

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**



BÁO CÁO GIỮA KÌ
Bộ môn: Các cơ cấu truyền động

Đề tài:
MÔ PHỎNG VÀ ĐIỀU KHIỂN VỊ TRÍ – VẬN TỐC
ĐỘNG DC SỬ DỤNG MATLAB/SIMULINK

Tên thành viên	Mã sinh viên
Bùi Quang Dương	22027512
Lâm Việt Anh	22027553
Đinh Mạnh Tuyên	22027548

MỤC LỤC

I. TÓM TẮT NỘI DUNG.....	4
II. GIỚI THIỆU ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU	5
III. CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	6
3.1. Giới thiệu cơ sở lý thuyết	6
3.2. Mô hình điện của động cơ DC	6
3.3. Mô hình cơ học của động cơ DC	6
3.4. Xây dựng hàm truyền của hệ thống.....	6
IV. THIẾT KẾ HỆ THỐNG	8
4.1. Ý tưởng thiết kế hệ thống	8
4.2. Ý tưởng thiết kế mô phỏng	8
4.3. Ý tưởng điều khiển động cơ dựa trên phản hồi.....	9
V. MÔ PHỎNG MATLAB/SIMULINK	10
5.1. Thông số kỹ thuật của động cơ DC sử dụng trong mô phỏng.....	10
5.2. Cấu hình mô phỏng điều khiển vị trí động cơ	10
5.3. Cấu hình mô phỏng điều khiển vận tốc.....	11
5.4. Tham số PID và điều chỉnh.....	12
5.5. Kết quả mô phỏng	13
5.5.1. Mô phỏng điều khiển vị trí góc.....	13
5.5.1. Mô phỏng điều khiển vận tốc	14
VI. KẾT LUẬN	16
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	17
PHỤ LỤC – LIÊN KẾT DỰ ÁN	18

DANH MỤC ẢNH

Hình 1. Mô hình động cơ DC.....	5
Hình 2. Kết quả thu được sau khi chạy lệnh “tf” trong MATLAB	10
Hình 3. Mô phỏng điều khiển vị trí động cơ	11
Hình 4. Mô phỏng điều khiển vận tốc động cơ	11
Hình 5. Kết quả mô phỏng vị trí	13
Hình 6. Kết quả mô phỏng vận tốc	14

I. TÓM TẮT NỘI DUNG

Trong báo cáo này, nhóm đã nghiên cứu quá trình mô hình hóa và mô phỏng một hệ thống điều khiển vị trí và vận tốc cho động cơ điện một chiều (DC), với mục tiêu đánh giá hiệu quả của bộ điều khiển trong việc đáp ứng các yêu cầu về độ chính xác và ổn định. Toàn bộ quá trình được thực hiện trên nền tảng MATLAB/Simulink – một công cụ mạnh mẽ cho mô phỏng hệ thống động lực học và điều khiển.

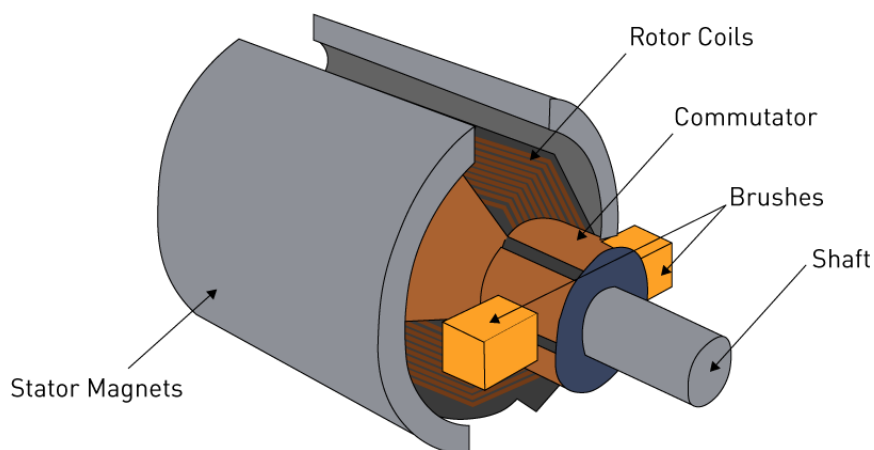
Ở phần đầu của báo cáo, nhóm sẽ trình bày mô hình toán học của động cơ DC dựa trên các phương trình đặc trưng cho phần điện và phần cơ của hệ thống, bao gồm phương trình điện áp, phương trình mô-men – quán tính và quan hệ giữa dòng điện và vận tốc góc. Dựa vào đó, một sơ đồ khối tổng thể mô phỏng hoạt động của động cơ được thiết lập trong môi trường Simulink, giúp hình dung rõ ràng mối quan hệ giữa tín hiệu điều khiển và phản hồi của hệ thống.

Trong phần sau của báo cáo, nhóm tiến hành thiết kế bộ điều khiển PID theo cấu trúc vòng kín để điều chỉnh vận tốc và vị trí của động cơ. Việc điều chỉnh các tham số PID được thực hiện nhằm tối ưu hóa đáp ứng của hệ thống, giảm thiểu sai số điều khiển, rút ngắn thời gian quá độ và đảm bảo tính ổn định trong điều kiện làm việc khác nhau.

Báo cáo không chỉ cung cấp một cái nhìn tổng quan về lý thuyết và mô hình toán học của động cơ DC, mà còn trình bày quá trình xây dựng mô hình Simulink và đánh giá hiệu quả hoạt động của hệ thống điều khiển thông qua các kết quả mô phỏng chi tiết. Nghiên cứu cũng góp phần khẳng định vai trò quan trọng của MATLAB/Simulink trong việc xây dựng và thử nghiệm các hệ thống truyền động điện trong cả môi trường học thuật lẫn công nghiệp thực tiễn.

II. GIỚI THIỆU ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Động cơ điện một chiều (DC) là một trong những loại động cơ được sử dụng phổ biến nhất trong các hệ thống điều khiển truyền động nhờ vào cấu tạo đơn giản, khả năng điều chỉnh tốc độ linh hoạt và tính ứng dụng cao.



Hình 1. Mô hình động cơ DC

Từ các thiết bị điện dân dụng đến các hệ thống tự động hóa trong công nghiệp, động cơ DC luôn giữ vai trò quan trọng trong việc chuyển đổi năng lượng điện thành chuyển động cơ học chính xác và hiệu quả.

Trong các ứng dụng thực tiễn, việc điều khiển chính xác vận tốc và vị trí của động cơ DC là yếu tố then chốt nhằm đảm bảo hiệu suất và độ tin cậy của toàn bộ hệ thống. Tuy nhiên, quá trình điều khiển này đòi hỏi phải có hiểu biết sâu về mô hình toán học của động cơ, cũng như áp dụng các kỹ thuật điều khiển phù hợp để đạt được đáp ứng nhanh, sai số nhỏ và độ ổn định cao. Đặc biệt, với sự phát triển mạnh mẽ của các công cụ mô phỏng số, việc thiết kế và kiểm thử hệ thống điều khiển ngày càng trở nên thuận tiện, chính xác và tiết kiệm thời gian hơn.

Trong bối cảnh đó, MATLAB/Simulink được xem là một nền tảng mô phỏng lý tưởng cho các bài toán điều khiển hệ thống truyền động điện nhờ vào khả năng tích hợp trực quan giữa mô hình toán học và môi trường mô phỏng thực thi. Simulink cho phép người dùng thiết lập sơ đồ khối mô phỏng, áp dụng các bộ điều khiển như PID, và theo dõi các đáp ứng của hệ thống trong thời gian thực.

Dựa trên các yêu cầu nêu trên, báo cáo này nhằm mục tiêu xây dựng mô hình động cơ DC, thiết kế bộ điều khiển vị trí và vận tốc sử dụng PID, và thực hiện mô phỏng toàn bộ hệ thống trong MATLAB/Simulink. Qua đó, nhóm không chỉ kiểm chứng được tính đúng đắn của mô hình toán học và giải pháp điều khiển, mà còn đánh giá được hiệu suất hệ thống thông qua các tiêu chí kỹ thuật như độ vượt, thời gian quá độ và sai số ổn định.

III. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

3.1. Giới thiệu cơ sở lý thuyết

Động cơ điện một chiều (DC motor) là thiết bị chuyển đổi năng lượng điện thành cơ năng thông qua sự tương tác giữa từ trường và dòng điện chạy trong dây quấn.

Động cơ DC có khả năng điều chỉnh tốc độ thông qua các cơ chế đơn giản, nên rất phổ biến trong các hệ thống điều khiển cần phản hồi nhanh và độ chính xác cao.

Để thiết kế bộ điều khiển cho động cơ DC một cách chính xác và hiệu quả, cần hiểu rõ cấu trúc vật lý, mô hình hóa hệ thống thành các phương trình toán học, từ đó xây dựng mô hình mô phỏng hoặc hàm truyền trong môi trường MATLAB/Simulink.

3.2. Mô hình điện của động cơ DC

Phần điện của động cơ có thể được biểu diễn như một mạch R-L nối tiếp với một suất điện động ngược (back EMF). Theo định luật Kirchhoff về điện áp:

$$V_a(t) = L_a \frac{di_a(t)}{dt} + R_a i_a(t) + e_b(t) \quad (1)$$

Trong đó:

- $V_a(t)$: điện áp đầu vào (V)
- L_a : độ tự cảm ứng (H)
- R_a : điện trở phần ứng (Ω)
- $i_a(t)$: dòng điện phần ứng (A)
- $e_b(t) = K_b \cdot \omega(t)$: suất điện động ngược (V)
- K_b : hằng số suất điện động (V.s/rad)
- $\omega(t)$: tốc độ góc (rad/s)

3.3. Mô hình cơ học của động cơ DC

$$J \frac{d\omega(t)}{dt} + D \cdot \omega(t) = T(t) \quad (2)$$

Trong đó:

- J : mô-men quán tính ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
- D : hệ số ma sát nhớt ($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$)
- $T(t) = K_t \cdot i_a(t)$: mô-men điện từ tạo ra bởi dòng điện
- K_t : hằng số mô-men ($\text{N} \cdot \text{m/A}$)

3.4. Xây dựng hàm truyền của hệ thống

Áp dụng biến đổi Laplace cho các mô hình của động cơ DC, ta thu được 2 phương trình bao gồm:

Từ mô hình điện:

$$V_a(s) = L_s s I_a(s) + R_a I_a(s) + K_b \Omega(s) \quad (3)$$

Từ mô hình cơ học:

$$J s \Omega(s) + D \Omega(s) = K_t I_a(s) \quad (4)$$

$$\Rightarrow I(s) = \frac{Js+D}{K_t} \cdot \Omega(s)$$

Thay (4) vào (3):

$$V_a(s) = \left[L_a s \cdot \frac{Js + D}{K_t} + R_a \cdot \frac{Js + D}{K_t} + K_b \right] \cdot \Omega(s) \quad (5)$$

Rút gọn:

$$V_a(s) = \left[\frac{(L_a s + R_a) \cdot (Js + D)}{K_t} + K_b \right] \cdot \Omega(s) \quad (6)$$

Suy ra:

$$\frac{\Omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K_t}{(L_a s + R_a)(J s + D) + K_b K_t}$$

Từ đó thu được hàm truyền:

$$G(s) = \frac{\Omega(s)}{V_a(s)} = \frac{K_t}{L_a J s^2 + (L_a D + R_a J) s + (R_a D + K_b K_t)} \quad (7)$$

IV. THIẾT KẾ HỆ THỐNG

4.1. Ý tưởng thiết kế hệ thống

Mục tiêu chính của hệ thống là điều khiển chính xác tốc độ quay và vị trí góc của động cơ điện một chiều (DC motor), dựa trên tín hiệu đầu vào đã định trước. Để đạt được điều đó, nhóm lựa chọn tiếp cận theo mô hình điều khiển vòng kín kết hợp với bộ điều khiển PID nhờ tính ổn định cao, khả năng điều chỉnh linh hoạt và dễ triển khai trên môi trường mô phỏng như MATLAB/Simulink.

Ý tưởng tổng thể của thiết kế hệ thống được chia thành hai tầng mô phỏng độc lập:

- **Hệ thống điều khiển vị trí góc:** đầu vào là vị trí mong muốn (rad), đầu ra là vị trí thực tế. Vị trí được điều khiển thông qua điều chỉnh điện áp phản ứng của động cơ, có phản hồi vị trí để đảm bảo sai số nhỏ nhất.
- **Hệ thống điều khiển tốc độ góc:** đầu vào là tốc độ mong muốn (rad/s), đầu ra là tốc độ thực tế. Đây là một tầng điều khiển vận tốc đơn, có thể sử dụng độc lập hoặc làm vòng lặp bên trong trong các cấu trúc điều khiển vị trí nâng cao.

Việc chia hệ thống thành hai khối riêng biệt giúp quá trình kiểm tra, đánh giá và hiệu chỉnh trở nên trực quan, dễ dàng so sánh, đồng thời có thể mở rộng linh hoạt về sau.

4.2. Ý tưởng thiết kế mô phỏng

Trên môi trường MATLAB/Simulink, nhóm xây dựng hai sơ đồ mô phỏng tương ứng cho hai chế độ điều khiển:

a) Mô hình điều khiển vị trí góc (Angular Position Control)

- **Đầu vào:** một khối giá trị hằng (1 rad) đại diện cho vị trí mong muốn.
- **Bộ so sánh sai số:** lấy hiệu giữa giá trị đặt và vị trí thực tế (phản hồi).
- **PID Controller:** điều chỉnh điện áp phản ứng để đưa hệ thống về vị trí mong muốn.
- **Khối động cơ DC:** mô hình hóa bằng hàm truyền bậc 3 như đã tính toán.
- **Phản hồi:** lấy trực tiếp vị trí góc đầu ra đưa ngược về điểm so sánh.
- **Hiển thị:** khối Scope hiển thị output response và sai số theo thời gian.

b) Mô hình điều khiển tốc độ góc (Angular Velocity Control)

- **Đầu vào:** khối hằng (1 rad/s) làm tốc độ mong muốn.
- **So sánh sai số:** sai số giữa tốc độ đặt và tốc độ thực tế.
- **PID Controller:** xuất điện áp phản ứng cho động cơ.
- **Khối động cơ DC:** cùng hàm truyền như trên.
- **Lấy vận tốc:** đầu ra của khối động cơ chính là tốc độ góc $\omega(t)$.

- **Lấy vị trí (nếu cần):** tín hiệu vận tốc được đưa qua khối tích phân $1/s$ để thu được vị trí góc.
- **Hiện thị:** Scope hiển thị đáp ứng đầu ra và sai số vận tốc.

4.3. Ý tưởng điều khiển động cơ dựa trên phản hồi

Để đảm bảo hệ thống hoạt động ổn định và chính xác, nhóm áp dụng chiến lược điều khiển dựa trên phản hồi vòng kín. Phản hồi giúp hệ thống tự động điều chỉnh để giảm sai số và ổn định đầu ra trước các nhiễu loạn hoặc thay đổi tham số.

Có hai lớp điều khiển:

- **Điều khiển vận tốc (vòng trong)**

Mục tiêu là giữ cho tốc độ quay luôn bám sát tốc độ đặt trước. Vận tốc thực tế được đo trực tiếp hoặc tính từ đạo hàm của vị trí. Phản hồi tốc độ giúp hệ thống phản ứng nhanh và chính xác.

- **Điều khiển vị trí (vòng ngoài)**

Vòng ngoài xử lý sai số vị trí và tạo ra một tín hiệu vận tốc mong muốn làm đầu vào cho vòng trong. Nhờ cấu trúc điều khiển PID hai vòng, hệ thống có thể vừa điều khiển được vị trí chính xác, vừa giữ được tính ổn định và mượt mà của phản hồi vận tốc.

V. MÔ PHỎNG MATLAB/SIMULINK

Sau khi đã có được mô hình toán học, ý tưởng thiết kế hệ thống, mô phỏng cũng như điều khiển nhóm đã tiến hành xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống điều khiển vị trí và vận tốc cho động cơ DC bằng phần mềm MATLAB/Simulink.

Quá trình mô phỏng được chia làm hai cấu hình riêng biệt tương ứng với hai mục tiêu điều khiển chính: điều khiển vị trí góc và điều khiển tốc độ góc.

5.1. Thông số kỹ thuật của động cơ DC sử dụng trong mô phỏng

Trong mô phỏng, nhóm sử dụng mô hình của một động cơ DC thực tế với các thông số kỹ thuật như sau:

- **Công suất định mức:** 3.70 kW.
- **Điện áp định mức:** 240 V.
- **Tốc độ quay định mức:** 1750 vòng/phút.

Các thông số được mô hình hoá trong MATLAB như sau:

$R_a = 11.4;$	% Điện trở phần ứng (Ohm)
$L_a = 0.1214;$	% Độ tự cảm phần ứng (H)
$J_m = 0.02215;$	% Mô-men quán tính ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)
$D_m = 0.002953;$	% Hệ số ma sát nhớt ($\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$)
$K_t = 1.28;$	% Hằng số mô-men ($\text{N} \cdot \text{m/A}$)
$K_b = 0.0045;$	% Hằng số suất điện động ngược ($\text{V} \cdot \text{s/rad}$)

Sau đó, chạy lệnh tf trong MATLAB để thu được hàm truyền.

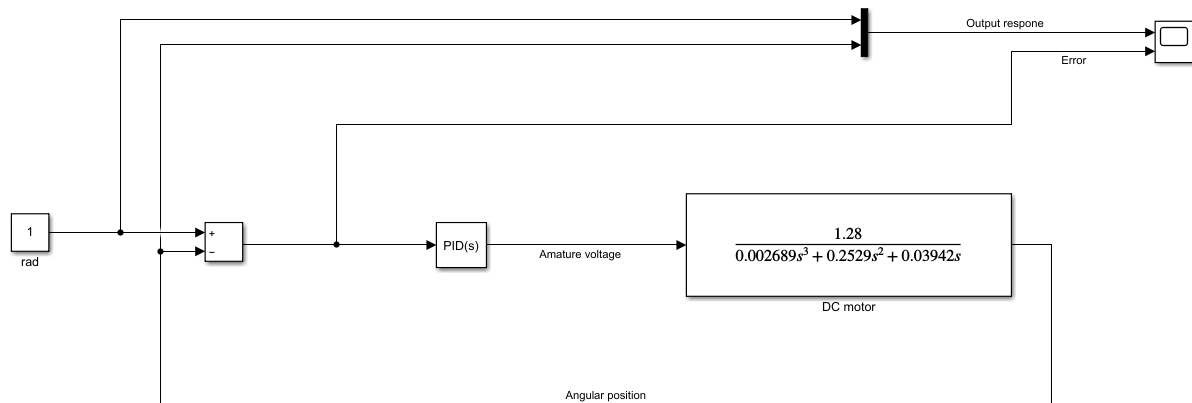
```
%%Transfer fnc : tf  
G = tf(Kt, [La*Jm (Ra*Jm+La*Dm) (Ra*Dm+Kb*Kt) 0]);
```

$$G = \frac{1.28}{0.002689 s^3 + 0.2529 s^2 + 0.03942 s}$$

Hình 2. Kết quả thu được sau khi chạy lệnh “tf” trong MATLAB

5.2. Cấu hình mô phỏng điều khiển vị trí động cơ

Mô hình này mô phỏng quá trình điều khiển góc quay của trục động cơ DC để bám theo một giá trị đặt trước.



Hình 3. Mô phỏng điều khiển vị trí động cơ

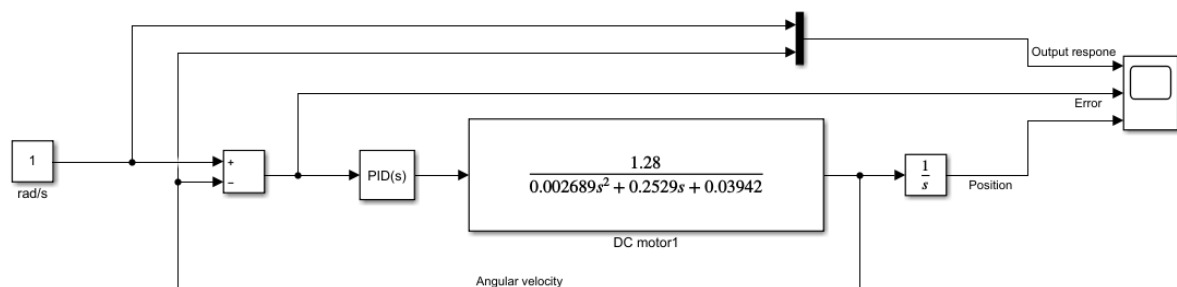
Cấu hình bao gồm:

- **Khối đầu vào:** một giá trị hằng số (step input) bằng 1 rad.
- **Bộ điều khiển PID:** xử lý sai số giữa vị trí đặt và vị trí thực tế.
- **Hàm truyền động cơ DC:** được xây dựng với các thông số thực, biểu diễn bởi phương trình thu được bằng lệnh tf trong MATLAB.
- **Khối phản hồi:** lấy tín hiệu góc quay đầu ra để đóng vòng điều khiển.
- **Khối Scope:** hiển thị đồng thời đồ thị vị trí đầu ra (output response) và sai số điều khiển.

Mô hình này giúp đánh giá khả năng bám theo góc quay và hiệu quả phản hồi của hệ thống khi có nhiễu hoặc thay đổi tín hiệu đặt.

5.3. Cấu hình mô phỏng điều khiển vận tốc

Mô hình thứ hai tập trung vào việc điều khiển tốc độ quay của động cơ.



Hình 4. Mô phỏng điều khiển vận tốc động cơ

Với các thành phần chính như sau:

- **Tín hiệu đặt đầu vào:** giá trị hằng (1 rad/s).
- **PID Controller:** điều chỉnh điện áp phản ứng để giữ tốc độ ổn định.

- **Động cơ DC:** sử dụng cùng hàm truyền tương tự mô hình 1, thu được bằng lệnh tf.
- **Khối phản hồi:** tín hiệu vận tốc được lấy trực tiếp từ đầu ra động cơ.
- **Khối tích phân 1/s:** dùng để hiển thị vị trí góc từ vận tốc (phục vụ kiểm chứng nếu cần).
- **Scope:** hiển thị đồ thị vận tốc đầu ra, sai số vận tốc, và vị trí tích phân được.

Mô hình này kiểm tra khả năng ổn định vận tốc khi có tín hiệu điều khiển thay đổi, và là nền tảng để xây dựng vòng trong trong hệ thống điều khiển vị trí hai vòng.

5.4. Tham số PID và điều chỉnh

Trong cả hai mô hình điều khiển (vị trí và vận tốc), bộ điều khiển PID giữ vai trò trung tâm trong việc đảm bảo hệ thống có thể bám sát tín hiệu đầu vào một cách ổn định và chính xác. Việc thiết lập các hệ số PID (P, I, D) là một quá trình quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến tốc độ phản hồi, độ ổn định, khả năng chống nhiễu và độ chính xác của hệ thống.

Nhóm đã thực hiện quá trình điều chỉnh theo phương pháp thử công kết hợp quan sát biểu đồ đáp ứng, với các tiêu chí đặt ra như sau:

(1) Đáp ứng nhanh nhưng ổn định

- Mục tiêu đầu tiên là đạt được thời gian quá độ ngắn, giúp hệ thống phản hồi nhanh với tín hiệu đầu vào.
- Hệ số tỉ lệ K_p đóng vai trò chính trong việc tăng tốc độ phản hồi. Tuy nhiên, nếu quá lớn sẽ dẫn đến hiện tượng dao động hoặc vượt quá lớn (overshoot).
- Do đó, quá trình tinh chỉnh bắt đầu với K_p vừa đủ lớn để tăng tốc độ phản hồi nhưng vẫn giữ hệ thống ổn định.

(2) Giới hạn độ vượt (overshoot)

- Một hệ thống điều khiển tốt cần đảm bảo độ vượt không quá 10% để tránh dao động hoặc hành vi không mong muốn khi áp dụng trong thực tế.
- Hệ số vi phân K_d giúp làm giảm tốc độ thay đổi đột ngột, qua đó hạn chế overshoot.
- Trong mô hình điều khiển vị trí, việc tăng nhẹ K_d giúp làm mượt đáp ứng và tránh dao động cục bộ ở thời điểm bắt đầu.

(3) Giảm sai số tĩnh (steady-state error)

- Hệ số tích phân K_i đóng vai trò loại bỏ sai số tĩnh (steady-state error) bằng cách tích lũy sai số và đưa ra điều chỉnh lâu dài.
- Tuy nhiên, nếu K_i quá lớn, hệ thống có thể trở nên kém ổn định hoặc gây dao động chậm.

- Trong cả hai mô hình, K_i được đặt nhỏ hơn so với K_p , vừa đủ để triệt tiêu sai số mà không ảnh hưởng đến độ ổn định.

(4) Cấu hình cụ thể trong mô phỏng

Sau quá trình thử nghiệm và tinh chỉnh, các hệ số PID phù hợp đã được lựa chọn để áp dụng trực tiếp trong mô hình mô phỏng trên Simulink. Bảng dưới đây trình bày rõ cấu hình PID cụ thể được sử dụng cho từng mô hình điều khiển.

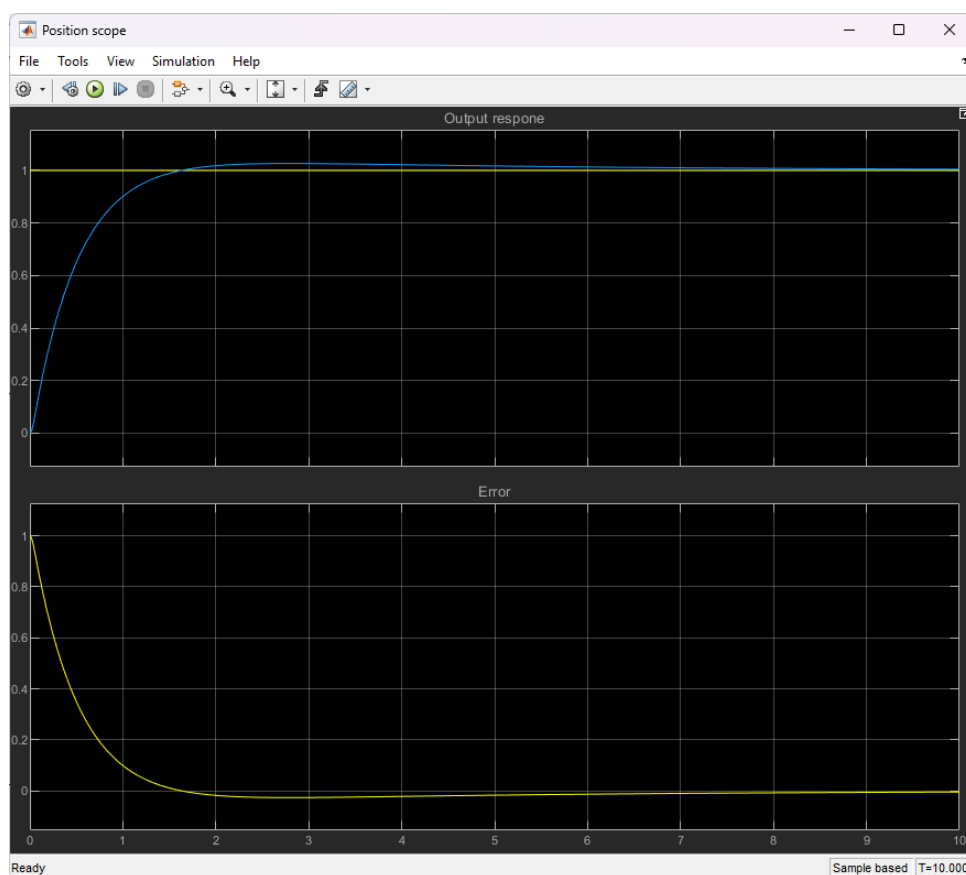
Mô hình	K_p	K_i	K_d
Điều khiển vị trí	0.1	0.00001	0.4
Điều khiển vận tốc	1.0	1.5	0.0001

Ngoài ra, bộ lọc đạo hàm được kích hoạt với hệ số $N = 100$ nhằm tránh nhiễu cao tần ảnh hưởng đến thành phần vi phân của PID.

5.5. Kết quả mô phỏng

Sau khi hoàn thiện mô hình điều khiển và tinh chỉnh bộ điều khiển PID, nhóm đã tiến hành mô phỏng trong khoảng thời gian 10 giây để theo dõi phản hồi của hệ thống đối với tín hiệu đầu vào bậc thang. Kết quả được quan sát trực tiếp từ các khối Scope trong Simulink, bao gồm các biểu đồ output response, sai số (error) và vị trí (trong mô hình vận tốc). Hai kết quả được phân tích như sau.

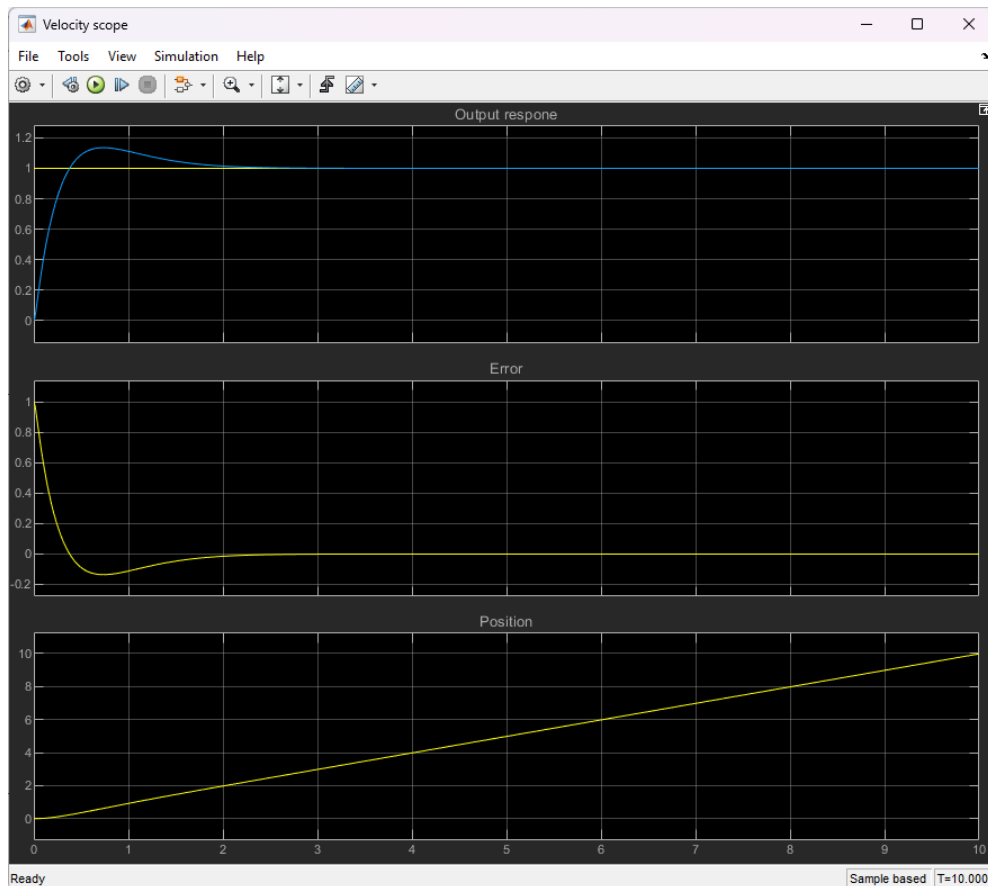
5.5.1. Mô phỏng điều khiển vị trí góc



Hình 5. Kết quả mô phỏng vị trí

- **Đáp ứng đầu ra:** Đường cong đầu ra (màu xanh dương) tăng đều và hội tụ về giá trị 1 radian một cách mượt mà.
- **Thời gian quá độ:** Hệ thống đạt gần giá trị ổn định sau khoảng 3 giây.
- **Sai số:** Sai số giảm nhanh chóng và tiến dần về 0, hầu như triệt tiêu hoàn toàn từ sau mốc 5 giây.
- **Tổng thể:** Hệ thống ổn định, không có dao động dư, và không xuất hiện overshoot. Đây là một kết quả lý tưởng trong điều khiển vị trí.

5.5.1. Mô phỏng điều khiển vận tốc



Hình 6. Kết quả mô phỏng vận tốc

- **Đáp ứng đầu ra:** Đường phản hồi vận tốc (màu xanh dương) tăng nhanh, đạt giá trị đặt trước (1 rad/s) chỉ sau ~1 giây, nhưng có overshoot nhẹ khoảng 20%.
- **Dao động:** Vận tốc có dao động nhỏ trước khi ổn định. Đây là kết quả của hệ số tích phân và tỷ lệ lớn.
- **Sai số:** Ban đầu giảm nhanh, nhưng sau đó dao động quanh 0 một thời gian ngắn trước khi ổn định.
- **Vị trí góc (tích phân của vận tốc):** Tăng tuyến tính theo thời gian, cho thấy vận tốc đã ổn định và duy trì ở mức mong muốn.

Kết quả mô phỏng cho thấy cả hai hệ thống đều hoạt động hiệu quả. Hệ thống điều khiển vị trí cho phản hồi ổn định và chính xác cao, trong khi điều khiển vận tốc cho đáp ứng

nhANH hơn nhưng cần tinh chỉnh thêm để hạn chế dao động ban đầu. Hai cấu hình này có thể kết hợp thành một hệ thống điều khiển vị trí hai vòng cho ứng dụng thực tiễn.

VI. KẾT LUẬN

Trong báo cáo này, nhóm đã thực hiện toàn bộ quy trình từ mô hình hóa, thiết kế điều khiển, đến mô phỏng và đánh giá hệ thống truyền động sử dụng động cơ một chiều (DC motor). Quá trình được thực hiện trong môi trường MATLAB/Simulink – một công cụ mạnh mẽ và trực quan cho các bài toán điều khiển.

Thông qua việc xây dựng mô hình toán học từ các phương trình điện và cơ học, nhóm đã tạo ra hàm truyền thể hiện chính xác hành vi động của động cơ DC thực tế. Hai cấu hình điều khiển riêng biệt đã được thiết kế và triển khai: điều khiển vị trí và điều khiển vận tốc. Cả hai mô hình đều sử dụng bộ điều khiển PID dạng vòng kín, được tinh chỉnh dựa trên tiêu chí kỹ thuật nhằm đảm bảo hệ thống có đáp ứng nhanh, ổn định và sai số nhỏ.

Kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống điều khiển vị trí đạt được độ chính xác cao, không có hiện tượng dao động hay sai số dư, trong khi hệ thống điều khiển vận tốc cho phản hồi nhanh nhưng có overshoot nhẹ. Các thông số PID được lựa chọn phù hợp đã giúp cân bằng hiệu quả giữa tốc độ đáp ứng và tính ổn định.

Từ kết quả nghiên cứu và mô phỏng, có thể nhận thấy rằng việc sử dụng MATLAB/Simulink để mô phỏng hệ thống điều khiển là một phương pháp rất hiệu quả trong việc kiểm chứng và đánh giá hiệu năng trước khi triển khai ra thực tế. Bên cạnh đó, bộ điều khiển PID – dù là một công cụ điều khiển cổ điển và đơn giản – vẫn cho thấy khả năng đáp ứng tốt các yêu cầu kỹ thuật nếu được cấu hình và điều chỉnh một cách hợp lý. Đặc biệt, cấu trúc điều khiển hai vòng (cascade), trong đó điều khiển vận tốc được lồng ghép bên trong điều khiển vị trí, đã chứng minh là một giải pháp phù hợp và hiệu quả cho những hệ thống đòi hỏi độ chính xác cao và tính ổn định lâu dài.

Trong tương lai, nhóm có thể mở rộng nghiên cứu theo hướng ứng dụng các bộ điều khiển nâng cao hơn như PID thích nghi, fuzzy-PID, hoặc tích hợp điều khiển trong hệ thống nhúng để mô phỏng gần hơn với ứng dụng thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. S. Nise, *Control Systems Engineering*, 7th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2015.
- [2] R. C. Dorf and R. H. Bishop, *Modern Control Systems*, 13th ed. Pearson Education, 2016.
- [3] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 5th ed. Prentice Hall, 2010.
- [4] The MathWorks, Inc., “DC Motor Control - MATLAB & Simulink Example,” [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/ug/dc-motor-control.html>
- [5] The MathWorks, Inc., “Tuning PID Controllers,” [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/control/ref/pidtuner-app.html>
- [6] G. Ellis, *Observing and Modelling Control Systems: PID Tuning, System Identification, and Control Design*, Elsevier, 2002.
- [7] C. L. Phillips and R. D. Harbor, *Feedback Control Systems*, 5th ed., Pearson, 2020.
- [8] K. J. Åström and T. Hägglund, *PID Controllers: Theory, Design, and Tuning*, 2nd ed., Instrument Society of America (ISA), 1995.

PHỤ LỤC – LIÊN KẾT DỰ ÁN

Toàn bộ mã nguồn mô phỏng và cấu hình mô hình trong báo cáo này được lưu trữ công khai tại GitHub cá nhân của thành viên trong nhóm:

https://github.com/AshReginald/DCmotor_controller_PID.git

Chức năng của từng tập tin, cấu trúc các tập tin cùng thông số kỹ thuật của động cơ được ghi rõ trong tập tin README.md.