

NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ BỘ QUAN SÁT TRẠNG THÁI CHO HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU

STUDY AND DESIGN OF A STATUS OBSERVER FOR DC MOTOR CONTROL SYSTEM

QUÁCH QUỐC THÁI^{1,a}, NGUYỄN THANH ĐẠT¹,
NGUYỄN PHƯỚC LỘC¹

¹Trường Đại học SPKT Vĩnh Long

^aLiên hệ tác giả: 20003091@st.vlute.edu.vn

Nhận bài (Received): 17/12/2023; Phản biện (Reviewed): 10/01/2024; Chấp nhận (Accepted): 21/02/2024

TÓM TẮT

Bộ quan sát trạng thái là một hệ thống tính toán bằng mô hình toán học, có thể sử dụng để nghiên cứu các phương pháp phân tích và thiết kế hệ thống điều khiển động cơ điện nói chung và hệ thống điều khiển động cơ một chiều nói riêng. Bài báo này trình bày kết quả mô phỏng cho bộ quan sát được xây dựng trên phần mềm MATLAB/Simulink. Mô hình bộ quan sát nhiễu được thiết kế để quan sát đối tượng động cơ DC nhằm cải thiện hiệu suất làm việc, tăng độ tin cậy của các thiết bị sử dụng động cơ DC trong quá trình vận hành. Hiệu quả của bộ quan sát trạng thái là cải thiện những hạn chế khi sử dụng cảm biến như là giảm thiểu sai số và nhiễu đo lường tác động đến hệ thống, tăng tính linh hoạt và giảm thiểu chi phí.

Từ khóa: MATLAB/Simulink, bộ quan sát trạng thái, động cơ DC, nhiễu

ABSTRACT

The state observer is a mathematical model calculation system that can be used to study methods of analysis and design of electric motor control systems in general and DC motor control systems. in particular. This article presents simulation results for the observer built on MATLAB/Simulink software. The noise observer model is designed to observe DC motor objects to improve working performance and increase the reliability of devices using DC motors during operation. The effect of state monitors is to improve the limitations of using sensors by minimizing measurement errors and disturbance affecting the system, increasing flexibility and reducing costs.

Keywords: MATLAB/Simulink observer, DC motor, disturbance

1. Đặt vấn đề:

Động cơ một chiều là dạng động cơ thường được sử dụng phổ biến nhất hiện nay bởi vì được ứng dụng trong công nghiệp do một số ưu điểm sau: thời gian

phản hồi nhanh, công suất khởi động và mô men xoắn cao hơn, phạm vi điều chỉnh tốc độ lớn, vận hành êm ái, v.v..[1]. Tuy sở hữu nhiều ưu điểm, động cơ DC vẫn tồn tại nhược điểm lớn là hiện tượng mài mòn cơ học trong quá trình vận hành. Hơn thế

nữa, tiếp điểm giữa chổi than và cổ góp có nguy cơ gây hư hỏng, chập cháy nếu hoạt động quá mức. Do đó việc quan sát động cơ DC trong quá trình làm việc là thiết yếu để cải thiện được hiệu suất hoạt động, tăng độ tin cậy của các thiết bị sử dụng động cơ này [2].

Trong những năm gần đây, tín hiệu phản hồi trạng thái cho bộ điều khiển động cơ DC thường sử dụng các cảm biến như là cảm biến vận tốc, cảm biến góc và cảm biến đo dòng điện để đo đạc trong quá trình vận hành động cơ DC và trả về kết quả cho bộ điều khiển. Tuy nhiên do tác động bởi môi trường nên các cảm biến này có một số nhược điểm làm cho kết quả trả về không đúng so với thực tế (bị nhiễu). Cảm biến vận tốc có nhược điểm là dễ bám bụi, các mảnh kim loại hay cát. Chính vì vậy chúng gây nên những tác động không tốt cho quá trình hoạt động của hệ thống [3]. Cảm biến góc có nhược điểm là hạn chế về phạm vi, cảm biến đo góc thường có phạm vi đo hẹp, điều này có thể gây hạn chế trong việc sử dụng chúng trong các ứng dụng đòi hỏi phạm vi rộng hơn. Cảm biến đo dòng điện cũng có hạn chế về phạm vi và khó khăn trong việc lắp đặt và bảo dưỡng cảm biến, điều này có thể làm tăng độ phức tạp và chi phí của quá trình cài đặt và duy trì. Bên cạnh đó 3 loại cảm biến này sẽ phát sinh sai số nếu trong quá trình đo có ảnh hưởng của yếu tố môi trường như nhiệt độ và độ ẩm [4].

Hiện nay, bộ quan sát cho động cơ DC sử dụng các ma trận trạng thái thay cho các cảm biến do những ưu điểm như: giảm thiểu sai số do môi trường, tăng tính linh hoạt và khả năng kiểm soát hệ thống, giảm thiểu chi phí và tăng hiệu suất [5]. Chính vì vậy, nhóm tác giả thực hiện chọn nghiên cứu này: “NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ BỘ QUAN SÁT TRẠNG THÁI CHO

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU”.

Bộ quan sát trạng thái cho hệ thống điều khiển động cơ một chiều trong bài báo này ước lượng các đại lượng sau: góc quay (θ), vận tốc quay (ω), dòng điện (i_a) và giá trị mômen nhiễu (d).

2. Tổng quan về bộ quan sát nhiễu (Disturbance Observer) và hệ thống điều khiển

Bộ quan sát nhiễu bậc 3 (DOB) là bộ điều khiển phản hồi đầu ra vòng trong có vai trò loại bỏ các nhiễu bên ngoài và làm cho bộ điều khiển đường cơ sở vòng ngoài trở nên mạnh mẽ trước những bất ổn của đối tượng. Do đó, hệ thống vòng kín DOB gần giống như hệ thống vòng kín danh định theo bộ điều khiển cơ sở và mô hình đối tượng danh định mà không có nhiễu [6].

Bộ quan sát nhiễu có các loại quan sát nhiễu loạn như sau:

Bảng 1: Các dạng thiết kế DOB [7]

Hệ thống	Các mẫu thiết kế DOB	Đối tượng ước tính (est)
Hệ thống liên tục	(1) Hàm truyền	Chỉ có nhiễu
	(2) Bộ quan sát danh định	Tất cả các biến trạng thái và nhiễu
	(3) Bộ quan sát trật tự tối thiểu	Tất cả các biến trạng thái ngoại trừ đầu ra
	(4) Bộ quan sát thích ứng	Các tham số, biến trạng thái và nhiễu
Hệ thống kỹ thuật số	(5) Hàm truyền	Chỉ có nhiễu
	(6) Bộ quan sát danh tính	Tất cả các biến trạng thái và nhiễu

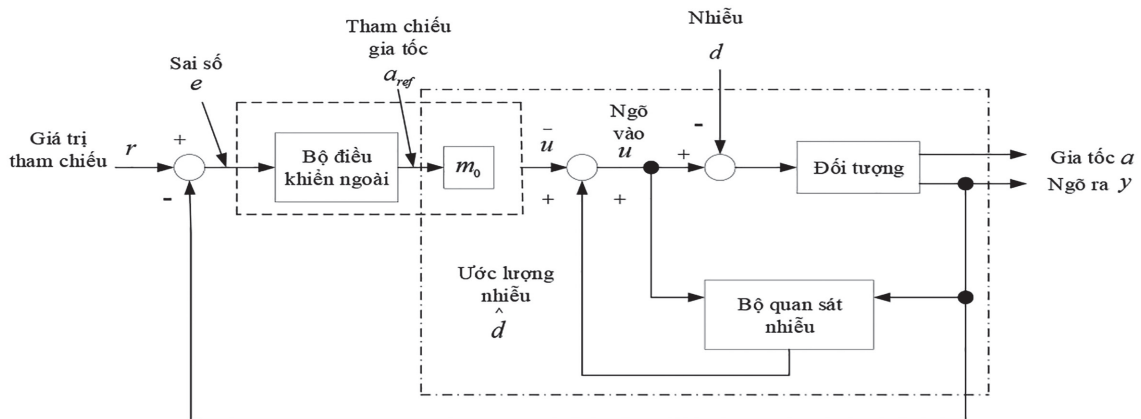
Hệ thống	Các mẫu thiết kế DOB	Đối tượng ước tính (est)
	(7) Bộ quan sát trật tự tối thiểu	Tất cả các biến trạng thái ngoại trừ đầu ra
	(8) Bộ lọc Kalman	Tất cả các biến trạng thái và nhiễu

Trong 8 loại DOB được trình bày thì riêng bộ lọc Kalman không phải là bộ quan sát nhưng được liệt kê trong bảng này vì được thiết kế để ước tính nhiễu. Bộ lọc Kalman và bộ quan sát thích ứng có thể được thiết kế dưới dạng cả hệ thống liên

tục và hệ thống, nhưng chúng bị giới hạn ở những điều trên.

Để có thể ước tính cùng lúc các biến trạng thái ban đầu của đối tượng điều khiển như là biến vận tốc và biến dòng điện thì có thể sử dụng lý thuyết về quan sát tổng quát.

Về mặt lý thuyết, DOB biểu thị trong các hàm truyền tương đương với các DOB xuất phát từ quá trình thiết kế cho bộ quan sát bậc tối thiểu, như được chỉ ra ở Bảng 1. Sự khác biệt giữa hệ thống liên tục và hệ thống số là việc thiết kế dựa trên lý thuyết điều khiển liên tục hay lý thuyết điều khiển số. Nếu không cần xem xét ảnh hưởng của thời gian điều khiển thì tốt hơn nên thiết kế một hệ thống liên tục [8].



Hình 1: Cấu trúc cơ bản của hệ thống điều khiển dựa trên điều khiển gia tốc

Để biểu diễn chuyển động của động cơ DC, thường sử dụng ba phương trình sau:

$$v_a(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + K_e \omega(t) \quad (1)$$

Trong đó, v_a là điện áp phản ứng, i_a là dòng điện phản ứng, ω là tốc độ quay, R_a là điện trở phản ứng, L_a là độ tự cảm phản ứng, và K_e là hằng số suất điện động cảm ứng.

$$\tau(t) = K_t i_a(t) \quad (2)$$

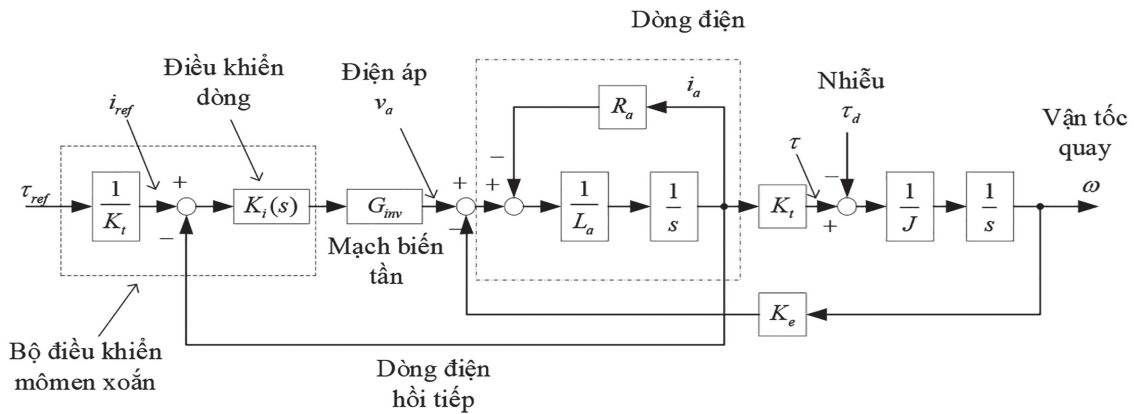
Trong phương trình (2), τ là mômen phản ứng, và K_t là hằng số mômen

$$\tau(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt} + \tau_d(t) \quad (3)$$

Trong phương trình (3) J là mômen quán tính của rotor, ω là tốc độ quay và τ_d là mô men nhiễu.

Phương trình (1) biểu thị các tính chất về điện; Phương trình (2) thể hiện sự chuyển đổi từ đặc tính điện sang đặc tính cơ; và phương trình (3) biểu diễn phương trình động năng quay.

Mômen nhiễu τ_d tác dụng lên động cơ được coi là mômen τ_c để bản thân động cơ vận hành chứ không phải mômen do ngoại lực tác động [9].



Hình 2: Sơ đồ khối của hệ thống điều khiển động cơ DC mô-men xoắn

Trong Hình 2, hàm truyền tương đương là

$$\frac{1}{L_a s + R_a}$$

Để điều khiển động cơ, mạch biến tần như G_{inv} được sử dụng để đặt điện áp v_a và dòng điện i_a tạo ra mô-men xoắn τ . Mặt khác, vì mô men xoắn τ không được tạo ra trực tiếp, ngay cả khi mô men nhiễu cản trở chuyển động, nên không thể thực hiện được việc điều khiển triệt tiêu nhiễu.

Vì vậy, trong nhiều trường hợp, cảm biến dòng điện được sử dụng để thực hiện phản hồi trạng thái sao cho giá trị của dòng điện i_a gần với giá trị tham chiếu hiện tại i_{ref} . Trong trường hợp này, bộ điều khiển dòng $K_i(s)$ được thiết kế để có độ lợi cao để đạt được phản hồi nhanh nhất có thể. Do

đó, kết quả thu được là $\dot{i}_a \approx i_{ref}$.

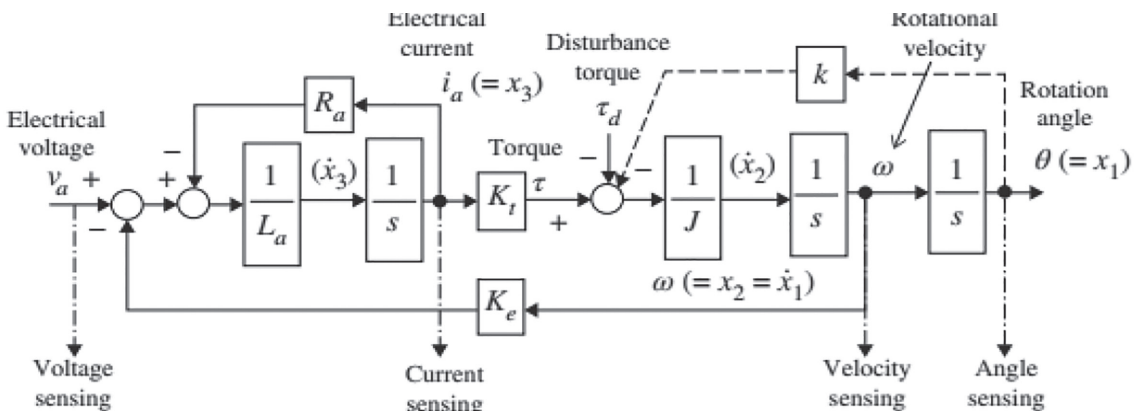
Bên cạnh đó, ở phương trình (2) có thể tìm mối quan hệ của $i_{ref} = \frac{1}{K_t} \tau_{ref}$ và hệ số khuếch đại $\frac{1}{K_t}$ được thêm vào trước giá trị tham chiếu dòng điện. Do đó có thể đạt được $\tau_a = \tau_{ref}$ [10].

3. Ma trận và hạng của bộ quan sát động cơ DC

Xét phương trình $x = [x_1 \ x_2 \ x_3]^T = [\theta \ \omega \ i_a]^T$ với ngõ vào điều khiển $u = v_a$ và nhiễu $d = \tau_d$. Đối với đầu ra được quan sát, giả sử rằng:

$$y = \begin{cases} \theta \\ \omega \\ i_a \end{cases}$$

sử dụng cảm biến góc quay, cảm biến vận tốc quay và cảm biến dòng điện tương ứng.



Hình 3: Sơ đồ khối hàm truyền bộ quan sát trạng thái của động cơ DC

Giả sử rằng chỉ có một loại cảm biến được lắp đặt. Từ hình 3, ta có

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= \dot{\theta}(t) = \omega(t), \text{ and } \dot{x}_2(t) = \dot{\omega}(t) \\ &= \frac{1}{J}(K_t i_a(t) - \tau_d(t) - k\theta(t)) \\ \dot{x}_3(t) &= \dot{i}_a(t) = \frac{1}{L_a}(v_a(t) - K_e \omega(t) - R_a i_a(t)) \end{aligned}$$

Từ $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu} - \mathbf{B}_{dts}d$ và $\mathbf{y} = \mathbf{C}_k \mathbf{x}$ thu được phương trình trạng thái sau:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{\theta}(t) \\ \dot{\omega}(t) \\ \dot{i}_a(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\frac{k}{J} & 0 & \frac{K_t}{J} \\ 0 & -\frac{K_e}{L_a} & -\frac{R_a}{L_a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta(t) \\ \omega(t) \\ i_a(t) \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{L_a} \end{bmatrix} v_a(t) - \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{J} & 0 \end{bmatrix}^T \tau_d(t) \\ \mathbf{y}(t) &= \begin{cases} \mathbf{C}_1 \mathbf{x} = [1, 0, 0] \mathbf{x} \\ \mathbf{C}_2 \mathbf{x} = [0, 1, 0] \mathbf{x} \\ \mathbf{C}_3 \mathbf{x} = [0, 0, 1] \mathbf{x} \end{cases} \quad (4) \end{aligned}$$

$\mathbf{C}_1 \mathbf{x} = [1, 0, 0] \mathbf{x}$ khi cảm biến góc quay được thiết lập

$\mathbf{C}_2 \mathbf{x} = [0, 1, 0] \mathbf{x}$ khi cảm biến vận tốc quay được thiết lập

$\mathbf{C}_3 \mathbf{x} = [0, 0, 1] \mathbf{x}$ khi cảm biến dòng điện được thiết lập

Nếu tín hiệu phản hồi là cảm biến góc quay, thì có được phương trình sau:

$$\mathbf{U}_{01} = \begin{bmatrix} \mathbf{C}_1 \\ \mathbf{C}_1 \mathbf{A} \\ \mathbf{C}_1 \mathbf{A}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -k/J & 0 & K_t/J \end{bmatrix} \quad (5)$$

Định thức của ma trận \mathbf{U}_{01} là $\det(\mathbf{U}_{01}) = K_t / J$ (đối với hệ thống 1 ngõ ra, nếu định thức khác 0 và rank nhất quán với bậc n thì có thể quan sát được). Mặc khác $\text{rank}(\mathbf{U}_{01}) = 3$ với bất kỳ giá trị nào của k thì đều có thể quan sát được [11].

Nếu đối tượng động cơ DC được đo lường bởi cảm biến vận tốc quay, thu được phương trình sau:

$$\begin{aligned} \mathbf{U}_{02} &= \begin{bmatrix} \mathbf{C}_2 \\ \mathbf{C}_2 \mathbf{A} \\ \mathbf{C}_2 \mathbf{A}^2 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -k/J & 0 & K_t/J \\ 0 & -\frac{k}{J} - \frac{k_e k_t}{J L_a} & -\frac{K_t R_a}{J L_a} \end{bmatrix} \quad (6) \end{aligned}$$

Khi $\det(\mathbf{U}_{02}) = \frac{k K_t R_a}{J^2 L_a}$ và $\det(\mathbf{U}_{02}) = 0$ với $k = 0$

Từ phương trình (6) có được hạng của ma trận \mathbf{U}_{02} là:

$$\text{rank}(\mathbf{U}_{02}) = \begin{cases} 3 \\ 2 \end{cases}$$

Hạng của ma trận $\mathbf{U}_{02} = 3$ thì có thể quan sát được nếu $k \neq 0$ hoặc $\mathbf{U}_{02} = 2$ sẽ không thể quan sát được nếu $k = 0$.

Nếu đối tượng động cơ DC được đo lường bởi cảm biến dòng điện, thu được phương trình sau:

$$\begin{aligned} \mathbf{U}_{02} &= \begin{bmatrix} \mathbf{C}_3 \\ \mathbf{C}_3 \mathbf{A} \\ \mathbf{C}_3 \mathbf{A}^2 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & -K_e/L_a & K_t/J \\ \frac{K_e k}{J L_a} & \frac{K_e R_a}{L_a} & -\frac{R_a^2}{L_a} - \frac{k_e k_t}{J L_a} \end{bmatrix} \quad (7) \end{aligned}$$

Khi định thức $\det(U_{03}) = \frac{kK_e^2}{JL_\alpha^2}$

với $k=0$ thì $\det(U_{03}) = 0$

Khi đó hạng của ma trận U_{03} là:

$$\text{rank}(U_{03}) = \begin{cases} 3 \\ 2 \end{cases}$$

Hạng của ma trận $U_{03} = 3$ thì có thể quan sát được nếu $k \neq 0$ hoặc $U_{03} = 2$ sẽ không thể quan sát được nếu $k = 0$.

Nhìn chung, vì hệ thống không có hệ số giảm chấn và với $k = 0$ thì góc quay không thể được ước tính từ cảm biến vận tốc quay. Trong hình 3, khi $k = 0$ không có tín hiệu phản hồi giá trị về góc θ [12].

Bảng 2: So sánh khả năng quan sát U_{01} [13]

Cảm biến	Khả năng quan sát	Có thể ước tính đại lượng vật lý
Cảm biến góc quay	Quan sát được	θ, ω, i_α
Cảm biến vận tốc	Quan sát được nếu có hệ số giảm chấn	θ, ω, i_α
Cảm biến dòng điện	Quan sát được nếu có hệ số giảm chấn	θ, ω, i_α

Bảng 3: So sánh khả năng quan sát U_{02} và U_{03}

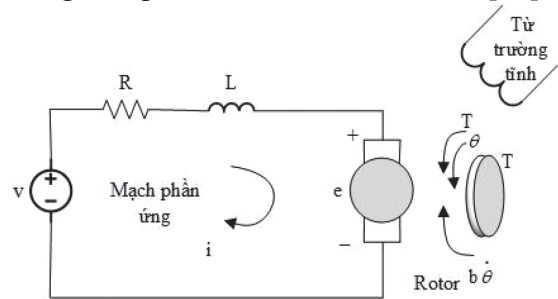
Cảm biến	Khả năng quan sát	Có thể ước tính đại lượng vật lý
Cảm biến góc quay	Quan sát được	$\theta, \omega, i_\alpha, \tau_d$
Cảm biến vận tốc	Không quan sát được	Dù có hệ số giảm chấn hay không đều không thể ước tính được
Cảm biến dòng điện	Không quan sát được	Dù có hệ số giảm chấn hay không đều không thể ước tính được

Tuy nhiên, khi hệ thống có hệ số giảm chấn và với $k \neq 0$ thì giá trị góc sẽ được phản hồi đến bộ quan sát trạng thái vận tốc hoặc dòng điện. Đặc biệt, có thể thiết kế một hệ thống điều khiển không có cảm biến góc khi quan sát giá trị dòng điện, mà các đại lượng vật lý cơ điện tử như là góc θ , vận tốc ω thì được ước tính chỉ từ đại lượng vật lý điện (điện áp v_a , dòng điện i_a) [14].

4. Kết quả mô phỏng bộ quan sát trạng thái hệ thống điều khiển động cơ một chiều

4.1 Mô hình hóa động cơ một chiều

Mô hình hóa đối tượng động cơ DC được xây dựng trên phần mềm mô phỏng MATLAB/Simulink. Mô hình được xây dựng trên phiên bản MATLAB 2019 [15].



Hình 4: Sơ đồ mạch động cơ DC

Mô phỏng động cơ DC trên phần mềm MATLAB dựa theo Bảng 4

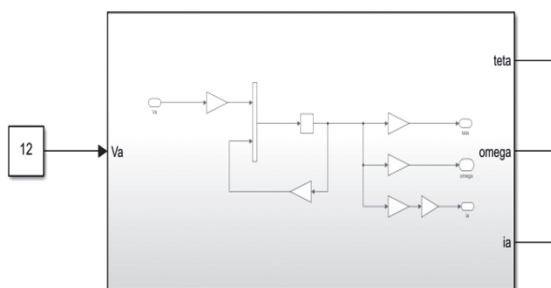
Bảng 4: Thông số động cơ

Thông số động cơ	Đại lượng	Giá trị
Ra	Điện trở phần ứng	4
La	Cuộn cảm phần ứng	2.75e-6
Ke	Hằng số suất điện động cảm ứng	0.00274
Kt	Hằng số mômen	0.00274
b	Hệ số giảm chấn	3.5077e-6
J	Mômen quán tính	3.2284e-6

Bảng 5: Thông số mô phỏng [16]

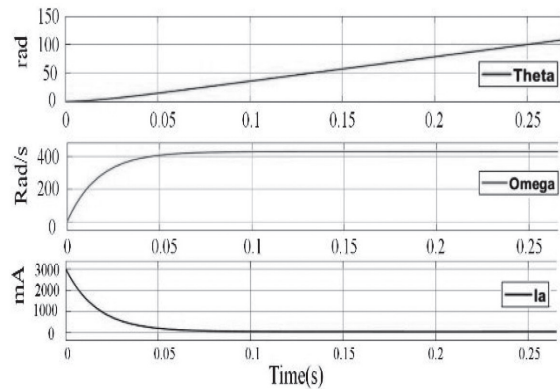
```

%% Physical parameters
Ra=4;La=2.75e-6; % Armature
resistance & inductance
Ke=0.0274; % Inductive electromotive
force constant
Kt=Ke; % Torque constant
b=3.5077e-6; % b is a damping
coefficient
J=3.2284e-6; % Rotor moment of inertia
k=0; % Modulus of elasticity of torsion
spring %% State space model
A=[0, 1, 0;
    0, -b/J, Kt/J;
    0, -Ke/La, -Ra/La];
B=[0;0;1/La];Bdis=[0;1/J;0];D=0;
C1=[1 0 0];
C2=[0 1 0];
C3=[0 0 1];
%% Create extended system and
observer design
A_=[A -Bdis;zeros(1,4)];
B_=[B;0];C1_=[C1 0];D_=D;
pole_ob=[-5,-6,-7,-8];
H_temp=place(A_',C1_',pole_ob);
H=H_temp';H1=H(1:3);H2=H(4);
%% Stabilized control system design
pole_fb=[-1.2,-1.3,-1.4];
F=place(A,B,pole_fb);
x0=[0;0;0];
    
```



Hình 5: Mô hình hóa MATLAB mô phỏng động cơ DC

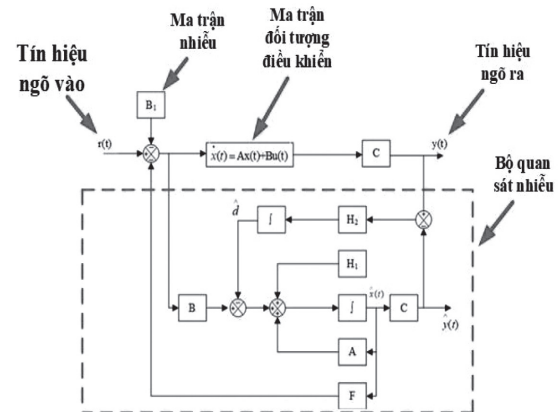
Kết quả mô phỏng



Hình 6: Kết quả mô phỏng trạng thái của θ, ω, i_a

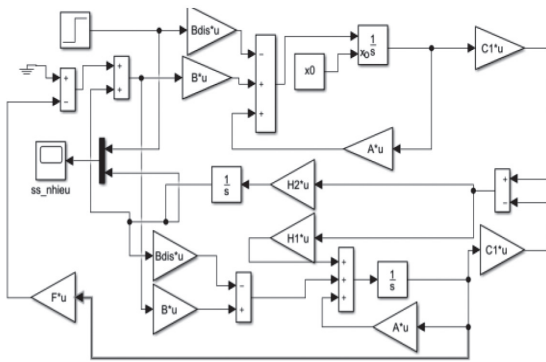
4.2 Mô hình hóa bộ quan sát trạng thái động cơ một chiều

Mô hình hóa đối tượng bộ quan sát hệ thống điều khiển động cơ DC được xây dựng trên phần mềm mô phỏng MATLAB/Simulink. Mô hình được xây dựng trên phiên bản MATLAB 2019 [17-18].



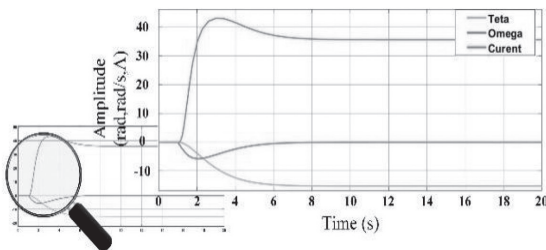
Hình 7: Sơ đồ mô hình toán bộ quan sát

Trong hình 7 tín hiệu ngõ vào $r(t)$ chính là điện áp phần ứng (V_a). Tín hiệu ngõ ra $y(t)$ bao gồm các tín hiệu góc quay, vận tốc quay và dòng điện (i_a). Ngõ ra ước tính $\hat{y}(t)$ bao gồm góc quay ước tính, vận tốc quay ước tính và dòng điện ước tính được mô hình hóa mô phỏng bằng phần mềm Matlab/SIMULINK ở hình 8.



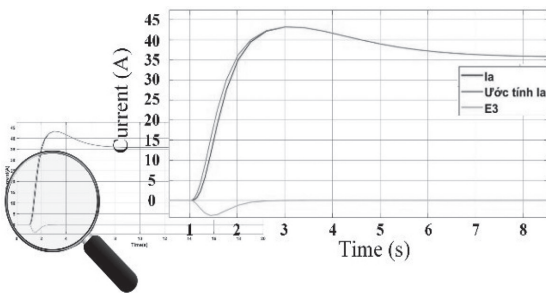
Hình 8: Mô hình hóa bộ quan sát hệ thống điều khiển động cơ một chiều

Kết quả mô phỏng:



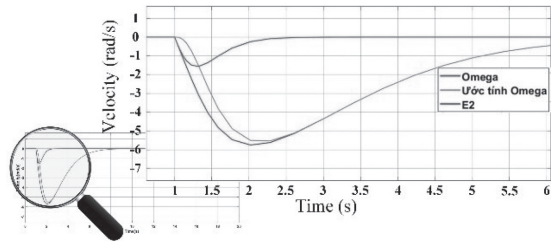
Hình 9: Kết quả mô phỏng của góc quay (θ), vận tốc quay (ω) và dòng điện (i_α)

Từ hình 9 thấy được: Góc quay θ , vận tốc quay ω và dòng điện i_α quá độ giai đoạn đầu và trở về trạng thái ổn định sau giây thứ 7. Trong đó giá trị vị trí (θ) quá độ tăng dần từ giây thứ nhất đến 7 giây và ổn định ở giá trị cao nhất và không có độ vọt lố. Vận tốc (ω) đạt giá trị quá độ cao nhất ở giây thứ 2 và dần ổn định từ giây thứ 2 đến giây thứ 7 và có độ vọt lố là 6%. Dòng điện i_α quá độ mức cao nhất ở giây thứ 3 và dần ổn định từ giây thứ 3 đến giây thứ 7 và có độ vọt lố là 9%



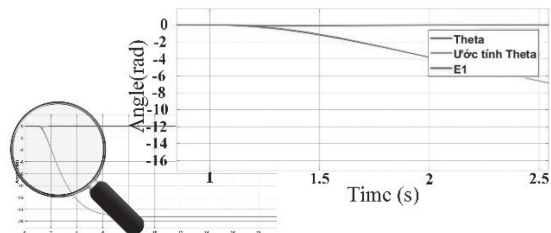
Hình 10: Kết quả mô phỏng dòng điện i_α và $i_{\alpha(est)}$

Hình 10 hiển thị: Thời gian quá độ của i_α từ 1 giây đến 8 giây đầu, trong đó E3 là sai số giữa $i_{\alpha(est)}$ và i_α . Giá trị sai số đạt giá trị cao nhất là -4.5 tại thời điểm 1.4 giây cũng tức là tại thời điểm này sai số giữa $i_{\alpha(est)}$ và i_α là cao nhất và lệch nhau khoảng 30.7%. Sau đó E3 dần giảm về 0 và đạt giá trị 0 tại thời gian 2.2 giây trở về sau cũng có nghĩa là giá trị $i_{\alpha(est)}$ và i_α bằng nhau.



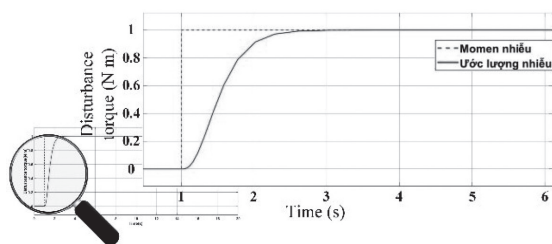
Hình 11: Kết quả mô phỏng ω và $\omega_{(est)}$

Khảo sát hình 11 biểu diễn: Thời gian quá độ của ω từ 1 giây đến 8 giây đầu, trong đó E2 là sai số giữa ω và ω_{est} . Giá trị sai số đạt giá trị cao nhất là -1.5 tại thời điểm 1.4 giây cũng tức là tại thời điểm này sai số giữa ω và ω_{est} là cao nhất và lệch nhau khoảng 40.5%. Sau đó E2 dần giảm về 0 tại thời điểm 2.2 giây trở về sau cũng có nghĩa là giá trị ω và ω_{est} bằng nhau.



Hình 12: Kết quả mô phỏng θ và θ_{est}

Hình 12 mô tả: Thời gian quá độ của theta từ 1 giây đến 8 giây, trong đó E1 là sai số giữa θ và θ_{est} . Giá trị sai số đạt giá trị cao nhất là -0.1 tại thời điểm 1.4 giây cũng tức là tại thời điểm này sai số giữa θ và θ_{est} là cao nhất và lệch nhau khoảng 25% sau đó E1 dần giảm về 0 và đạt giá trị 0 tại thời gian 2.2 giây trở về sau cũng có nghĩa là giá trị θ và θ_{est} bằng nhau.



Hình 13: Kết quả mô phỏng của momen nhiễu

Khảo sát hình 13 biểu diễn: Ước lượng momen nhiễu (Disturbance torque estimate) quá độ tại thời điểm 1 giây và sau 2 giây thì giá trị của DTE (Disturbance torque estimate) bằng với giá trị đặt của momen nhiễu (Disturbance torque).

5. Kết luận

Bài báo này giới thiệu về nghiên cứu và thiết kế bộ quan sát trạng thái cho hệ thống điều khiển động cơ DC dựa trên mô hình toán học. Sau đó sử dụng phần mềm MATLAB/Simulink để thực hiện mô phỏng hệ thống điều khiển đánh giá tín hiệu phản hồi của bộ quan sát, giúp động cơ DC hoạt động một cách đáng tin cậy, tăng hiệu suất làm việc cho động cơ, theo dõi được tín hiệu của động cơ khi hoạt động mà không bị nhiễu, mài mòn do các giá trị nhiễu sai số từ cảm biến gây ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ahmed M. T. Ibraheem Alnaib, Lecturer, DC motors, 2019.
- [2] Khalaf S. Gaeid, Jamal A. Hameed, M. Hameed Ali and M. K. Habeeb, Static DC Motor Speed Controlled Parameters Correction, 2018
- [3] Jian Zhao and Yangwei Yu, Brushless DC Motor Fundamentals Application Note, 2018.
- [4] Amjad J. Humaidi and Ibraheem Kasim Ibraheem, Speed Control of Permanent Magnet DC Motor with Friction and Measurement Noise Using Novel Nonlinear Extended State Observer-Based Anti-Disturbance Control, 2019.
- [5] Farzin Asadi, Control of DC motors, 2023.
- [6] Branesh M. Pillai and Jackrit Suthakorn, Motion control application: observer based DC motor parameters estimation for novices, 2018.
- [7] In Hyuk Kim and Young Ik Son, Design of a Low-Order Harmonic Disturbance, 2018.
- [8] George Ellis: Observers in Control Systems, A Practical Guide, Academic Press, 2019.
- [9] Observer with Application to a DC Motor Position Control, 2020.
- [10] Akira Shimada, IEEE Press Series on Control Systems Theory and Applications, 2023.
- [11] Pinit Ngamsom, Using Disturbance Observer for Disturbance Rejection of DC Motor Trajectory Control Systems without Current Feedback, 2022.
- [12] R. Salas-Cabrera, J. De Le'on-Morales, J. C. Mayo-Maldonado, J. C. Rosas-Caro, E. N. Salas-Cabrera and Carlos A. Reyna-Lopez, Observer Design for DC Electric Machines, 2018.
- [13] Verica Radisavljevic-Gajic, Linear Observers Design and Implementation, 2020.

- [14] Chouaib Afri, Vincent Andrieu, Laurent Bako and Pascal Dufour, State and parameter estimation: a nonlinear Luenberger observer approach, 2019.
- [15] Dzuhri Radityo Utomo and Muhammad Faris, Estimating Parameter Deviation of DC Motor using SlidingMode Observer and Least-Square Algorithm, 2022.
- [16] Saif Sabah Sami, Zeyad Assi Obaid, Mazin T. Muhssin and Ali N. Hussain, Detailed modeling and simulation of different DC motor types for research and educational purposes, 2021.
- [17] Farzin Asadi, Simulation of Power Electronics Circuits with MATLAB/Simulink, 2022.
- [18] Vedatroyee Ghosh, Akash Sharma and Viraj Bansal ,MATLAB and Simulink Modeling of a Full State Observer Controller of Armature Controlled and Field Controlled DC Motor using State Space Approach, 2018.
- [19] V.Sinik.Z.Despotovic and D.Dobrilovic, Design and Analysis of DC Motor Using Softver Tool MATLAB Simulink, 2019.