các biểu thức toán học tìm được các hệ số cần thiết tính toán ra được các thông số của sóng để dùng trong công nghệ điện sóng.

Abstract

Wave energy can be calculated by collecting data on waves and cycles of each waveform based on sea level applied to the expression, calculate the characteristic parameters of the waves. Or based on wind speed parameters impact on sea level and spectral content of the investigation list wind speed and functions to find the coefficients necessary to calculate the parameters of the waves to be used in electrical technology.

Keyword: *Energy waves, calculation*

1. Đặt vấn đề

Sóng biển là một dạng sóng cơ, nó mang đầy đủ các đặc tính cơ bản của sóng cơ học như:

E : Năng lượng sóng (lb.ft hoặc N.m);	λ : bước sóng (ft hoặc m);
P : Công suất sóng (ft.lb/sec hoặc W, KW);	C : Vận tốc sóng (ft/s hoặc m/s);
T : Chu kỳ sóng (s);	h : Độ sâu của mực nước biển (ft hoặc m);
f : Tần số (1/T) (Hz);	H : Chiều cao của sóng (ft hoặc m).

Từ tỉ lệ độ sâu mực nước biển so với đáy và bước sóng người ta chia mực nước biển: vùng có mực nước sâu, vùng có mực nước trung, vùng có mực nước cạn. Các thông số của sóng có giá trị khác nhau ứng với từng vùng nước và nguồn sóng khác nhau, có hai phương pháp tính các thông số đặc tính trên: Phương pháp 1 là quan sát thu thập số liệu về chu kỳ của sóng và dựa vào từng dạng sóng, mực nước biển áp dụng vào các biểu thức, tính toán ra các thông số đặc trưng của sóng. Phương pháp 2 là dựa vào thông số vận tốc gió tác động vào mặt nước biển ta tra bảng hàm phổ của tốc độ gió và các biểu thức ta tìm được các hệ số cần thiết, tính toán ra được các thông số của sóng, phương pháp này có thể áp dụng cho mọi vùng biển. Nội dung bài báo sẽ trình bày các phương pháp tính toán năng lượng sóng để ứng dụng trong công nghệ điện sóng,

2. Xác định các thông số của sóng biển

2.1 Từ các số liệu thu thập được

Việc tính toán các thông số của sóng theo phương pháp thứ nhất [1], bằng cách quan sát và thu thập số liệu của 2 dạng sóng đặc trưng là sóng đều xuất hiện đa số ở vùng nước sâu, sóng không đều xuất hiện ở vùng nước trung bình và vùng nước cạn. Các biểu thức tính toán chu kỳ, bước sóng, vận tốc sóng của cả 2 dạng sóng trên là giống nhau.

$$\text{Chu kỳ sóng: } T = 1/f = (2\pi/\omega) = 2\pi\sqrt{(2\pi g/\lambda). \tan(2\pi h/\lambda)} \quad (1)$$

$$\text{Bước sóng: } \lambda = gT^2 / 2\pi \cdot \tan(2\pi h / \lambda) \quad (2)$$

$$\text{Vận tốc nước: } C = \lambda / T = (gT / 2\pi) \cdot \tan(2\pi h / \lambda) = (gT / 2\pi) \cdot \tan(kh) \quad (3)$$

với: $k = 2\pi / \lambda$, $\omega = 2\pi f$ - hệ số đặc tính động học, vận tốc gốc của sóng; g (9,81m/s²).

Đặc tính cơ của sóng chỉ phụ thuộc vào bước sóng và độ sâu mực nước, như vậy với bước sóng và chu kỳ không thay đổi thì ở mỗi mực nước khác nhau sẽ có thông số đặc tính khác nhau.

- vùng nước sâu có: $h \geq \lambda/2$ nên $kh \geq \pi$, Vậy $\tan(kh) = \tan(2\pi h / \lambda) \approx 1$ (viết hoa chữ V)

$$\text{Bước sóng: } \lambda = gT^2 / 2\pi; \text{ và vận tốc: } C = \lambda / T = gT / 2\pi \quad (4)$$

- vùng nước cạn có: $h \leq \lambda/20$ nên $kh \leq \pi/10$ vậy $\tan(kh) \approx 2\pi h / \lambda$ (viết hoa chữ V)

$$\text{Bước sóng: } \lambda = (gT^2 / 2\pi) \cdot 2\pi h / \lambda = T \sqrt{gh}; \text{ và vận tốc: } C = \lambda / T = \sqrt{gh} \quad (5)$$

Năng lượng và công suất trong 2 dạng sóng đều và không đều được tính toán như sau:

Năng lượng của sóng đều: Sóng đều được định nghĩa là dạng sóng có chiều cao ngọn sóng tỉ lệ tương đối với bề rộng ngọn sóng và dạng sóng tạo ra có dạng hình sin.

$$\text{Năng lượng nhận được từ sóng đều: } E = E_p + E_k = pgH^2 \lambda b / 8 \quad (6)$$

$$\text{Năng lượng trên một đơn vị bề rộng sóng: } E / b = pgH^2 \lambda / 8 \quad (\text{J/m hoặc N}) \quad (7)$$

Trong đó: b - bề rộng ngọn sóng, tính bằng ft hoặc m; ρ - khối lượng riêng của nước; E_p - thế năng của sóng; E_k - Động năng của sóng: $E_k = E_p = pgH^2 \lambda b / 16$ (lb.ft hoặc N.m) (8)

(Viết hoa chữ bề, khối, thế; chữ b, k bỏ chữ nghiêng đi)

Sự chuyển tải năng lượng sóng từ điểm này tới điểm khác được đặc trưng bởi công suất cơ của sóng xác định bởi biểu thức:

$$P = pgH^2 c_g b / 8 \quad (9)$$

$$\text{Năng lượng trên một mét bề rộng sóng: } P / b = pgH^2 c_g / 8 \quad (\text{KW}) \quad (10)$$

$$\text{Với } c_g \text{ được gọi là vận tốc của nhóm: } c_g = C [1 + 2kh / \sin(2kh)] / 2 \quad (11)$$

Năng lượng của sóng không đều: Đặc tính của dạng sóng này có chiều cao ngọn sóng khá cao nhưng bề rộng ngọn sóng hẹp và có xu hướng vỗ vào bờ, đặc trưng bởi chiều cao sóng vỗ vào bờ H_b . Dựa theo các định lý của Stokes và xem như năng lượng của sóng đều xuất hiện ở vùng nước trung bình và vùng nước cạn là như nhau ta có các biểu thức sóng vỗ gần bờ gồm:

$$\text{Chiều cao sóng vỗ gần bờ: } H_b = (16\pi^2 h^2 / 3gT^2) \left[-1 + \sqrt{1 + 3gT^2 / 4\pi^4 h} \right] \quad (12)$$

Tổng năng lượng nhận được từ sóng vỗ gần bờ được tính toán theo biểu thức:

$$E = (pgH^2 \lambda b / 8) \cdot \left[1 + 9H^2 / 64k^4 h^6 \right] = (pgH^2 \lambda b / 8) \cdot k_{hc} \quad (13)$$

$$\text{Định lý Stokes áp dụng cho sóng đều nhân hệ số hiệu chỉnh } k_{hc} = \left[1 + 9H^2 / 64k^4 h^6 \right]$$

$$\text{Năng lượng trên một đơn vị bề rộng sóng: } E / b = pgH^2 \lambda / 8 \cdot k_{hc} \quad (\text{J/m hoặc N}) \quad (14)$$

$$\text{Công suất cơ của sóng vỗ gần bờ: } P = k_{hc} \cdot pgH^2 c_g b / 8 \quad (15)$$

$$\text{Công suất cơ trên một đơn vị bề rộng sóng: } P_{cs} = P / b = k_{hc} \cdot pgH^2 c_g / 8 \quad (\text{KW}) \quad (16)$$

2.2. Dựa vào thông số gió biển

Gió và các hiện tượng khí hậu là nguồn chính tạo ra sóng biển, nên chiều cao, chu kỳ, chiều của sóng phụ thuộc vào vận tốc và hướng của gió tác động. Dựa vào vận tốc gió và bảng hàm phổ của tốc độ gió với các biểu thức tính toán ta tìm được các hệ số cần thiết khi đó tính ra được các thông số của sóng. Phương pháp này thường được áp dụng vì có thể ứng dụng tính toán cho các dạng sóng và vùng biển bất kỳ. Với một sóng thứ i bất kỳ thì năng lượng tạo ra được tính:

$$E_i = pgH_i^2 \lambda_i b / 8 \quad (17)$$

Để xác định năng lượng của các sóng thứ i tác động vào một điểm trên mặt sóng, ta tìm H_i và $T_i \Rightarrow \lambda_i$ thế vào (17) và dùng biểu thức Pierson (1995) để tìm toán chiều cao của sóng thứ i : $H_i = 8 \cdot S_T(T_i) \delta T_i$, với: $S_T(T_i)$ là mật độ phổ của sóng hay là hàm phổ của sóng (ft^2/s hoặc m^2/s).

Chu kỳ sóng thứ i tính bằng công thức: $T_i = 1 / f_i = 2\pi / \omega_i$ (18)

Vi phân của chu kỳ sóng thứ i là: $\delta T_i = \delta f_i / f_i^2 = -2\pi \delta \omega_i / \omega_i^2$ (19)

$\Rightarrow S_T(T_i) \delta T_i = (2\pi / \omega_i^2) \cdot S_T(T_i) \delta \omega_i = -S_\omega(\omega_i) \delta \omega_i$ (20)

Việc tính toán chọn lựa hàm phổ của chu kỳ sóng dựa trên các thông số có thể đo trực tiếp được như chiều cao H_i và chu kỳ T_i của mỗi sóng thứ i . Để tính toán được hàm phổ chu kỳ sóng theo tốc độ gió ta áp dụng 2 biểu thức hàm phổ của Pierson–Moskowitz và Bretschneider [3].

Cả hai biểu thức hàm phổ này có chung một dạng biểu thức sau:

$$S_T(T_i) = AT_i^2 e^{-BT_i^4} \quad \text{với các hệ số: } A = 8,1 \cdot 10^{-3} g^2 / (2\pi)^4; B = 0,74 \cdot g^4 / (2\pi)^4 \quad (22)$$

Năng lượng sóng trên 1 đơn vị bề mặt sóng: $\bar{E} = E_i / \lambda_i b = pgH_i^2 / 8$

$$\bar{E} = pgS_T(T) \delta T = pg \int_0^\pi S_T(T) dT = pgA \int_0^\pi T^2 e^{-BT^4} dT = 2,74 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{pV^4}{g} \quad (23)$$

Chiều cao sóng được Newman (1977) suy ra từ biểu thức hàm phổ của Pierson-Moskowitz:

$$H_s = 0,0213V^2 \text{ (m) với vận tốc gió là } V \text{ (m/s) là hằng số, mà theo Newman: } H_s = 0,0519 \bar{T}^2 \Rightarrow$$

Chu kỳ trung bình sóng $\bar{T} = 0,641 V \text{ (s)}$ (24)

Vậy, với phương pháp này dễ dàng tính được các thông số quan trọng của sóng như: năng lượng, chu kỳ, chiều cao khi biết được thông số gió trên vùng biển bất kỳ.

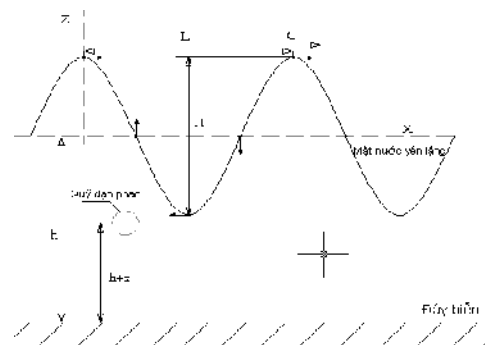
3. Tác động của sóng lên phao phát điện nam châm vĩnh cửu tuyến tính

3.1. Mô hình phao phát điện nam châm vĩnh cửu tuyến tính

Xét ở Vịnh Bắc Bộ ta có mô hình sóng (hình1) với các thông số:

- C: Vận tốc sóng (thêm ;)
- H: Chiều cao sóng (thêm ;)
- L: Chiều dài sóng (thêm ;)
- h: Độ sâu của mực nước (thêm ;)
- T: Chu kỳ sóng (thêm .)

Khi sóng di chuyển từ trái sang phải với vận tốc $C=L/T$, Các phân tử nước trên bề mặt sẽ chuyển động lên, xuống theo chiều thẳng đứng (thể hiện bởi các mũi tên trong hình) với một vận tốc V từ phía sóng biển đến. Đặt phao phát điện nam châm vĩnh cửu tuyến tính trên bề mặt sóng, phần trục của phao (translator) được neo chặt vào giá đặt ở đáy biển có độ sâu khoảng 30 mét. Translator gồm nhiều thanh nam châm vĩnh cửu, bên ngoài trục phao có những cuộn dây đồng nằm xung quanh, Vỏ phao làm bằng sợi thủy tinh và composit, sóng biển tác động làm phao di chuyển lên xuống theo từng cơn sóng, cuộn dây di chuyển lên xuống như trượt trên trục của nam châm sẽ sản sinh ra điện [2] (hình 2), khi đó vận tốc chuyển động lên xuống của phao (stator) là:



Hình 1. Vận tốc lên, xuống bề mặt sóng



Hình 2. Máy phát điện sóng tuyến tính

$$Vm = \frac{\pi H}{T} e^{kz} \sin(kx - \omega t) \text{ Với: } k = \frac{2\pi}{L}; \quad (25)$$

Năng lượng thu từ sóng biển cũng giống như năng lượng thu từ gió. Tuy nhiên sóng có mật độ lớn hơn gió gấp nhiều lần, Mô hình phao phát điện này theo nguyên tắc truyền động trực tiếp nên hiệu suất chuyển đổi năng lượng từ cơ sang điện $\eta=25+90\%$.

3.2 Ứng dụng tính toán năng lượng và công suất của sóng đều với mô hình phao phát điện nam châm vĩnh cửu tuyến tính (sóng không đều thì nhân với hệ số hiệu chỉnh k_{hc})

Khí hậu Bạch Long Vĩ đại diện cho vùng khơi vịnh Bắc Bộ, có hai mùa chính. Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 8, thời tiết nóng ẩm và mưa nhiều, gió mùa tây nam với tần suất hướng nam 74 - 88 %, tốc độ trung bình 5,9 - 7,7 m/s. Mùa khô từ tháng 10 đến tháng 3 năm sau, thời tiết lạnh, khô và ít mưa, hướng gió thịnh hành là bắc và đông chiếm tần suất 86 - 94%, tốc độ trung bình 6,5 - 8,2 m/s.

Bảng 1. Thông số sóng biển trung bình ứng với vùng biển Bắc Vịnh Bắc Bộ

Vùng biển	Độ cao sóng (m)	Chu kỳ sóng T (s)
Bạch Long Vĩ	1,2 - 2,6	4,9 - 7,1

Sử dụng phương pháp quan sát và thu thập số liệu: Tính các thông số của sóng tác động lên $1m^2$ bề mặt biển:

Mùa mưa tốc độ gió mùa mưa vùng khơi vịnh Bắc Bộ lấy là 7,5 m/s

Năng lượng sóng trên 1 đơn vị bề mặt sóng:

$$\text{Từ (23)} \quad \bar{E} = 2,74 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\rho V^4}{g} = 2,74 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1030 \cdot 7,5^4}{9,81} = 901,256 \text{ (N-m /m}^2\text{)}$$

$$\text{Từ (24) Chiều cao sóng } H_s = 0,0213V^2 = 0,0213 \cdot 7,5^2 = 1,2 \text{ (m)}$$

$$\text{Chu kỳ trung bình sóng } \bar{T} = 0,641V = 0,641 \cdot 7,5 = 4,8 \text{ (s)}$$

Mùa khô: **tốc độ gió mùa khô vùng khơi vịnh Bắc Bộ mùa khô lấy là 8 m/s**

Năng lượng sóng trên 1 đơn vị bề mặt sóng:

$$\text{Từ (23)} \quad \bar{E} = 2,74 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\rho V^4}{g} = 2,74 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1030 \cdot 8^4}{9,81} = 1178,362 \text{ (N-m /m}^2\text{)}$$

$$\text{Từ (24) Chiều cao sóng } H_s = 0,0213V^2 = 0,0213 \cdot 8^2 = 1,36 \text{ (m)}$$

$$\text{Chu kỳ trung bình sóng } \bar{T} = 0,641V = 0,641 \cdot 8 = 5,10 \text{ (s)}$$

Sử dụng phương pháp dựa vào thông số gió biển:

Bài toán 1: **chu kỳ sóng T=4,9; chiều cao sóng h=1,2 ở vùng nước sâu (Bảng 1)**

$$\text{Bước sóng: Từ (4)} \quad \lambda = gT^2 / 2\pi = 9,81 \cdot 4,9^2 / 2 \cdot 3,14 = 37,506 \text{ m}$$

$$\text{và vận tốc sóng: } C = \lambda / T = gT / 2\pi = 9,81 \cdot 4,9 / 2 \cdot 3,14 = 7,654 \text{ m/s}$$

Vận tốc của nhóm sóng:

$$\text{Từ (11)} \quad c_g = C \cdot [1 + 2kh / \sin(2kh)] / 2 \approx C/2 = 3,83 \text{ m/s}$$

Năng lượng trên một đơn vị bề rộng sóng:

$$\text{Từ (7)} \quad E / b = \rho g H^2 \lambda / 8 = 1030 \cdot 9,81 \cdot 1,2^2 \cdot 37,5 / 8 = 68215,06 \text{ (N)} \approx 68,215 \text{ (kN)}$$

Công suất cơ trên một mét bề rộng sóng:

$$\text{Từ (10)} \quad P_{cs} = P / b = \rho g H^2 c_g / 8 = 1030 \cdot 9,81 \cdot 1,2^2 \cdot 3,83 / 8 = 6965,904 \text{ (W)} \approx 6,966 \text{ (KW)}$$

Máy phát theo nguyên tắc truyền động trực tiếp với hiệu suất chuyển đổi năng lượng từ cơ sang điện nằm trong phạm vi $\eta=25+90\%$.

Với $\eta=25\%$ và $\eta=90\%$, công suất điện trên một mét sóng:

$$P_d = \eta \cdot P_{cs} = 25\%. P_{cs} = 1,74 \text{ (KW)} \text{ và } P_d = \eta \cdot P_{cs} = 90\%. P_{cs} = 6,27 \text{ (KW)}$$

Nhận xét: với chu kỳ sóng T=4,9; chiều cao sóng h=1,2 công suất Pđ từ 1,74 đến 6,27 (KW)

bài toán 2: chu kỳ sóng $T=7,1$; chiều cao sóng $h=2,6$ ở vùng nước sâu, (Bảng 1)

Bước sóng:

$$\text{Từ (4)} \quad \lambda = gT^2 / 2\pi = 9,81 \cdot 7,1^2 / 2 \cdot 3,14 = 78,75 \text{ m}$$

và vận tốc sóng:

$$C = \lambda / T = gT / 2\pi = 9,81 \cdot 7,1 / 2 \cdot 3,14 = 11,09 \text{ m/s}$$

Vận tốc của nhóm sóng:

$$\text{Từ (11)} \quad c_g = C \cdot [1 + 2kh / \sin(2kh)] / 2 \approx C/2 = 5,55 \text{ m/s}$$

Năng lượng trên một đơn vị bề rộng sóng:

$$\text{Từ (7)} \quad E/b = \rho g H^2 \lambda / 8 = 1030 \cdot 9,81 \cdot 2,6^2 \cdot 78,75 / 8 = 672378 \text{ (N)} = 672,378 \text{ (kN)}$$

Công suất cơ trên một đơn vị bề rộng sóng:

$$\text{Từ (10)} \quad P_{cs} = P/b = \rho g H^2 c_g / 8 = 1030 \cdot 9,81 \cdot 2,6^2 \cdot 5,55 / 8 = 47386,64 \text{ (W/m)} \approx 47,387 \text{ (KW)}$$

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng từ cơ sang điện nằm trong phạm vi $\eta=25\div 90\%$.

Với $\eta=25\%$ và $\eta=90\%$, công suất điện trên một mét sóng:

$$P_d = \eta \cdot P_{cs} = 25\% \cdot P_{cs} = 11,85 \text{ (KW)} \quad \text{và} \quad P_d = \eta \cdot P_{cs} = 90\% \cdot P_{cs} = 42,65 \text{ (KW)}$$

Nhận xét: Với chu kỳ sóng $T=7,1$; chiều cao sóng $h=2,6$ công suất P_d từ 11,8 đến 42,6 (KW)

3. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu được hai phương pháp tính toán các thông số đặc trưng của sóng, phương pháp thứ nhất là thu thập số liệu về chu kỳ của sóng, dựa vào từng dạng sóng, mực nước biển áp dụng vào các biểu thức, để tính toán ra các thông số đặc trưng của sóng. Ưu điểm là tính toán chính xác được năng lượng của sóng, nhưng hạn chế là việc thu thập các số liệu của sóng rất khó khăn và chỉ áp dụng cho các dạng sóng chuẩn, không tính toán được sóng bất kỳ. Phương pháp 2: Dựa vào thông số vận tốc gió tác động vào mặt nước biển ta tra bảng hàm phổ của tốc độ gió, các biểu thức tính toán tìm được các hệ số cần thiết tính toán ra được các thông số của sóng. Phương pháp này có thể áp dụng cho các vùng biển bất kỳ.

Trình bày giải pháp máy phát điện tuyến tính có stator gắn phao nổi trên bề mặt nước biển, translator gắn cố định, sẽ tính được vận tốc nâng lên, hạ xuống của phao (tịnh tiến tương đối translator), các ví dụ tính toán ra được phạm vi công suất chuyển đổi cơ sang điện, đây là những thông số cơ bản để thiết kế máy phát tuyến tính ứng dụng trong công nghệ điện sóng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Michael E. McCormick, "Ocean Wave Energy conversion", Courier Corporation, United state, 2007.
- [2] Đào Minh Quân. "Máy phát điện xoay chiều tuyến tính nam châm vĩnh cửu trong khai thác điện sóng biển", Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, số 37, năm 2014.
- [3] http://cavity.ce.utexas.edu/kinnas/wow/public_html/waveroom/random/node12.html
- [4] <http://doc.edu.vn/tai-lieu/do-an-thiet-ke-mo-hinh-chuyen-doi-nang-luong-song-dai-duong-3408/>

Người phản biện: TS. Trần Sinh Biên

QUYỀN DỰ PHÒNG VÀ CHUYỂN QUYỀN DỰ PHÒNG CỦA CÁC TỔ HỢP DG TÀU THUY

THE PRIORITY TO THE STANDBY STATE AND THE ABILITY TO
TRANSFER TO ANOTHER OF MARINE DG COMBINATION

PGS. TS. LƯU KIM THÀNH

Khoa Điện- Điện tử, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu một tính năng quan trọng của hệ thống quản lý nguồn PMS, đó là xác định quyền được dự phòng và chuyển quyền của các tổ hợp DG tàu thủy. Đi sâu nghiên cứu và đưa ra thuật điều khiển thực hiện tính năng nói trên.