

**PHÂN TÍCH TÍNH CHẤT ĐỘNG HỌC HỆ THỐNG  
ĐỘNG CƠ DIESEL LAI CHÂN VỊT - BỘ ĐIỀU CHỈNH VÒNG QUAY  
NHIỀU CHẾ ĐỘ BẰNG PHẦN MỀM MATLAB  
ANALYSE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE MARINE DIESEL –  
MULTIREGIME GOVERNOR SYSTEM USING SOFTWARE MATLAB**

**TS. LÊ VĂN HỌC**  
*Khoa Sau Đại học, Trường ĐHHH*

**Tóm tắt:**

*Bài báo giới thiệu phương pháp xây dựng đặc tính quá độ và các đặc tính tần số của hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay động cơ Diesel tàu thủy lai chân vịt khi sử dụng bộ điều chỉnh vòng quay PGA của hãng Woodward bằng phần mềm MATLAB. Các kết quả nhận được có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các sỹ quan Máy trong quá trình khai thác hệ thống.*

**Abstract:**

*The article presents the method for establishing transition and frequency characteristics of the automatic control system for marine diesel engines with fixed pitch propeller using Woodward PGA governor by software MATLAB. Results of the article may be used as consultant document for engineering officers in operation of system.*

**1. Giới thiệu bộ điều chỉnh vòng quay PGA**

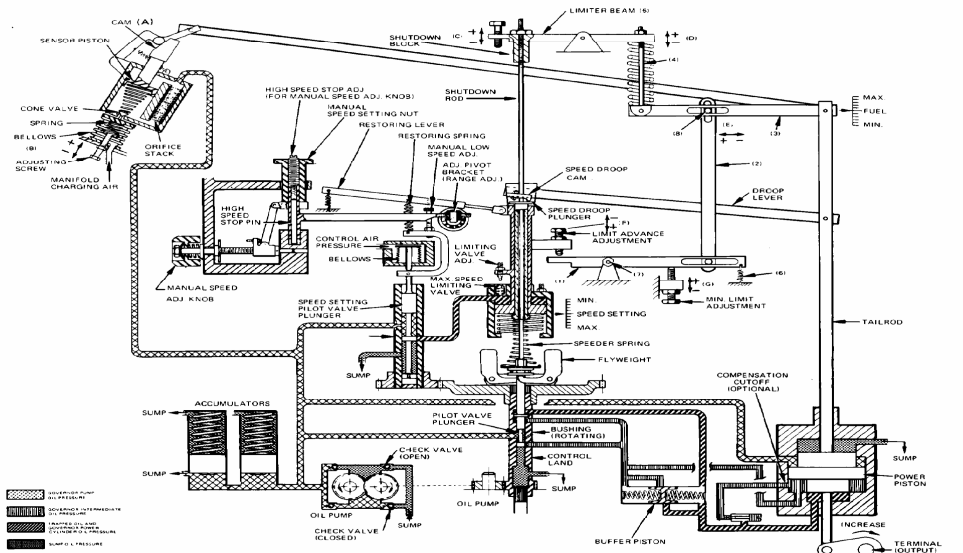


Figure 7-10. Schematic Diagram of PGA Governor with Manifold Pressure Fuel Limiter and Speed Setting Fuel Limiter

**Hình 1 – Sơ đồ nguyên lý của bộ điều chỉnh vòng quay PGA**

PGA (Hình 1) thuộc lớp bộ điều chỉnh vòng quay cơ khí-thủy lực hiện đại nhất của Hãng Woodward. PGA là bộ điều chỉnh vòng quay có liên hệ ngược tổng hợp, nhiều chế độ, điều khiển từ xa bằng khí nén (Pressure compensated Governor – Air speed setting). Ưu điểm nổi bật của PGA so với các bộ điều chỉnh vòng quay cơ khí thủy lực khác của Hãng Woodward là PGA có thiết bị giới hạn lượng cấp nhiên liệu theo áp suất không khí tăng áp cấp vào động cơ.

Trong bài báo này chúng tôi không đề cập chi tiết về cấu tạo, vận hành của PGA (Bạn đọc có quan tâm có thể truy cập vào Website của Hãng theo địa chỉ <http://www.woodward.com> hoặc liên hệ với Bộ môn Tự động, Khoa Máy tàu biển để được hướng dẫn hoặc cung cấp tài liệu về PGA) mà sẽ trình bày phương pháp mô hình hoá hệ thống tự động điều chỉnh và điều khiển vòng quay của động cơ Diesel tàu thủy sử dụng bộ điều chỉnh vòng quay PGA bằng phần mềm MATLAB. Sử dụng mô phỏng bằng Simulink của MATLAB, chúng ta dễ dàng xây dựng được đặc tính quá độ và các đặc tính tần số của hệ thống, từ đó có thể đánh giá được các chỉ tiêu động học của hệ thống và phương pháp hiệu chỉnh hợp lý. PGA là loại bộ điều chỉnh vòng quay cơ khí-thủy lực phức tạp nhất trong các bộ điều chỉnh vòng quay cơ khí thủy lực của hãng Woodward, vì thế thuật toán trong bài báo này có thể sử dụng cho các hệ thống tự động điều chỉnh vòng quay khác sử dụng bộ điều chỉnh vòng quay cơ khí-thủy lực trên đội tàu đang khai thác của Việt Nam.

## 2. Mô hình hoá hệ thống bằng phần mềm MATLAB

### 2.1. Xây dựng mô hình toán của hệ thống

**Động cơ Diesel:** Theo kết quả bài báo "Động cơ Diesel - Đối tượng cấp hai khi điều khiển tốc độ" của các tác giả Đặng Văn Uy, Lê Văn Học, Hoàng Kim Cường, động cơ Diesel là đối tượng cấp hai với mô tả toán học:

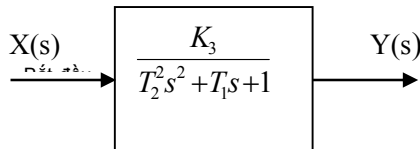
$$T_{d2}^2 \frac{d^2\varphi}{dt^2} + T_{d1} \frac{d\varphi}{dt} + K_{d\varphi} = T_{d1} \frac{d\lambda}{dt} + \theta_v \lambda \quad (1)$$

Trong đó:  $T_2, T_1, K_3$  đặc trưng cho hằng số thời gian cấp 2, cấp 1 và hệ số truyền của động cơ;  
 $T_{d1}, \theta_v$  - đặc trưng cho quán tính và khả năng khuếch đại của thiết bị cung cấp nhiên liệu,  $\lambda, \varphi$  - tương ứng là sự thay đổi tương đối của lượng cấp nhiên liệu và vòng quay của động cơ.

Thông thường  $T_{d1}$  có giá trị nhỏ, vì vậy có thể coi bằng không mà không làm "méo" tính chất động học của bản thân động cơ và hệ thống. Chia (1) cho  $\theta_v$ , khi đó mô tả toán học của động cơ được biểu diễn ở dạng toán tử:

$$(T_2^2 s^2 + T_1 s + 1)Y(s) = K_3 X(s) \quad (2)$$

Trong đó  $T_2, T_1, K_3$  tương ứng là hằng số thời gian cấp 2, cấp 1 và hệ số truyền của động cơ. Sơ đồ ảnh hưởng của động cơ được thể hiện ở hình 2.



Hình 2 – Sơ đồ ảnh hưởng của động cơ Diesel  
Thiết bị khuếch đại thủy lực

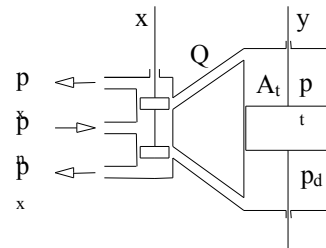
Nếu gọi  $Q$  là lưu lượng của dầu công tác trong các kênh dẫn của thiết bị khuếch đại thủy lực (Hình 3) thì theo phương trình liên tục, bỏ qua rò rỉ của dầu trong van trượt điều khiển và trong xi lanh lực, có thể viết:

$$A \cdot x(t) = F \frac{dy(t)}{dt}, \quad (3)$$

Trong đó:  
 $A$  - hệ số phụ thuộc cấu trúc của van trượt điều khiển;  
 $F$  - diện tích chịu lực của piston lực.

Hay:  $\frac{dy(t)}{dt} = \frac{A}{F} x(t) = K_2 x(t)$

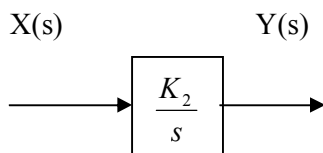
Như vậy, thiết bị khuếch đại là phần tử tích phân lý tưởng có sơ đồ ảnh hưởng như hình 3.



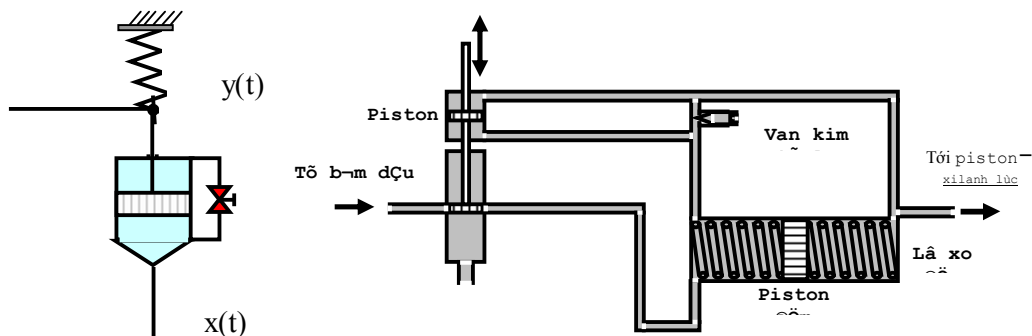
Hình 3 – Thiết bị khuếch đại

Thiết bị liên hệ ngược mềm

**Error!**



Hình 4 - Sơ đồ ảnh hưởng của thiết bị khuếch đại



Hình 5.1 - Mô hình tương đương;

5.2) Thiết bị liên hệ ngược mềm

Để thuận tiện cho việc xây dựng mô hình toán, có thể thay thế sơ đồ cấu tạo của thiết bị liên hệ ngược mềm bộ điều chỉnh vòng quay PGA như hình 5.1. bằng sơ đồ tương đương như ở hình 5.2.

Nếu gọi tín hiệu vào và tín hiệu ra lần lượt là  $x(t)$  và  $y(t)$ , có thể xây dựng mô hình toán cho thiết bị liên hệ ngược mềm trên cơ sở phương trình cân bằng lực của piston đệm trên hình 5.1 hay của điểm dưới của lò xo bù trên hình 5.2.:

$$\lambda \left[ \frac{dy(t)}{dt} - \frac{dx(t)}{dt} \right] = c y(t); \quad (4)$$

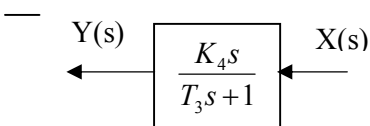
Trong đó:  $\lambda$  - hệ số giảm chấn,  $c$ -hệ số độ cứng của lò xo.

Phương trình (3) có thể được viết ở dạng toán tử:

$$(T_3 s + 1)Y(s) = K_4 s X(s); \quad (5)$$

Trong đó:  $T_3 = \frac{\lambda}{c}$ ,  $K_4 = \frac{\lambda}{c}$  - lần lượt là hằng số thời gian và hệ số truyền của thiết bị liên hệ ngược mềm.

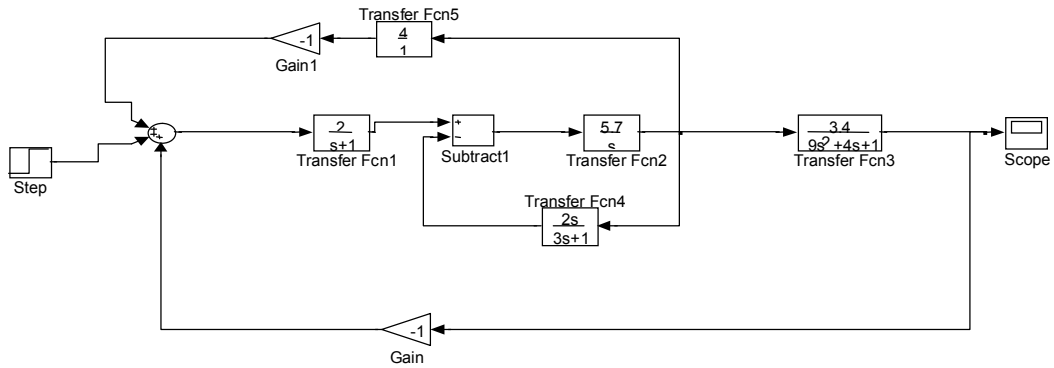
Như vậy sơ đồ ảnh hưởng của thiết bị liên hệ ngược mềm được trình bày ở hình 6.



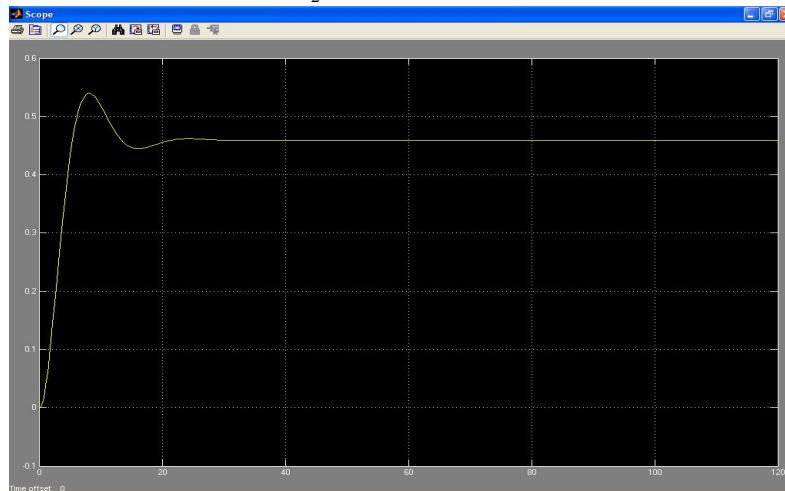
Hình 6 – Sơ đồ ảnh hưởng của thiết bị liên hệ ngược mềm

## 2.1. Mô hình hoá hệ thống

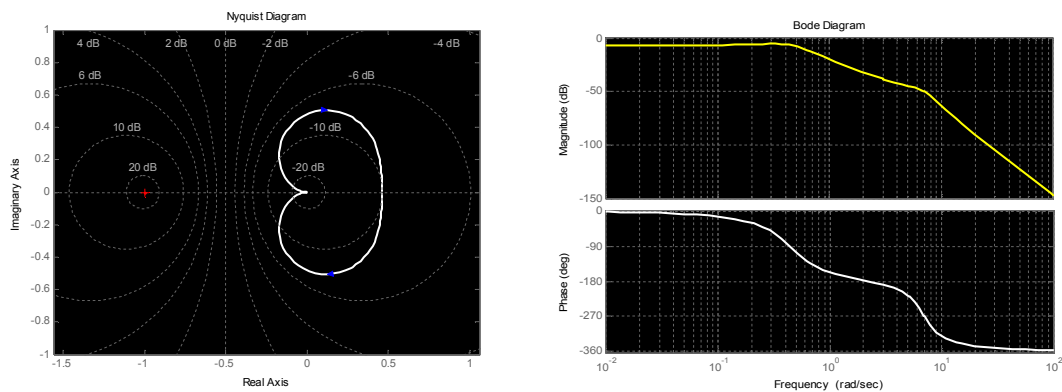
Với các sơ đồ ảnh hưởng của các phân tử cơ bản của hệ thống được trình bày ở các hình 2, 4, 6, sơ đồ ảnh hưởng của hệ thống được xây dựng bằng simulink của phần mềm Matlab như ở hình 7.



Hình 7 – Sơ đồ ảnh hưởng của hệ thống với các thông số:  $K1=2; K2=5,7; K3=3,4; K4=2; K5=4; T1=4;$   
 $T_2^2 = 9; T3=3; T4=3$



Hình 8 – Đặc tính sự thay đổi vòng quay động cơ theo thời gian khi thay đổi đột ngột lượng cấp nhiên liệu



Hình 9 – Biểu đồ Nyquist-đặc tính tần số-biên độ, pha

---

Tính chất động học của hệ thống được thể hiện trên đặc tính thời gian và các đặc tính tần số ở các hình 7, 8, và 9.

### 3. Phân tích kết quả và kết luận

Dáng điệu của đặc tính quá độ ở Hình 8 cho thấy với bộ số liệu lựa chọn, hệ thống là ổn định theo qui luật dao động tắt dần của vòng quay theo thời gian với lượng quá điều chỉnh khoảng 10%.

Dáng điệu của biểu đồ Nyquist và biểu đồ Bode ở các Hình 9 và Hình 10 cũng khẳng định hệ thống ổn định theo tiêu chuẩn Mikhailop và tiêu chuẩn Logarit:

- Men theo biểu đồ Nyquist theo chiều tăng của tần số tín hiệu vào, điểm  $(-1,0)$  luôn nằm phía bên phải.

- Trong vùng giá trị mà biên độ bằng "0", độ lệch pha giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào nằm trong khoảng  $(-\pi/2, 0)$  rad. Các kết quả này chứng tỏ tính đúng đắn của mô hình toán và mô hình mô phỏng đã xây dựng.

Trong các công bố sau, tác giả sẽ giới thiệu phương pháp tính toán các giá trị bằng số của các hằng số thời gian và hệ số truyền của hệ thống đối với các hệ thực tế, làm cơ sở để có thể hiệu chỉnh để hệ thống đạt được các chỉ tiêu động học mong muốn.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO:**

- [1]. Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания. Москва. Машиностроение, 1979.
- [2]. Крутов В.И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. Москва. Машиностроение, 1979.
- [3]. Козьминых А.В., Ланчуковский В.И. Автоматизированные системы управления судовыми и газотурбинными установками. Москва. Транспорт, 2000.

---

**Người phân biệт: TS. Quàn Trọng Hùng**