

---

**ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA NHIỀU ĐIỀU HÒA ĐẾN ĐẶC TÍNH ĐỘNG HỌC  
CỦA HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH VÒNG QUAY CỦA ĐỘNG CƠ  
DIESEL TÀU THỦY**  
**EVALUATING EFFECT OF FREQUENCY ATRIBUTION TO KINETIC  
CHARACTERISTIC OF MARINE DIESEL ENGINE ROTARY AUTOMATIC  
CONTROL SYSTEM**

**TS. LÊ VĂN HOC**  
*Khoa Sau đại học, Trường ĐHHH*

**Tóm tắt:**

*Bài báo trình bày thuật toán đánh giá sai lệch của tín hiệu ra của hệ thống điều khiển tự động khi chịu các tác động nhiễu điều hòa bằng phần mềm MATLAB. Tác giả trình bày kết quả tính toán cho hệ thống điều chỉnh và điều khiển tự động tốc độ quay động cơ diesel lai chân vịt tàu thủy sử dụng bộ điều chỉnh của Hãng Woodward.*

**Abstract:**

*The article presents algorithm to value erro of output signal of under sine disturbance by using MATLAB software. Author presents calculated results for rotate speed automation control systems of marine Diesel engine with regulator of Woodward Company.*

**1. Thuật toán đánh giá tác động của nhiễu đến hệ thống:**

**1.1. Đặt bài toán**

Một trong các bài toán quan trọng của công nghệ điều khiển tự động là bài toán tổng hợp nhiễu đối với hệ thống. Xét hệ tuyến tính dừng với mô tả toán học:

$$y(t) = \int_0^t h(\tau)u(t - \tau)d\tau, \quad t \in [0, T]. \quad (5.1)$$

Trong đó  $h(\tau)$  là hàm trọng của hệ thống.

Giả sử chưa biết mô tả toán học của tín hiệu vào  $u(t)$  nhưng giá trị cực đại của nó theo mô đun được xác định:

$$\delta = \max_{t \in [0, T]} |u(t)|. \quad (5.2)$$

Cần phải tìm giá trị cực đại của mô đun tín hiệu ra tương ứng theo hàm trọng  $h(\tau)$  của hệ thống.

$$\Delta = \max_{t \in [0, T]} |y(t)|. \quad (5.3)$$

**1.2. Thuật giải:**

Giả sử hệ thống là ổn định đối xứng. Trong trường hợp này tồn tại các số dương  $\beta$   $\alpha$  để với mọi  $\tau \geq 0$  thì:

$$h(\tau) \leq \beta \cdot e^{-\alpha\tau}.$$

Sử dụng tiêu chuẩn đánh giá đối với hệ thống liên tục:

$$\|y(t)\| \leq \left\| \int_0^t h(\tau)u(t - \tau)d\tau \right\| \leq \|L\| \cdot \|u\| \quad (5.6)$$

Trong đó:

$$\|L\| = \int_0^T |h(\tau)|d\tau \quad (5.7)$$

- Chuẩn của toán tử tuyến tính (1) theo (5) trong không gian liên tục của hàm liên tục  $u$  là:

$$\|u\| = \max_{t \in [0, T]} |u(t)|$$

Từ (4) có thể viết:

$$\|L\| \leq \int_0^T |h(\tau)| d\tau = \frac{\beta}{\alpha} \quad (5.8)$$

Hay:

$$\|y\| \leq \frac{\beta}{\alpha} \|u\|, \quad (5.9)$$

Biểu thức (9) cho phép đánh giá độ lệch cực đại của tín hiệu ra theo tín hiệu vào.

Để tổng hợp tác động nhiễu lên hệ thống, cần phải tính tích phân của giá trị tuyệt đối của hàm trọng. Khi  $t \rightarrow \infty$  tích phân này có dạng:

$$I = \int_0^{\infty} |h(\tau)| d\tau. \quad (5.10)$$

Tích phân này được tính toán qua các nghiệm của phương trình đặc tính của hệ thống. trong trường hợp tổng quát, hàm truyền của hệ có dạng:

$$H(p) = \frac{\sum_{i=1}^m b_i p^i}{\sum_{i=1}^n a_i p^i}, \quad (5.11)$$

Tổng đó  $m < n$ .

Giả sử phương trình đặc tính có các nghiệm thực  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  ( $\lambda_i < 0$ ), có thể viết:

$$H(p) = \frac{c_1}{p - \lambda_1} + \dots + \frac{c_n}{p - \lambda_n},$$

Trong đó:

$$c_i = \left. \frac{(p - \lambda_i) \sum_{i=1}^m b_i p^i}{(p - \lambda_1) \dots (p - \lambda_n)} \right|_{p=\lambda_i}.$$

Để đánh giá tích phân (10) có thể sử dụng biểu thức:

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{\omega} e^{\alpha\tau} \sin \omega\tau d\tau = \frac{1}{\alpha^2 + \omega^2} \operatorname{cth} \left( -\frac{\pi \alpha}{2 \omega} \right).$$

### 1.3. Giải sử phương trình đặc tính có các nghiệm phức:

Đặt cặp nghiệm phức liên hợp là

$$\lambda_1 = \alpha + j\omega, \quad \lambda_2 = \alpha - j\omega, \quad \text{thì:}$$

$$\frac{1}{(p - \lambda_1)(p - \lambda_2)} = \frac{1}{(p - \alpha - j\omega)(p - \alpha + j\omega)} = \frac{1}{(p - \alpha)^2 + \omega^2}$$

Nếu áp dụng công thức O'le, có thể viết:

$$\frac{1}{(p - \alpha)^2 + \omega^2} = \frac{1}{\omega} e^{\alpha t} \sin \omega t.$$

Thành phần hàm truyền ứng với cặp nghiệm phức nói trên có dạng:

$$H_1(p) = \frac{dp + l}{p^2 + c_1 p + c_2}, \text{ trong đó } c_1 = -2\alpha, c_2 = \alpha^2 + \omega^2, \text{ còn các hệ số } d \text{ và } l$$

tim được theo hàm truyền của hệ.

Theo công thức OIe:

$$\frac{dp + l}{(p - \alpha)^2 + \omega^2} = \frac{d(p + \xi)}{(p - \alpha)^2 + \omega^2} = dB e^{\alpha t} \sin(\omega t + \varphi),$$

$$\text{trong đó: } B = \frac{1}{\omega} [(\alpha + \xi)^2 + \omega^2], \xi = \frac{l}{d}, \varphi = \text{arctg} \frac{\omega}{\alpha + \xi}.$$

Từ đó suy ra:

$$\int_0^{\infty} e^{\alpha t} \sin(\omega t + \varphi) dt = \frac{e^{\alpha t}}{\alpha^2 + \omega^2} (\alpha \sin(\omega t + \varphi) - \omega \cos(\omega t + \varphi)).$$

$$\text{Hàm } e^{\alpha t} \sin(\omega t + \varphi) \text{ thay đổi dấu tại các điểm } t_n = \frac{\pi n - \varphi}{\omega}.$$

Khi  $\varphi > 0$  ( hệ tối thiểu pha,  $d, l > 0$ ):

$$\int_0^{\infty} e^{\alpha t} \sin(\omega t + \varphi) dt = \frac{1}{\alpha^2 + \omega^2} \left\{ \omega \cos \varphi - \alpha \sin \varphi + \varphi e^{-\frac{\alpha \varphi}{\omega}} \left( \text{cth} \left( -\frac{\pi \alpha}{2 \omega} \right) - 1 \right) \right\}.$$

Khi  $\varphi < 0$  ( hệ không phải là tối thiểu pha,  $d$  hoặc  $l < 0$ ):

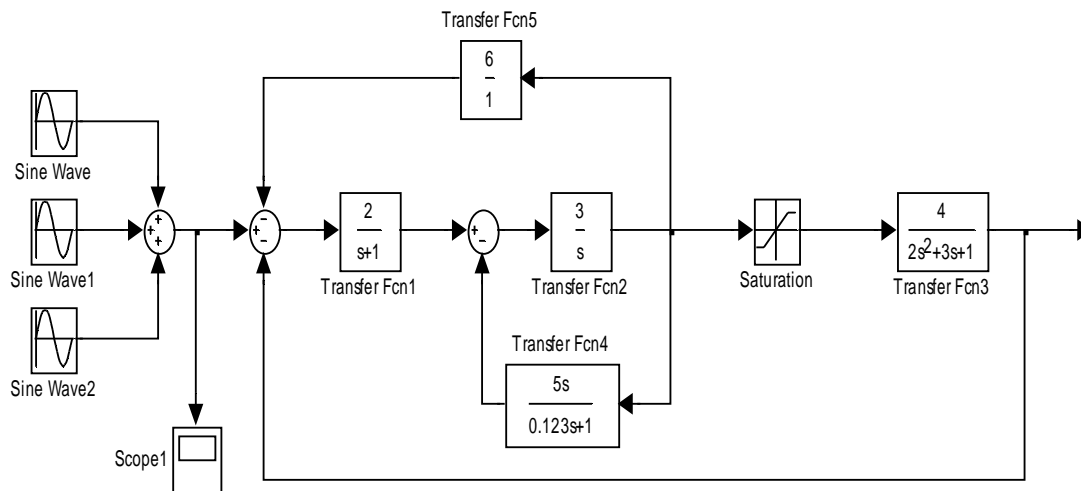
$$\int_0^{\infty} e^{\alpha t} \sin(\omega t + \varphi) dt = \frac{1}{\alpha^2 + \omega^2} \left\{ \alpha \sin \varphi - \omega \cos \varphi + \omega e^{-\frac{\alpha \varphi}{\omega}} \left( \text{cth} \left( -\frac{\pi \alpha}{2 \omega} \right) + 1 \right) \right\}.$$

## 2. Hệ thống tự động điều chỉnh tốc độ quay động cơ diesel tàu thủy lai chân vịt

Động cơ Diesel lai chân vịt tàu thủy hiện nay phần lớn được trang bị bộ điều chỉnh tốc độ nhiều chế độ, có liên hệ ngược tổng hợp. Bạn đọc có thể tham khảo phương pháp xây dựng mô phỏng hệ thống tại bài báo của cùng tác giả đăng trên tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải số 9, tháng 4 năm 2007, trang 77-81.

### 2.1. Mô phỏng hệ thống bằng Simulink của phần mềm MATLAB

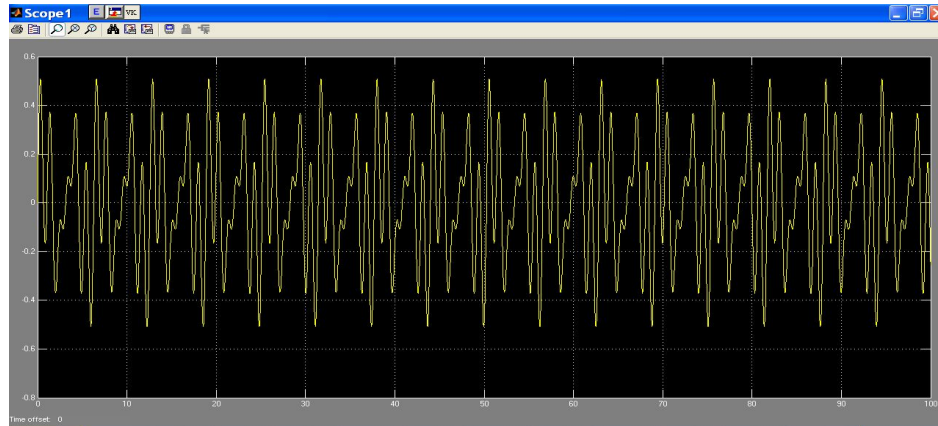
Trong bài báo này, chúng tôi sử dụng các số liệu của hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay động cơ Sulzer RD76 với Bộ điều chỉnh vòng quay PGA24 của Hãng Woodward. Kết quả mô phỏng được trình bày ở hình 1.



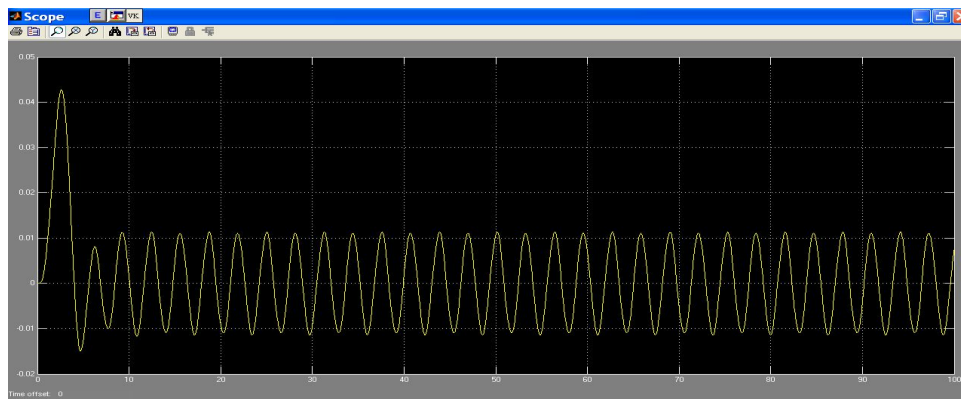
---

### Hình 1. Mô phỏng hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay động cơ Diesel

Tác động của nhiễu điều hòa được lựa chọn là tổng của ba nhiễu hình  $A_1\sin\omega_1 + A_2\sin\omega_2 + A_3\sin\omega_3$ :



Hình 2. Nhiễu tổng hợp với  $A_1=0.2, \omega_1=2; A_2=0.2, \omega_2=5; A_3=0.2, \omega_3=6$



Hình 3. Đặc tính thay đổi vòng quay của động cơ

## 2.2. Đánh giá kết quả

2.2.1. Từ các kết quả nhận được ở đồ thị hình 2, thấy rằng: nếu nhiễu tác động lên hệ thống là tổng của các nhiễu điều hòa thì khoảng cực trị của nhiễu (pick to pick) là một giá trị không thay đổi theo thời gian. Trong ví dụ tính toán, giá trị này là 0.6;

2.2.2. Theo đồ thị ở hình 3, đại lượng ra (output signal) - trong trường hợp này là vòng quay của động cơ - thay đổi theo quy luật hình sin khoảng cực trị về biên độ  $\Delta n=0,02$  hay độ chính xác của hệ là 2%.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1]. Крутов В.И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. Москва. Машиностроение, 1979.
- [2]. Козьминых А.В., Ланчуковский В.И. Автоматизированные системы управления судовыми и газотурбинными установками. Москва. Транспорт, 2000.
- [3]. Katsuhico Ogata. Modern Control Engineering. Fourth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2001.
- [4]. Website: <http://WWW.Woodward.com>

---

Người phản biện: TS. Quản Trọng Hùng