

TÍNH CHẤT ĐỘNG HỌC CỦA HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG ĐIỀU CHỈNH VÒNG QUAY ĐỘNG CƠ CHÍNH TÀU SAO BIỂN DYNAMIC CHARACTERISTIC OF THE SPEED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR MAIN ENGINE OF THE SHIP SEA STAR

ThS. NGUYỄN HÙNG VƯỢNG; TS. LÊ VĂN HỌC
Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH

Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay động cơ chính tàu Sao Biển. Các tác giả trình bày phương pháp xây dựng các đặc tính động học cơ bản của hệ thống bằng phần mềm Matlab.

Abstract:

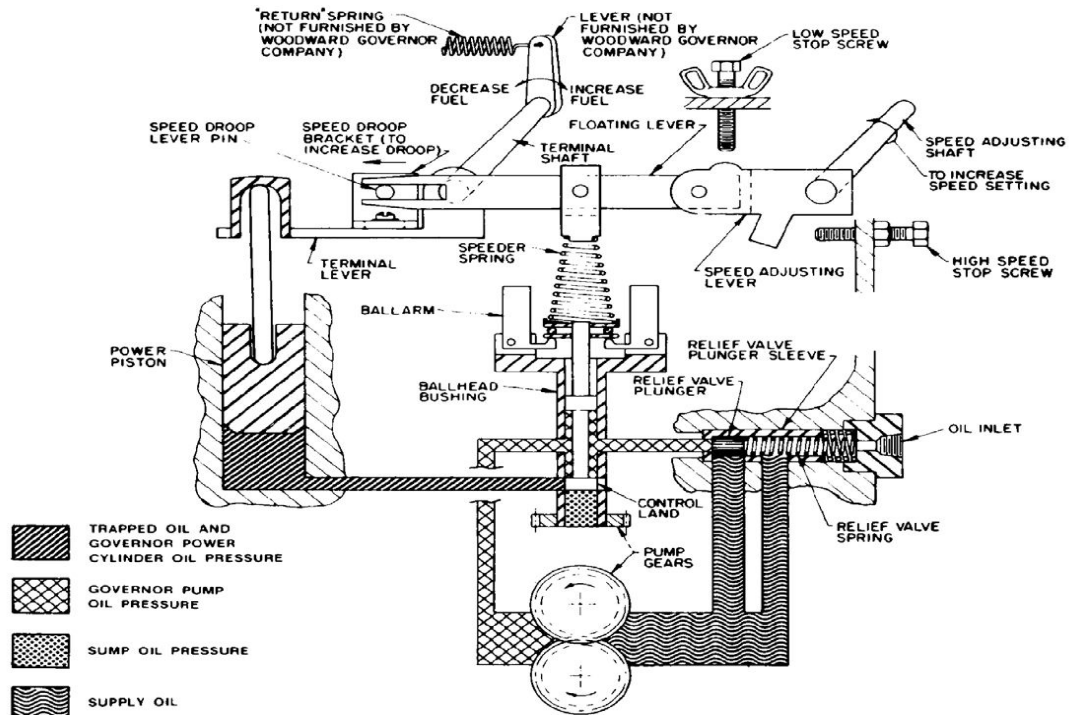
The article presents the speed automatic control system for main engine on board the Sea Star. We describe the method of establishing the elementary dynamic characteristics of the system using software Matlab.

1. Giới thiệu hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay động cơ chính tàu Sao Biển

1.1. **Động cơ chính:** Tàu Sao Biển sử dụng động cơ 6L27BSH do Hãng Hanshin chế tạo, 4 kỳ, 6 xi-lanh, tăng áp bằng tua bin khí xả với các thông số kỹ thuật cơ bản: công suất định mức 700 mã lực, vòng quay định mức 400 v/ph, lai chân vịt định bước.

1.2. Bộ điều chỉnh vòng quay:

Động cơ chính tàu Sao Biển được trang bị bộ điều chỉnh vòng quay của Hãng Woodward loại SG (Simple Governor). SG là bộ điều chỉnh vòng quay nhiều chế độ, khuếch đại bằng thủy lực. Về mặt động học, SG thuộc loại sử dụng chỉ một phản hồi cứng (không có phản hồi mềm), vì vậy SG thuộc loại bộ điều chỉnh vòng quay với quy luật tỉ lệ (P-Proportional). Cấu trúc của SG trang bị cho động cơ chính tàu Sao Biển được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của bộ điều chỉnh vòng quay SG

2. Mô phỏng hệ thống.

2.1. Động cơ chính.

Phương trình chuyển động của động cơ:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_d - M_{pt} - M_t \approx M_d - M_{pt} \quad (1)$$

trong đó: J-mô men quán tính của các chi tiết chuyển động quy về trục khuỷu;
 ω -tốc độ góc của trục khuỷu;
 $M_d = f(\omega; h)$ - mômen trên trục khuỷu; h-vị trí thanh răng bơm cao áp
 $M_{pt} = M_{pt}(\omega, N_{pt})$ -mômen tải; N_{pt} - công suất tiêu thụ;
 M_t - mômen ma sát, vì có giá trị nhỏ so với M_d và M_{pt} nên có thể bỏ qua.

Sử dụng phương pháp tuyến tính hoá lân cận điểm công tác, các hàm phi tuyến M_d và M_{pt} được khai triển theo chuỗi Taylor-Maclourence:

$$M_d = M_{do} + \left. \frac{\partial M_d}{\partial \omega} \right|_o \frac{\Delta \omega}{1!} + \left. \frac{\partial^2 M_d}{\partial \omega^2} \right|_o \frac{\Delta \omega^2}{2!} + \dots + \left. \frac{\partial M_d}{\partial h} \right|_o \frac{\Delta h}{1!} + \left. \frac{\partial^2 M_d}{\partial h^2} \right|_o \frac{\Delta h^2}{2!} + \dots \quad (2)$$

$$M_{pt} = M_{pto} + \left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial \omega} \right|_o \frac{\Delta \omega}{1!} + \left. \frac{\partial^2 M_{pt}}{\partial \omega^2} \right|_o \frac{\Delta \omega^2}{2!} + \dots + \left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial N_{pt}} \right|_o \frac{\Delta N_{pt}}{1!} + \left. \frac{\partial^2 M_{pt}}{\partial N_{pt}^2} \right|_o \frac{\Delta N_{pt}^2}{2!} + \dots -$$

Thay (2) vào (1):

$$\begin{aligned} J \frac{d\Delta \omega}{dt} &= \left. \frac{\partial M_d}{\partial \omega} \right|_o \frac{\Delta \omega}{1!} + \left. \frac{\partial M_d}{\partial h} \right|_o \frac{\Delta h}{1!} - \left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial \omega} \right|_o \frac{\Delta \omega}{1!} - \left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial N_{pt}} \right|_o \frac{\Delta N_{pt}}{1!} \\ \rightarrow J \frac{d\Delta \omega}{dt} &= \left. \frac{\partial M_d}{\partial \omega} \right|_o \Delta \omega - \left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial \omega} \right|_o \Delta \omega + \left. \frac{\partial M_d}{\partial h} \right|_o \Delta h - \left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial N_{pt}} \right|_o \Delta N_{pt} \\ \rightarrow J \frac{d\Delta \omega}{dt} + \left(\left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial \omega} \right|_o - \left. \frac{\partial M_d}{\partial \omega} \right|_o \right) \Delta \omega &= \left. \frac{\partial M_d}{\partial h} \right|_o \Delta h - \left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial N_{pt}} \right|_o \Delta N_{pt} \end{aligned} \quad (3)$$

Đặt các đại lượng:

$$\left(\left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial \omega} \right|_o - \left. \frac{\partial M_d}{\partial \omega} \right|_o \right) = F_d - \text{hệ số ổn định của động cơ;}$$

$$\varphi = \frac{\Delta \omega}{\omega_n} - \text{giá trị không thứ nguyên của lượng thay đổi tốc độ góc trục khuỷu động cơ;}$$

$$\lambda = \frac{\Delta h}{h_n} - \text{giá trị không thứ nguyên của lượng thay đổi vị trí thanh răng bơm cao áp;}$$

$$f = \frac{\Delta N_{pt}}{N_{ptn}} - \text{giá trị không thứ nguyên của lượng thay đổi công suất tiêu thụ;}$$

$$T_d = J \frac{\omega_n}{h_n \left. \frac{\partial M_d}{\partial h} \right|_o} - \text{hằng số thời gian của động cơ;}$$

$$K_d = \frac{\omega_n}{h_n} \frac{F_{od}}{\left. \frac{\partial M_d}{\partial h} \right|_o} - \text{hệ số tự chỉnh của động cơ;}$$

$$K_{pt} = \frac{N_{ptn}}{h_n} \frac{\left. \frac{\partial M_{pt}}{\partial N_{pt}} \right|_o}{\left. \frac{\partial M_d}{\partial h} \right|_o} - \text{hệ số truyền về sự thay đổi vòng quay của động cơ theo tải,}$$

Khi đó, nếu coi thiết bị cung cấp nhiên liệu, tổ hợp tua bin máy nén tăng áp, ống góp khí nạp và khí thải là các phần tử tự động tỉ lệ lý tưởng thì mô hình toán của động cơ có dạng:

$$T_d \frac{d\varphi}{dt} + K_d \varphi = \lambda - K_{pt} \cdot f; \quad \text{hàm truyền của động cơ:} \quad W(s) = \frac{K_3}{T_2 s + 1}, \quad (4)$$

Trong đó: $K_3 = 1/K_d$; $T_2 = T_d/K$

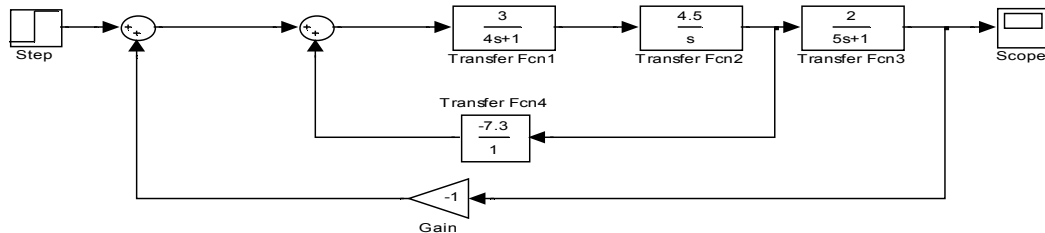
2.2. Bộ điều chỉnh vòng quay:

Theo hình 1, cấu trúc cơ bản của bộ điều chỉnh vòng quay SG gồm phần tử cảm biến kiểu cơ học, khuếch đại thủy lực với xilanh trợ động tác động một phía và hồi tiếp cứng có thể hiệu chỉnh hệ số truyền để thay đổi sai lệch tĩnh của hệ thống. Hàm truyền của các phần tử này như sau [1]:

$$\text{Phần tử cảm biến: } W(s) = \frac{K_1}{T_1 s + 1}; \quad \text{thiết bị khuếch đại: } W(s) = \frac{K_2}{s}; \quad \text{hồi tiếp cứng: } W(s) = K_4.$$

2.3. Mô phỏng hệ thống bằng Simulink của phần mềm Matlab

Mô phỏng hệ thống với các giá trị: $K_1=3$; $K_2=4,5$; $K_3=2$; $K_4=7,3$; $T_1=4$; $T_2=5$ được trình bày trên hình 2.



Hình 2. Mô phỏng hệ thống

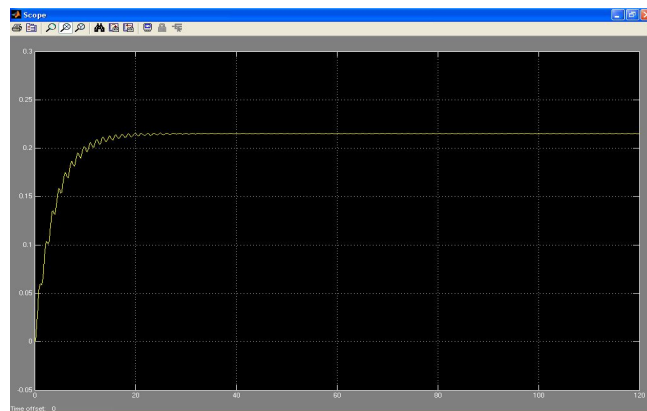
2.4. Kết quả mô phỏng

Sau khi chạy chương trình, đặc tính quá độ, các đặc tính tần số của hệ thống được thể hiện trên các hình 3, 4 và 5.

3. Phân tích kết quả

Từ các đồ thị ở hình 3, 4, 5 có thể nhận xét như sau:

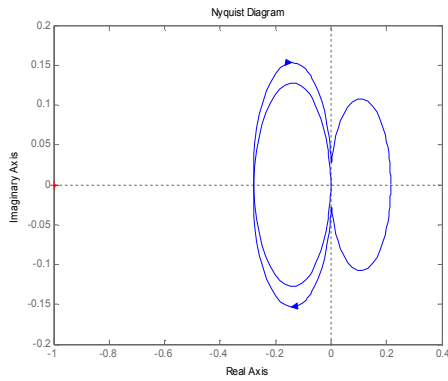
- Với bộ số liệu đã chọn, hệ thống là ổn định, hơn thế nữa đặc tính quá độ trong trường hợp này là phi chu kỳ. Tuy nhiên kết quả này chỉ là lý tưởng, vì theo hình 2, hệ thống đang khảo sát là hệ cấp 3, trong đa số các trường hợp thực tế, quá trình quá độ thường là dao động với lượng quá điều chỉnh giảm dần.
- Theo biểu đồ Nyquist ở hình 4, với các số liệu lựa chọn, hệ ổn định theo tiêu chuẩn ổn định Mikhailov-Nyquist với



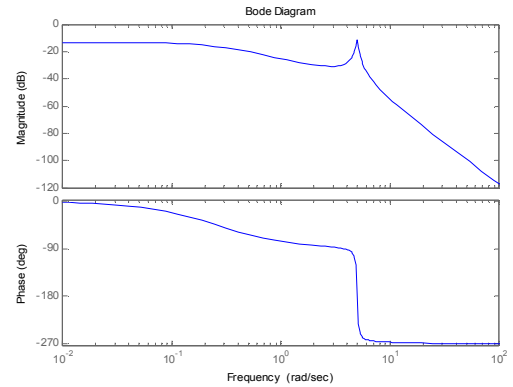
Hình 3. Đặc tính quá độ

lượng dự trữ ổn định Δ khoảng 0.7 Dexiben. Độ dự trữ ổn định lớn này thể hiện độ tin cậy của hệ trong khai thác về mặt động học.

- Trong các công bố sau, các tác giả sẽ thực hiện mô phỏng hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay động cơ chính tàu Sao Biển với mô hình động cơ và phần tử cảm biến là các phần tử tỉ lệ cấp hai để nhận được các kết quả gần với thực tế hơn.



Hình 4. Biểu đồ Nyquist



Hình 5. Biểu đồ Bode

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1]. Lê Văn Học. *Phân tích tính chất động học hệ thống động cơ lai chân vịt-bộ điều chỉnh vòng quay nhiều chế độ bằng phần mềm Matlab.*
- [2]. Крутов В.И. *Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания.* Москва. Машиностроение, 1979.
- [3]. Крутов В.И. *Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект.* Москва. Машиностроение, 1979.
- [4]. Козьминых А.В., Ланчуковский В.И. *Автоматизированные системы управления судовыми и газотурбинными установками.* Москва. Транспорт, 2000.

Người phản biện: TS. Nguyễn Đại An