

MÔ HÌNH HÓA VÀ MÔ PHỎNG TÍNH NĂNG ĐIỀU KHIỂN CỦA HỌNG GA ĐIỆN TỬ

Nguyễn Bá Thiện^{1,*}, Lê Thanh Cường¹, Bùi Công Viên¹

Nguyễn Văn Hậu¹, Phạm Thị Như Trang¹

¹Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

*Email: nguyenbathien@qui.edu.vn

TÓM TẮT

Họng ga điện tử (Electronic Throttle Control - ETC) là một trong những hệ thống điều khiển quan trọng trên ô tô hiện đại, thay thế cơ cấu điều khiển cơ khí truyền thống bằng tín hiệu điện - điện tử. Việc nghiên cứu mô hình hóa và mô phỏng tính năng điều khiển của họng ga điện tử có ý nghĩa lớn trong thiết kế, tối ưu hóa và nâng cao độ tin cậy của hệ thống điều khiển động cơ. Bài báo này trình bày cơ sở lý thuyết, phương pháp xây dựng mô hình toán học, mô hình hóa các thành phần chính của họng ga điện tử, cũng như quy trình mô phỏng và đánh giá đặc tính điều khiển của hệ thống. Kết quả mô phỏng cho thấy mô hình có khả năng phản ánh sát hành vi thực tế của họng ga, tạo tiền đề cho việc phát triển và kiểm chứng các thuật toán điều khiển tiên tiến.

Từ khóa: Họng ga điện tử, mô hình hóa, mô phỏng, điều khiển, động cơ điện.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh ngành công nghiệp ô tô phát triển theo hướng điện tử hóa và thông minh hóa, các hệ thống điều khiển truyền thống dần được thay thế bằng các hệ thống điều khiển điện tử. Một trong những thay đổi tiêu biểu là việc chuyển từ họng ga cơ khí sang họng ga điện tử. Hệ thống họng ga điện tử loại bỏ liên kết cơ học trực tiếp giữa bàn đạp ga và cánh bướm ga, thay vào đó sử dụng các cảm biến, bộ điều khiển điện tử và cơ cấu chấp hành để điều khiển lưu lượng khí nạp vào động cơ.

Ưu điểm nổi bật của họng ga điện tử là khả năng phối hợp linh hoạt với các hệ thống khác như kiểm soát lực kéo, ổn định thân xe, kiểm soát hành trình và quản lý tiêu thụ nhiên liệu. Tuy nhiên, để khai thác hiệu quả các ưu điểm này, việc xây dựng mô hình toán học chính xác và tiến hành mô phỏng hành vi điều khiển của họng ga là yêu cầu bắt buộc trong quá trình nghiên cứu và phát triển.

Điều khiển bướm ga điện tử là một trong những cách để cải thiện hiệu suất của xe đồng thời giảm lượng khí thải [1]. Do sản xuất hàng loạt các bộ phận ô tô và chất lượng kỹ thuật tương đối thấp liên quan, ma sát khô rất đáng kể trong

bộ truyền động bướm ga. Ngay cả khi ma sát khô được biết đầy đủ, việc dự đoán ma sát khô cũng rất khó khăn [2].

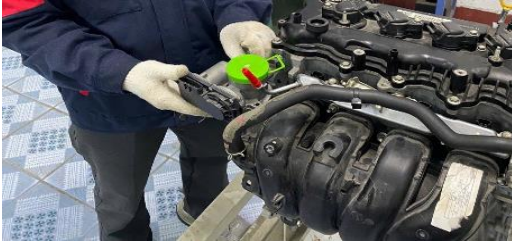
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan về hệ thống họng ga điện tử [3]

Hệ thống họng ga điện tử bao gồm các thành phần chính: bàn đạp ga điện tử, cảm biến vị trí bàn đạp, bộ điều khiển điện tử (ECU), động cơ điện một chiều điều khiển cánh bướm ga, bộ truyền bánh răng, lò xo hồi vị và cảm biến vị trí cánh bướm ga (hình 1, hình 2). Khi người lái tác động lên bàn đạp ga, tín hiệu điện áp từ cảm biến sẽ được gửi về ECU. Dựa trên các tín hiệu đầu vào và chiến lược điều khiển, ECU tính toán góc mở mong muốn của cánh bướm ga và phát lệnh điều khiển đến động cơ điện.



Hình 1a. Cụm họng ga điện tử tháo rời

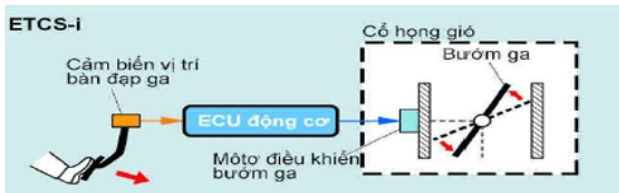


Hình 1b. Cụm họng ga điện tử lắp trên động cơ 2NR- FE dòng xe Vios 2020 của hãng Toyota

So với hệ thống cơ khí, họng ga điện tử có cấu trúc phức tạp hơn, chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố phi tuyến như ma sát, độ trễ, bão hòa điện áp và đặc tính động cơ điện. Do đó, việc mô hình hóa cần xem xét đầy đủ các yếu tố này để đảm bảo độ chính xác của mô phỏng.

2.1.1. Cơ sở mô hình hóa họng ga điện tử

Mô hình hóa họng ga điện tử thường được thực hiện theo hướng phân tách hệ thống thành các khối chức năng riêng biệt, bao gồm khối cơ điện (động cơ điện và bộ truyền), khối cơ học (cánh bướm ga và lò xo) và khối cảm biến - điều khiển.



Hình 2. Sơ đồ điều khiển hệ thống họng ga điện tử

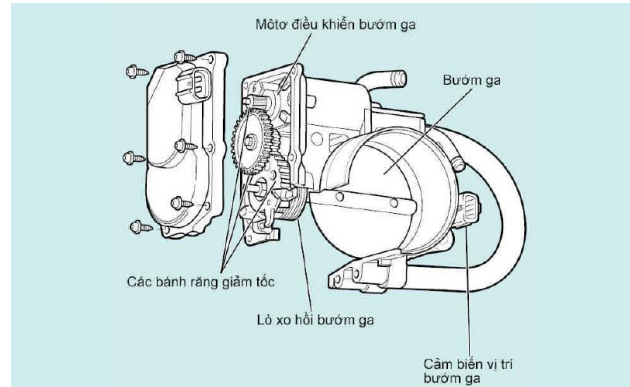
2.1.2. Mô hình động cơ điện

Động cơ điện một chiều trong họng ga điện tử được mô tả bằng các phương trình điện và cơ. Phương trình điện biểu diễn mối quan hệ giữa điện áp cấp, dòng điện và sức điện động phản kháng. Phương trình cơ mô tả mối quan hệ giữa mô men điện từ, mô men tải và tốc độ quay. Hai phương trình này kết hợp với nhau tạo thành mô hình động lực học của động cơ điện.

2.1.3. Cơ cấu truyền động và cánh bướm ga

Cánh bướm ga chịu tác động của mô men từ động cơ điện, mô men lò xo hồi vị và mô men ma sát. Góc quay của cánh bướm là đại lượng đầu ra quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến lưu lượng khí nạp. Trong mô hình, ma sát thường được biểu diễn dưới dạng ma sát nhớt và ma sát khô,

trong khi lò xo hồi vị được mô tả bằng hệ số đàn hồi (hình 3).



Hình 3. Cấu tạo bên trong cụm họng ga

2.1.4. Cảm biến vị trí họng ga

Cảm biến vị trí cánh bướm ga và cảm biến bàn đạp ga được mô hình hóa như các khối chuyển đổi từ đại lượng cơ học sang tín hiệu điện áp. Mặc dù có độ chính xác cao, các cảm biến vẫn tồn tại nhiễu và sai lệch, cần được xem xét trong mô phỏng để phản ánh điều kiện làm việc thực tế (hình 3).



Hình 4. Cụm cảm biến vị trí họng ga điện tử.

2.2. Xây dựng mô hình toán học tổng thể

Sau khi mô hình hóa từng thành phần, các mô hình con được liên kết để tạo thành mô hình tổng thể của hệ thống họng ga điện tử. Mô hình này thường được biểu diễn dưới dạng hệ phương trình vi phân phi tuyến. Trong một số trường hợp, để thuận tiện cho thiết kế điều khiển, mô hình có thể được tuyến tính hóa xung quanh điểm làm việc xác định [1].

Việc xây dựng mô hình tổng thể cho phép phân tích mối quan hệ giữa tín hiệu điều khiển và góc mở cánh bướm ga, cũng như đánh giá ảnh hưởng của các tham số như mô men quán tính,

hệ số ma sát và đặc tính động cơ điện đến đáp ứng hệ thống.

Mô hình hệ thống hợng ga điện tử

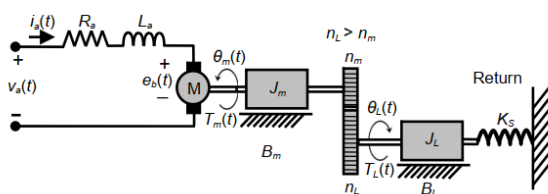
Hệ thống cụm hợng ga điện tử lắp trên động cơ 2NR- FE của hãng Toyota, đặc biệt là mô-đun hợng ga, được sử dụng trong nhiều mẫu xe được hiển thị trong hình 1 và hình 2. Mô-đun bao gồm: một tấm hợng ga được điều khiển bởi một động cơ DC điều khiển phản ứng với hai cảm biến vị trí góc dự phòng;

Thân hợng ga, động cơ một chiều DC;

Điện áp đầu vào phản ứng, $v_a(t)$;

Tấm hợng ga với đại lượng vận tốc góc tấm hợng ga $\omega(t)$.

Độ mở của cánh van hợng ga từ $7,5^0$ - 90^0 , bộ giới hạn góc tấm hợng ga hoạt động như một điểm dừng cơ học ở 90^0 khi tấm hợng ga ở vị trí mở hoàn toàn và khoảng $7,5^0$ ở vị trí đóng hoàn toàn [6]. Việc mở một phần nhỏ tấm hợng ga này cung cấp đủ lưu lượng không khí để cho phép động cơ chạy ở tốc độ không tải, cho phép người lái xe di chuyển chậm xe, đôi khi được gọi là chạy về nhà trong tình trạng khẩn cấp, đến một nơi an toàn khi không có điều khiển hợng ga ở công suất tối đa. Hai bộ truyền động giảm tốc với tổng tỷ số truyền $N = 20,68$, được xác định bằng cách đếm số răng của các bánh răng. Một lò xo hồi K_s đảm bảo van tiết lưu trở về vị trí đóng một cách an toàn khi động cơ DC không tạo ra mô-men xoắn. Hình 5 hiển thị sơ đồ hệ thống ETC trong hình 1. Mô hình toán học cho hệ thống ETC có thể được coi là một hệ thống cơ khí một trục bằng cách chuyển tất cả các tham số của mô hình đến trục van tiết lưu (tải) thông qua tỷ số truyền [7].



Hình 5. Sơ đồ mô hình hóa các thông số toán học của cụm hợng ga [4]

Các thông số và ký hiệu được sử dụng để xây dựng mô hình toán học của hệ thống ETC cụ thể này được liệt kê dưới đây:

R_a : Điện trở của mạch phản ứng;

L_a : Độ tự cảm của mạch phản ứng;

K_b : Hệ số sức điện động ngược (emf) quy đổi về phía động cơ;

K_b^* : Hệ số sức điện động ngược quy đổi về phía tải;

K_m : Hằng số mô-men xoắn động cơ quy đổi về phía động cơ;

K_m^* : Hằng số mô-men xoắn động cơ quy đổi về phía tải;

J_m : Mô-men quán tính động cơ;

J_L : Mô-men quán tính của tấm hợng ga;

J_{eq} : Mô-men quán tính tương đương quy đổi về phía tải;

B_m : Hệ số giảm chấn nhớt của động cơ;

B_L : Hệ số giảm chấn nhớt của tấm hợng ga;

B_{eq} : Hệ số giảm chấn nhớt tương đương quy đổi về phía tải;

K_s : Độ cứng lò xo hồi vị;

T_{PL} : Mô-men xoắn tải trước của lò xo;

f : Mô-men xoắn ma sát sinh ra do chuyển động của tấm hợng ga;

N : Tỷ số truyền $N = \frac{n_L}{n_m} = \frac{\omega_m}{\omega_L}$;

$e_b(t)$: Điện áp do sức điện động tạo ra;

$\theta_L(t)$: Góc xoay của tấm van ga;

$\omega_L(t)$: Vận tốc góc của tấm hợng ga;

$\theta_m(t)$: Vị trí góc của động cơ;

$\omega_m(t)$: Vận tốc góc của động cơ;

$T_L(t)$: Mômen tải truyền qua hệ thống giảm tốc;

$v_a(t)$: Điện áp phản ứng;

$i_a(t)$: Dòng điện phản ứng.

Tham khảo hình 5, mạch phản ứng của hệ thống ETC được mô tả bởi phương trình,

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a \cdot i_a(t) + K_b \cdot \omega_m(t) = v_a(t) \quad (1)$$

Thay thế $N = \frac{\omega_m}{\omega_L}$ và $K_b^* = K_b \cdot N$ thế vào phương trình (1) ta có

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a \cdot i_a(t) + K_b^* \cdot \omega_L(t) = v_a(t) \quad (2)$$

Phương trình cân bằng mô-men xoắn được cho bởi

$$J_m \cdot \dot{\omega}_m(t) + B_m \cdot \omega_m(t) + \frac{T_L(t)}{N} = K_m \cdot i_a(t) \quad (3)$$

Mômen tải T_L của hệ thống ETC trong (3) được điều chỉnh bởi

$$T_L(t) = J_L \cdot \dot{\omega}_L(t) + B_L \cdot \omega_L(t) + K_S \theta_L(t) + T_{PL} + T_f \cdot \text{sgn}(\omega_L) \quad (4)$$

trong đó $\text{sgn}(\omega_L)$ là hàm dấu được định nghĩa bởi

$$\text{sgn}(\omega_L) = \begin{cases} -1 & \text{nếu } \omega_L < 0, \\ 0 & \text{nếu } \omega_L = 0' \\ 1 & \text{nếu } \omega_L > 0. \end{cases}$$

Kết hợp (3) và (4) với $N = \frac{\omega_m}{\omega_L}$ ta thu được

$$J_{eq} \cdot \dot{\omega}_L(t) + B_{eq} \cdot \omega_L(t) + K_S \theta_L(t) + T_{PL} + T_f \cdot \text{sgn}(\omega_L) = K_m^* \cdot i_a(t) \quad (5)$$

Trong đó $J_{eq} = (N^2 \cdot J_m + J_L)$, $B_{eq} = (N^2 \cdot B_m + B_L)$ và $K_m^* = N \cdot K_m$

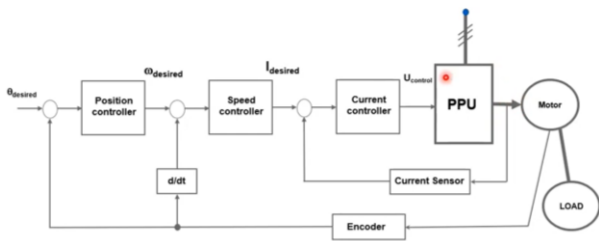
Do đó, các phương trình (2) và (6) biểu thị mô hình toán học ETC đề cập đến phía tải.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Mô phỏng hệ thống

Mô phỏng hòng ga điện tử thường được thực hiện trên các môi trường phần mềm như MATLAB/Simulink. Trong môi trường này, mỗi thành phần của hệ thống được xây dựng dưới dạng một khối chức năng, cho phép dễ dàng thay đổi tham số và cấu trúc điều khiển [1].

Quá trình mô phỏng bao gồm việc thiết lập tín hiệu đầu vào tương ứng với thao tác bàn đạp ga, lựa chọn thuật toán điều khiển là bộ điều khiển Proportional Integral Derivative Controller (PID), và quan sát đáp ứng của góc mở cánh bướm ga theo thời gian. Các chỉ tiêu đánh giá bao gồm thời gian đáp ứng, độ quá điều chỉnh, sai lệch xác lập và khả năng ổn định.



Hình 6. Sơ đồ mạch vòng điều khiển [2]

Sơ đồ mạch vòng điều khiển, mạch vòng điều khiển dòng điện/mô-men, mạch vòng điều khiển tốc độ, mạch vòng điều khiển vị trí. Xét với hòng

van ga điện tử, nhóm tác giả viết chương trình trên phần mềm Matlab- Simulink, sử dụng mạch vòng điều khiển vị trí.

- Tín hiệu đầu vào từ tín hiệu cảm biến bàn đạp ga (hình 2);

- Tín hiệu phản hồi từ cảm biến vị trí van hòng ga (hình 2);

- Bộ điều khiển trung tâm nhận tín hiệu, nhóm tác giả sử dụng mô đun thuật toán phổ biến nhất là **PID (Proportional-Integral-Derivative)** kết hợp với các khối bù phi tuyến để xử lý đặc tính cơ khí phức tạp;

- Cấu trúc vòng lặp kín (Closed-loop Control) : Thuật toán hoạt động dựa trên phản hồi từ cảm biến vị trí van hòng ga (TPS);

Tín hiệu vào (Setpoint): Góc mở van hòng ga mong muốn từ bàn đạp ga.

Tín hiệu phản hồi (Feedback): Góc mở thực tế được đo bởi cảm biến TPS.

Sai số (Error): Sự chênh lệch giữa góc mở mong muốn và thực tế. Thuật toán sẽ tính toán để triệt tiêu sai số này.

- Thành phần cốt lõi: Bộ điều khiển PID

Trong Simulink, khối PID Controller thực hiện 3 nhiệm vụ:

P (Proportional - Tỷ lệ): Tạo lực đẩy nhanh van hòng ga về vị trí đích. K_p càng lớn, đáp ứng càng nhanh nhưng dễ gây vượt quá mục tiêu điểm dừng giới hạn dự kiến một cách thiếu kiểm soát.

I (Integral - Tích phân): Triệt tiêu sai số xác lập, đảm bảo van hòng ga dừng chính xác tại vị trí yêu cầu dù có lực cản của lò xo.

D (Derivative - Vi phân): Tạo lực cản "hãm" khi van hòng ga sắp đến đích, giúp giảm rung động và vượt quá mục tiêu điểm dừng giới hạn dự kiến một cách thiếu kiểm soát.

- Thành phần bù phi tuyến (Nonlinear Compensation)

Hòng ga không phải là một hệ thống tuyến tính đơn giản, vì vậy thuật toán cần các khối hỗ trợ: Bù lò xo (Spring Compensation): Lò xo phản hồi luôn kéo van hòng ga về vị trí "Limp-home". Thuật toán cần cộng thêm một lượng mô-men xoắn bù để giữ van hòng ga đứng yên tại các vị

trí khác. Chống bão hòa tích phân (Anti-windup): Khi van họng ga đã mở tối đa (100%) nhưng sai số vẫn còn, thành phần I sẽ tích lũy rất lớn. Khối Anti-windup giúp ngăn chặn hiện tượng này để hệ thống không bị "treo" khi cần đóng ga gấp. Vùng chết (Dead-zone): Xử lý hiện tượng ma sát tĩnh và độ rơ bánh răng khi van họng ga bắt đầu chuyển động.

Trong sơ đồ điều khiển trên Simulink, đầu ra của bộ PID thường được hiểu là tín hiệu điều khiển (Control Signal). Lý do tại sao tín hiệu này lại tương ứng với Điện áp (và cuối cùng là PWM) được giải thích qua các bước sau:

1. Mối quan hệ giữa Mô-men và Điện áp bướm ga điện tử được vận hành bởi một mô tơ DC. Theo phương trình vật lý của mô tơ DC: Vì vậy, để thay đổi góc mở bướm ga, bộ điều khiển cần thay đổi mô-men xoắn, mà muốn thay đổi mô-men xoắn thì cách duy nhất là thay đổi điện áp cấp vào mô tơ.

2. PID đóng vai trò "Người ra lệnh"

Bộ PID tính toán dựa trên sai số giữa góc mở thực tế và góc mở mong muốn: Nếu sai số lớn (cần mở ga nhanh): PID sẽ xuất ra một giá trị số lớn (ví dụ: +12V) để mô tơ quay mạnh. Nếu sai số nhỏ (sắp đến đích): PID sẽ xuất ra giá trị nhỏ hơn (ví dụ: +2V) để hãm mô tơ lại. Nếu cần đóng ga: PID sẽ xuất giá trị âm (ví dụ: -12V) để đảo chiều dòng điện và quay ngược mô tơ.

3. Từ Giá trị tính toán đến PWM (Thực tế triển khai)

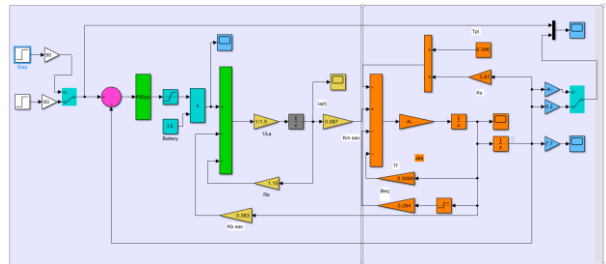
Mặc dù PID tính ra giá trị điện áp (ví dụ 7.5V), nhưng các bộ vi điều khiển (ECU) không thể xuất ra một mức điện áp biến thiên liên tục một cách hiệu quả. Thay vào đó, chúng sử dụng PWM (Pulse Width Modulation): Giá trị PID: Là một con số đại diện cho mức điện áp trung bình cần thiết. PWM: Chuyển con số đó thành "độ rộng xung".

Ví dụ: Nếu hệ thống dùng nguồn 12V, để có mức điện áp trung bình là 6V (tương đương 50% công suất), bộ PWM sẽ đóng/ngắt điện với chu kỳ 50% bật và 50% tắt.

2.3.2. Xây dựng mô hình và mô phỏng trên phần mềm MATLAB/Simulink hoạt động của van họng ga

Từ thuật toán mô tả tại phương trình số 2 và

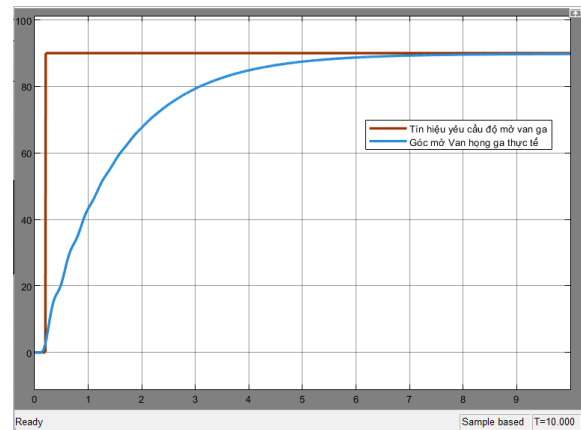
số 5, lập trình xây dựng khối điều khiển mô phỏng trên phần mềm Simulink, với giá trị của một số tham khảo trong tài liệu [4], [5], nhóm tác giả đã lập trình chương trình mô phỏng như hình 7.



Hình 7. Chương trình lập trình mô phỏng tính năng hoạt động của van họng ga điện tử

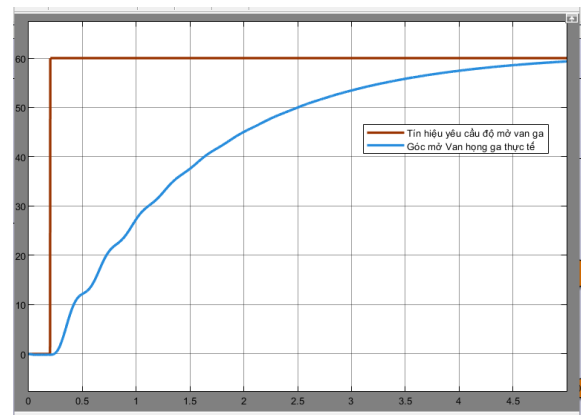
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

- Kết quả khảo sát, với tín hiệu đầu vào góc mở van họng ga từ 0° đến 90°, độ mở của van họng ga đã đáp ứng khá tốt, như hình 8



Hình 8. Kết quả khảo sát, với tín hiệu đầu vào góc mở van họng ga từ 0° đến 60°

Kết quả khảo sát, với tín hiệu đầu vào góc mở van họng ga từ 0° đến 60°, độ mở của van họng ga đã đáp ứng khá tốt, như hình 9



Hình 9. Kết quả khảo sát, với tín hiệu đầu vào góc mở van họng ga từ 0° đến 60°

Kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống họng ga điện tử có khả năng đáp ứng nhanh và tương đối chính xác với yêu cầu của người lái khi thuật toán điều khiển được thiết kế phù hợp. So với điều khiển hờ vòng, điều khiển kín vòng với phản hồi vị trí van họng ga giúp giảm sai lệch và nâng cao độ ổn định.

Ngoài ra, mô phỏng cũng cho phép đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố phi tuyến như ma sát và độ trễ đến chất lượng điều khiển. Thông qua việc điều chỉnh tham số mô hình và bộ điều khiển, có thể tìm ra cấu hình tối ưu nhằm đảm bảo hệ thống hoạt động tin cậy trong nhiều điều kiện khác nhau.

Việc mô hình hóa và mô phỏng họng ga điện tử không chỉ phục vụ mục đích nghiên cứu mà còn có ý nghĩa thực tiễn trong thiết kế và kiểm thử hệ thống trên ô tô. Mô hình mô phỏng giúp giảm chi phí thử nghiệm thực tế, đồng thời cho phép đánh giá nhanh nhiều phương án điều

khiển khác nhau.

Tuy nhiên, để mô hình đạt độ chính xác cao, cần có dữ liệu thực nghiệm nhằm hiệu chỉnh các tham số. Bên cạnh đó, các yếu tố như lão hóa linh kiện và điều kiện môi trường cũng là những thách thức cần được xem xét trong các nghiên cứu tiếp theo.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo đã trình bày một cách hệ thống về mô hình hóa và mô phỏng tính năng điều khiển của họng ga điện tử. Thông qua việc xây dựng mô hình toán học cho các thành phần chính và thực hiện mô phỏng, có thể đánh giá được đặc tính động học và khả năng đáp ứng của hệ thống. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình đề xuất là công cụ hữu hiệu trong việc phân tích và thiết kế điều khiển họng ga điện tử, góp phần nâng cao hiệu quả và độ an toàn của hệ thống điều khiển động cơ trên ô tô hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Phùng Quang (2006), *Matlab & Simulink for automatic control engineers*, Science and Technology Publishing House, Hanoi.
- [2]. Trần Quang Thọ (2020), *Automatic Electric Transmission*, Ho Chi Minh City National University Publishing House.
- [3]. Toyota Vietnam Service Training Manual.
- [4]. H. Streib and G. Bischof, "Electronic Throttle Control (ETC): A Cost Effective System for Improved Emissions, Fuel Economy, and Drivability," SAE No. 960338, 1996.
- [5]. W. Huber, B. Lieberoth-Leden, W. Maisch and A. Reppich, "Electronic Throttle Control," *Automotive Engineering*, Vol. 99, No. 6, 1991, pp. 15-18.
- [6]. T. Kowatari, T. Usui, and S. Tokumoto, "Optimization of an Electronic-Throttle-Control Actuator for Gasoline Direct-Injection Engines," SAE Paper No. 1999-01-0542, 1999.
- [7]. C. Rossi, A. Tilli and A. Tonielli, "Robust Control of a Throttle Body for Drive by Wire Operation of Automotive Engines," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, Vol. 8, No. 6, 2000, pp. 993-1002.

Thông tin của tác giả:

ThS. Nguyễn Bá Thiện

Phó Trưởng Khoa Cơ khí- Động lực, Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).977.194.959 - Email: nguyenbathien@qui.edu.vn

ThS. Lê Thanh Cường

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).902.138.689 - Email: lethanhuong@qui.edu.vn

ThS. Bùi Công Viên

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).987.396.089 - Email: buicongvien@qui.edu.vn**ThS. Nguyễn Văn Hậu**

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).989.089.684 - Email: nguyenvanhau@qui.edu.vn**ThS. Phạm Thị Như Trang**

Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh

Điện thoại: +(84).395.261.984 - Email: phamthinhutrang@qui.edu.vn

MODELING AND SIMULATION OF ELECTRONIC THROTTLE BODY CONTROL PERFORMANCE

Information about authors:

Nguyen Ba Thien, Prof. Ph.D., Head of Department XYZ, Quang Ninh University of Industry, email: nguyenbathien@qui.edu.vn

Le Thanh Cuong, Assoc. Prof. Ph.D., Quang Ninh University of Industry

Bui Cong Vien, Ph.D., ABC University

Nguyen Van Hau, Ph.D., ABC University

Pham Thi Nhu Trang, Ph.D., ABC University

ABSTRACT:

Electronic Throttle Control (ETC) is a crucial control system in modern automobiles, replacing traditional mechanical linkages with electronic signals. Researching the modeling and simulation of ETC control performance is vital for designing, optimizing, and enhancing the reliability of engine management systems. This paper presents the theoretical foundations, mathematical modeling methods, and modeling of key components within the electronic throttle body, as well as the procedures for simulating and evaluating the system's control characteristics. The simulation results demonstrate that the model accurately reflects the real-world behavior of the throttle, providing a foundation for developing and verifying advanced control algorithms.

Keywords: *Electronic Throttle Control (ETC), modeling, simulation, control, electric motor.*

REFERENCES

- [1]. Quang N P (2006), Matlab & Simulink for automatic control engineers, Science and Technology Publishing House, Hanoi.
- [2]. Tho T Q (2020), Automatic Electric Transmission, Ho Chi Minh City National University Publishing House.
- [3]. Toyota Vietnam Service Training Manual
- [4]. H. Streib and G. Bischof, "Electronic Throttle Control (ETC): A Cost Effective System for Improved Emissions, Fuel Economy, and Drivability," SAE No. 960338, 1996.
- [5]. W. Huber, B. Lieberoth-Leden, W. Maisch and A. Reppich, "Electronic Throttle Control," *Automotive Engineering*, Vol. 99, No. 6, 1991, pp. 15-18.

- [6]. T. Kowatari, T. Usui, and S. Tokumoto, "Optimization of an Electronic-Throttle-Control Actuator for GasolineDirect-Injection Engines," SAE Paper No. 1999-01-0542, 1999.
- [7]. C. Rossi, A. Tilli and A. Tonielli, "Robust Control of a Throttle Body for Drive by Wire Operation of Automotive Engines," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, Vol. 8, No. 6, 2000, pp. 993-1002.

Ngày nhận bài: 28/03/2026;

Ngày nhận bài sửa: 13/04/2026;

Ngày chấp nhận đăng: 17/04/2026.