

XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT CHO HỆ TRUYỀN ĐỘNG BÁM ĐÀI QUAN SÁT QUANG ĐIỆN TỬ CỦA TÀU TUẦN TRA TRÊN BIỂN

BUILDING A SLIDING MODE CONTROLLER FOR THE ELECTRO-OPTICAL OBSERVATORY DRIVE SYSTEM OF A PATROL SHIP AT SEA

Nguyễn Ngọc Tuấn^{1,*},
Vũ Nguyễn Minh Hùng¹, Phùng Mạnh Hùng¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.163>

TÓM TẮT

Thiết bị theo dõi quang điện tử là một trong những kênh trinh sát quan trọng trong hệ thống chiến đấu trên tàu mặt nước. Chất lượng làm việc hệ truyền động bám của thiết bị này bị ảnh hưởng lớn bởi các tác động nhiễu loạn như sóng biển, rung lắc... Bài báo đề xuất luật điều khiển trượt trên cơ sở bộ quan sát bù nhiễu cho hệ truyền động bám đài quan sát quang điện tử. Chất lượng của bộ điều khiển đã được khẳng định bằng kết quả mô phỏng trên phần mềm Matlab-Simulink, độ chính xác bám được đảm bảo trong điều kiện hệ chịu tác động của nhiễu loạn của môi trường sóng biển và tàu tuần tra.

Từ khóa: Điều khiển trượt, tàu tuần tra, đài quan sát quang điện tử, hệ truyền động bám.

ABSTRACT

Optoelectronic tracking devices are one of the important reconnaissance channels in combat systems on surface ships. The working quality of the tracking transmission system of this device is greatly affected by disturbances such as ocean waves, vibrations... This article proposes a sliding control law based on a disturbance compensation observer for the transmission system. optoelectronic observatory. The quality of the controller has been confirmed by simulation results on Matlab-Simulink software, ensuring accuracy in conditions where the system is affected by turbulence from the wave environment and patrol boats.

Keywords: Sliding mode controller, patrol boat, optoelectronic observatory, tracking drive system.

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

*Email: ngoctuanhvh@gmail.com

Ngày nhận bài: 04/8/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 30/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/10/2023

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

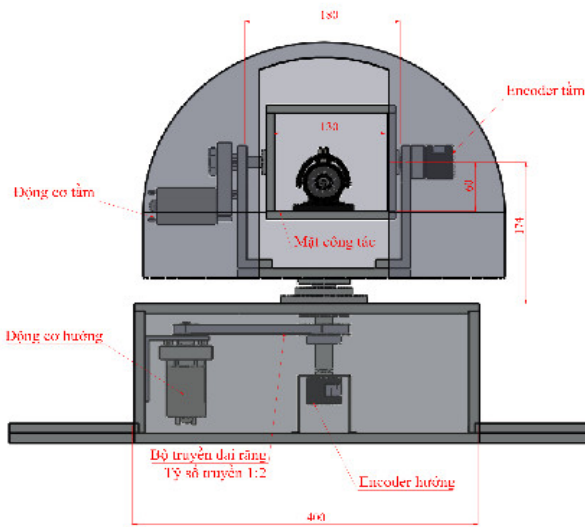
Đài quan sát quang điện tử là một trong những kênh trinh sát quan trọng trong hệ thống chiến đấu trên tàu mặt nước. Nó thu thập và theo dõi các mục tiêu tàu và máy bay trên mặt nước được chỉ định bởi radar tìm kiếm,

đồng thời cung cấp cho hệ thống chỉ huy và điều khiển hỏa lực thông tin mục tiêu (vị trí, tốc độ, khoảng cách) và thông tin hình ảnh để thu thập và nhận dạng mục tiêu cả ngày lẫn đêm. Hệ truyền động bám của thiết bị theo dõi quang điện tử cần có tính tác động nhanh với độ chính xác cao, đảm bảo phát hiện kịp thời, bắt và bám sát mục tiêu, phục vụ quá trình giám sát mục tiêu, tiêu diệt mục tiêu khi có lệnh. Hiện nay, hệ truyền động đài quan sát vẫn đang sử dụng bộ điều khiển PID, trong khi đó tàu tuần tra trên biển, luôn chịu điều kiện rung lắc từ sóng biển, gây ra nhiễu loạn đối với hệ truyền động bám [2, 4], vì vậy cần thiết phải có bộ quan sát bù nhiễu để giải quyết vấn đề này. Bên cạnh đó cần có một bộ điều khiển bền vững với nhiễu nhằm nâng cao chất lượng điều khiển. Để khắc phục vấn đề này, nhóm tác giả đề xuất sử dụng bộ điều khiển trượt, đây là bộ điều khiển có tính bền vững cao, cấu trúc đơn giản, đảm bảo độ chính xác khi hệ thống có tham số bất định và nhiễu bên ngoài [3].



Hình 1. Đài quan sát quang điện tử trên tàu tuần tra

2. MÔ HÌNH HỆ TRUYỀN ĐỘNG KÍNH NGẮM QUANG HỌC



Hình 2. Hệ truyền động hai kênh kính ngắm quang học

Mô hình toán học của hệ khi xét đến các thành phần bất định của hệ thống [1, 2].

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + D(t) = K_i \dot{i} \tag{1}$$

Trong đó: $q = [q_1 \quad q_2]^T, i = [i_{u1} \quad i_{u2}]^T$; Các thành phần ma trận hệ số:

$$M(.) = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix}; C(.) = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}; D = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}; K_i = \begin{bmatrix} k_{ia} & 0 \\ 0 & k_{i\theta} \end{bmatrix}$$

Trong đó: q_1, q_2 : các biến khớp; \dot{q}_1, \dot{q}_2 : vận tốc góc tại các biến khớp (vận tốc động cơ).

Phần cơ hệ được mô tả trên hình 2, phương trình động lực học chuyển động hai trục được xây dựng theo quan điểm cơ học hệ nhiều vật, với cách tiếp cận theo phương pháp Euler-Lagrang như sau:

Động học của động cơ chấp hành:

$$\dot{i} = -Ri - K_{emf}\dot{q} + Bu \tag{2}$$

Với các hệ số điện trở phản ứng, điện cảm phản ứng, hệ số phản sức điện động:

$$R = \begin{bmatrix} R_a & 0 \\ L_a & 0 \\ 0 & R_\theta \\ & L_\theta \end{bmatrix}; K_{emf} = \begin{bmatrix} K_{ma} & 0 \\ L_a & 0 \\ 0 & K_{m\theta} \\ & L_\theta \end{bmatrix}; B = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ L_a & 0 \\ 0 & 1 \\ & L_\theta \end{bmatrix}; u = \begin{bmatrix} u_a \\ u_\theta \end{bmatrix}$$

Đặt các véc tơ biến trạng thái:

$$x_1 = q, x_2 = \dot{q}, x_3 = i, u = [u_a \quad u_\theta]^T$$

Khi tính đến các thành phần nhiễu và bất định:

$$M(x_1) = M_0(x_1) + \Delta M(x_1); C(x_1, x_2) = C_0(x_1, x_2) + \Delta C(x_1, x_2)$$

Ta nhận được:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = M_0^{-1}(x_1)[K_i x_3 - C_0(x_1, x_2)x_2 + F(.)] \\ \dot{x}_3 = R x_3 + K_{emf} x_2 + Bu \end{cases} \tag{3}$$

Trong đó thành phần bất định về tham số và nhiễu:

$$F(.) = -\Delta C(x_1, x_2)x_2 - \Delta M(x_1)\dot{x}_2 - D$$

3. XÂY DỰNG BỘ QUAN SÁT TRƯỢT THÍCH NGHI ĐÁNH GIÁ BÙ NHIỄU

Nhiều loạn và bất định $F(.)$ trong hệ (3) được giới hạn trong các trường hợp là các tác động bên ngoài lên hệ thống quy về mô men cản, lực cản, và các yếu tố bất định của tham số. Các thành phần này không đo lường được, mà ta có được các ước lượng của nó thông qua mô hình bộ quan sát nhiễu. Để làm rõ các bước xây dựng bộ quan sát đánh giá nhiễu và bất định làm cơ sở xây dựng luật điều khiển bù ta sử dụng bộ quan sát trượt thích nghi cho hệ (3) theo trình tự như sau:

Giả thiết ta đo được biến đầu ra x_2 ; Xây dựng bộ quan sát trượt có hiệu chỉnh thích nghi theo dạng:

$$\dot{\hat{x}}_2(t) = \left[a + b \frac{m}{n} \dot{e}_{obs}^{\frac{(m-n)}{n}} \right]^{-1} (\dot{e}_{obs} + l_1 s_{obs} + l_2 \text{sign}(s_{obs})) + \hat{a} \tag{4}$$

Trong đó các hệ số l_1, l_2, \hat{a} phù hợp; với giả thiết thành phần nhiễu là liên tục theo thời gian và có đạo hàm bị chặn $|\dot{F}(t)| \leq a$, hằng số a được điều chỉnh thích nghi trong quá trình thiết kế.

Xét sai số: $e_{obs} = x_2 - \hat{x}_2$

Xây dựng đánh giá từ (3):

$$\dot{\hat{x}}_2 = M_0^{-1}(x_1)[K_i x_3 - C_0(x_1, x_2)x_2 + \hat{F}(.)] \tag{5}$$

Mặt trượt được xây dựng có dạng:

$$s_{obs} = e_{obs} + a e_{obs} + b e_{obs}^{\frac{m}{n}} \tag{6}$$

Trong đó: a, b là các hằng số thực dương, m, n là các số nguyên dương được lựa chọn phù hợp.

Chứng minh tính ổn định của bộ quan sát đánh giá nhiễu:

Để đánh giá tính ổn định của bộ quan sát, ta xét vi phân của sai số quan sát: $\dot{e}_{obs} = \dot{x}_2 - \dot{\hat{x}}_2$, thay thế các phương trình có liên quan (3), (5) vào ta nhận được:

$$\dot{e}_{obs} = M_0^{-1}(x_1)[F(.) - \hat{F}(.)] \tag{7}$$

Tiếp tục xét vi phân của (7):

$$\ddot{e}_{obs} = \frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1)[F(.) - \hat{F}(.)] + M_0^{-1}(x_1)[\dot{F}(.) - \dot{\hat{F}}(.)] \tag{8}$$

Xét vi phân của mặt trượt (6):

$$\dot{s}_{obs} = \dot{e}_{obs} + \left[a + b \frac{m}{n} \dot{e}_{obs}^{\frac{(m-n)}{n}} \right] \dot{e}_{obs} \tag{9}$$

Thay thế các phương trình có liên quan vào (9) ta nhận được:

$$\dot{s}_{obs} = M_0^{-1}(x_1) \left[-l_1 s_{obs} - l_2 \text{sign}(s_{obs}) + \left[a + b \frac{m}{n} \dot{e}_{obs}^{\frac{(m-n)}{n}} \right] \left(\frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1)[F(.) - \hat{F}(.)] + \dot{F}(t) - \hat{a} \right) \right] \tag{10}$$

Xét hàm ứng viên Lyapunov có dạng:

$$V_{obs} = \frac{1}{2}s_{obs}^2 + \frac{1}{2\rho}\tilde{\alpha}^2 \quad (11)$$

Để chứng minh tính ổn định của bộ quan sát và luật cập nhật thích nghi cho $\hat{\alpha}$, trong đó ρ là hằng số dương, $\tilde{\alpha} = \alpha - \hat{\alpha}$;

Vi phân (11):

$$\begin{aligned} \dot{V}_{obs} &= s_{obs}\dot{s}_{obs} + \frac{1}{\rho}\tilde{\alpha}(\dot{\alpha} - \dot{\hat{\alpha}}) \\ &= s_{obs} \left[M_0^{-1}(x_1) \left[\begin{array}{c} -l_1 s_{obs} - l_2 \text{sign}(s_{obs}) \\ + \left[a + b \frac{m}{n} \dot{e}_1^{(m-n)} \right] \left(\frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) [F(\cdot) - \hat{F}(\cdot)] \right) \right. \right. \\ \left. \left. + \dot{F}(t) - \hat{\alpha} \right] \right] - \frac{1}{\rho} \tilde{\alpha} \dot{\hat{\alpha}} \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Tương đương với:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{obs} &= -s_{obs} M_0^{-1}(x_1) l_1 s_{obs} - M_0^{-1}(x_1) l_2 \|s_{obs}\| + \\ &+ \left[a + b \frac{m}{n} \dot{e}_1^{(m-n)} \right] \left[s_{obs} \frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) [F(\cdot) - \hat{F}(\cdot)] \right. \\ &\left. + s_{obs} \dot{F}(t) - s_{obs} \hat{\alpha} \right] - \frac{1}{\rho} \tilde{\alpha} \dot{\hat{\alpha}} \quad (12) \end{aligned}$$

Với $\|F(\cdot) - \hat{F}(\cdot)\| \leq \varepsilon$, $\|F(\cdot)\| \leq F_{max}$ và $\|\dot{F}(t)\| \leq \alpha$, ta có:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{obs} &\leq -s_{obs} M_0^{-1}(x_1) l_1 s_{obs} - M_0^{-1}(x_1) l_2 \|s_{obs}\| \\ &+ \left[a + b \frac{m}{n} \dot{e}_1^{(m-n)} \right] \left[s_{obs} \frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) \varepsilon + s_{obs} \tilde{\alpha} \right] - \frac{1}{\rho} \tilde{\alpha} \dot{\hat{\alpha}} \quad (13) \end{aligned}$$

Lựa chọn luật cập nhật thích nghi có dạng:

$$\dot{\hat{\alpha}} = \rho \left[a + b \frac{m}{n} \dot{e}_1^{(m-n)} \right] \left[s_{obs} + \tilde{\alpha}^{-1} s_{obs} \frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) \varepsilon \right] \quad (14)$$

Thay thế các phương trình có liên quan vào ta nhận được:

$$\dot{V}_{obs} \leq -s_{obs} M_0^{-1}(x_1) l_1 s_{obs} - M_0^{-1}(x_1) l_2 \|s_{obs}\| \quad (15)$$

Lựa chọn các tham số l_1, l_2 là các hằng số dương, ta nhận được $\dot{V}_{obs} \leq 0$, như vậy bộ quan sát nhiễu bảo đảm đánh giá nhiễu. Khi $a > 0$ và luôn bảo đảm $\left[a + b \frac{m}{n} \dot{e}_1^{(m-n)} \right]^{-1} > 0$, thì bộ quan sát là bộ quan sát không kỳ dị và có thể điều chỉnh các tham số để hội tụ nhanh.

4. XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN TRƯỢT

Theo [1] hệ phương trình sai số có dạng:

$$\begin{cases} \dot{e}_1 = -k_1 e_1 - k_{e1} |e_1|^{1/2} \text{sgn}(e_1) + e_2 \\ \dot{e}_2 = -k_2^2 e_1 - (k_2 - k_1) e_2 - k_{e2} |e_2|^{1/2} \text{sgn}(e_2) + \tilde{F}(t) + e_3 \\ \dot{e}_3 = \frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) \left[x_3 - C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot) \right. \\ \left. + M_0^{-1}(x_1) \left[\begin{array}{c} R x_3 + K_{emf} x_2 + B u - \frac{d}{dt} (C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - \\ - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot)) \end{array} \right] \right. \\ \left. - (\ddot{x}_{1d} + \frac{d^2}{dt^2} a(e_1) - k_2 \dot{e}_2 + \frac{d}{dt} a_2(e_2)) \right] \end{cases} \quad (16)$$

Luật điều khiển được thiết kế cho (16) để bảo đảm $e_1 \rightarrow 0$
Xét cấu trúc mặt trượt cơ bản cho hệ con bậc 2, $(e_1, e_2) \rightarrow 0$
nhận được từ hai phương trình đầu của (16).

$$\begin{cases} \dot{e}_1 = -k_1 e_1 - k_{e1} |e_1|^{1/2} \text{sgn}(e_1) + e_2 \\ \dot{e}_2 = -k_2^2 e_1 - (k_2 - k_1) e_2 - k_{e2} |e_2|^{1/2} \text{sgn}(e_2) + \tilde{F}(t) + e_3 \end{cases} \quad (17)$$

Lựa chọn véc tơ mặt trượt theo dạng trượt đầu cuối:

$$s_1 = e_1 + \beta e_2^q; \quad s_1 = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{12} \end{bmatrix}; \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_{11} & 0 \\ 0 & \beta_{12} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Trong đó: $\beta > 0$, p, q là các số nguyên dương lẻ và thỏa mãn $q > p > 0$. Có nghĩa là $0 < \frac{p}{q} < 1$, vi phân (18) có:

$$\begin{aligned} \dot{s}_1 &= -k_1 e_1 - k_{e1} |e_1|^{1/2} \text{sgn}(e_1) + e_2 \\ &+ \frac{p}{q} \beta e_2^{q-1} \left[-k_2^2 e_1 - (k_2 - k_1) e_2 - k_{e2} |e_2|^{1/2} \text{sgn}(e_2) \right. \\ &\left. + \tilde{F}(t) + e_3 \right] \quad (19) \end{aligned}$$

Kết hợp phương trình vi phân của véc tơ mặt trượt (19) với phương trình thứ 3 trong hệ (16), để có hệ con thứ hai $(s_1, s_3) \rightarrow 0$:

$$\begin{cases} \dot{s}_1 = -k_1 e_1 - k_{e1} |e_1|^{1/2} \text{sgn}(e_1) + e_2 \\ \quad + \frac{p}{q} \beta e_2^{q-1} (-k_2^2 e_1 - (k_2 - k_1) e_2 - k_{e2} |e_2|^{1/2} \text{sgn}(e_2) + \tilde{F}(t) + e_3) \\ \dot{e}_3 = \frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) \left[x_3 - C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot) \right. \\ \left. + M_0^{-1}(x_1) \left[\begin{array}{c} R x_3 + K_{emf} x_2 + B u - \frac{d}{dt} (C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - \\ - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot)) \end{array} \right] \right. \\ \left. - (\ddot{x}_{1d} + \frac{d^2}{dt^2} a(e_1) - k_2 \dot{e}_2 + \frac{d}{dt} a_2(e_2)) \right] \end{cases} \quad (20)$$

Xây dựng mặt trượt mới cho (20) với cấu trúc:

$$s_2 = s_1 + \beta_2 e_3^q; \quad \beta_2 = \begin{bmatrix} \beta_{21} & 0 \\ 0 & \beta_{22} \end{bmatrix} \quad (21)$$

Tương tự trên, vi phân của (21), thế các phương trình có liên quan vào ta nhận được:

$$\begin{aligned} \dot{s}_2 &= -k_1 e_1 - k_{e1} |e_1|^{1/2} \text{sgn}(e_1) + e_2 + \frac{p}{q} \beta_2 e_3^{q-1} (-k_2^2 e_1 - (k_2 - k_1) e_2 \\ &- k_{e2} |e_2|^{1/2} \text{sgn}(e_2) + \tilde{F}(t) + e_3) \\ &+ \frac{p}{q} \beta_2 e_3^{q-1} \left[\frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) \left[x_3 - C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot) \right. \right. \\ &\left. \left. + M_0^{-1}(x_1) \left[\begin{array}{c} R x_3 + K_{emf} x_2 + B u - \frac{d}{dt} (C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - \\ - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot)) \end{array} \right] \right. \right. \\ &\left. \left. - (\ddot{x}_{1d} + \frac{d^2}{dt^2} a(e_1) - k_2 \dot{e}_2 + \frac{d}{dt} a_2(e_2)) \right] \right] \end{aligned} \quad (22)$$

Lựa chọn điều khiển Bu để bảo đảm $s_2 \rightarrow 0$, khi đó $\begin{cases} s_1 \rightarrow 0 \\ e_3 \rightarrow 0 \end{cases}$, dẫn đến $\begin{cases} e_1 \rightarrow 0 \\ e_2 \rightarrow 0 \end{cases}$.

Luật điều khiển được xác định:

$$u = u_{eq} + u_N \tag{23}$$

Trong đó: Thành phần u_{eq} là thành phần giữ cho biến trạng thái ở lại trên mặt trượt, u_N là thành phần điều khiển chuyển mạch được thiết kế bảo đảm kháng nhiễu và các yếu tố bất định trong không gian điều khiển, làm cho biến trạng thái tiến về mặt trượt.

$$u_{eq} = B^{-1}(\cdot) \left[\frac{p}{q} \beta_2 e_3^{\frac{p-1}{q}} \right] M_0(x_1) \left\{ k_1 e_1 + k_{e1} |e_1|^{\frac{1}{2}} \text{sgn}(e_1) - \dot{e}_2 - k_2^2 e_1 - (k_2 - k_1) e_2 - k_{e2} |e_2|^{\frac{1}{2}} \text{sgn}(e_2) + \ddot{F}(\cdot) + \dot{e}_3 \right. \\ \left. - \left[\frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) \left[x_3 - C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot) \right] \right. \right. \tag{24}$$

$$\left. + M_0^{-1}(x_1) \left[R x_3 + K_{emf} x_2 - \frac{d}{dt} (C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot)) \right] \right. \\ \left. - \left(\ddot{x}_{id} + \frac{d^2}{dt^2} \alpha(e_1) - k_2 \dot{e}_2 + \frac{d}{dt} \alpha_2(e_2) \right) \right\} - k_s s_2$$

$$u_N = -B^{-1}(\cdot) \left[\frac{p}{q} \beta_2 e_3^{\frac{p-1}{q}} \right] M_0(x_1) K_{sw}(t) \sqrt{|s_2|} \text{sgn}(s_2) \tag{25}$$

Để loại bỏ hiện tượng chattering trong điều khiển trượt, thay hàm $\text{sgn}(\cdot)$ bằng hàm $\tanh(\cdot)$, khi đó luật điều khiển trên cơ sở bộ quan sát đánh giá nhiễu đề xuất như sau:

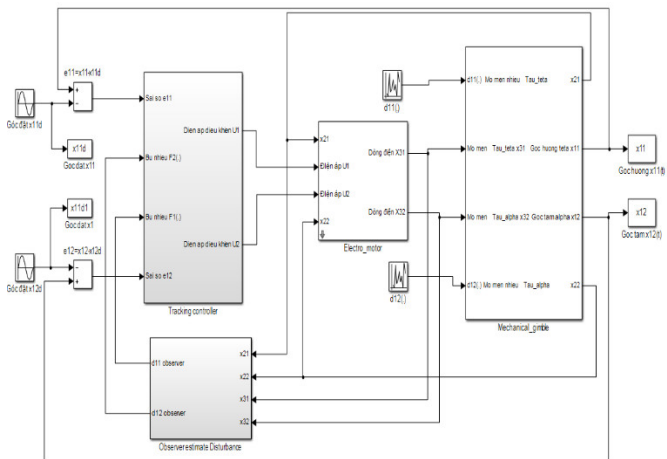
$$u = B^{-1}(\cdot) \left[\frac{p}{q} \beta_2 e_3^{\frac{p-1}{q}} \right] M_0(x_1) \left\{ k_1 e_1 + k_{e1} |e_1|^{\frac{1}{2}} \tanh(e_1) - \dot{e}_2 - k_2^2 e_1 - (k_2 - k_1) e_2 - k_{e2} |e_2|^{\frac{1}{2}} \tanh(e_2) + \ddot{F}(\cdot) + \dot{e}_3 \right. \\ \left. - \left[\frac{d}{dt} M_0^{-1}(x_1) \left[x_3 - C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot) \right] \right. \right. \tag{26}$$

$$\left. + M_0^{-1}(x_1) \left[R x_3 + K_{emf} x_2 - \frac{d}{dt} (C_{x_1}^0(x_1, x_2) x_2 - G_{x_1}^0(x_1) + \hat{F}(\cdot)) \right] \right. \\ \left. - \left(\ddot{x}_{id} + \frac{d^2}{dt^2} \alpha(e_1) - k_2 \dot{e}_2 + \frac{d}{dt} \alpha_2(e_2) \right) \right\} - k_s s_2$$

$$- B^{-1}(\cdot) \left[\frac{p}{q} \beta_2 e_3^{\frac{p-1}{q}} \right] M_0(x_1) K_{sw}(t) \sqrt{|s_2|} \tanh(s_2)$$

5. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

5.1. Mô hình mô phỏng



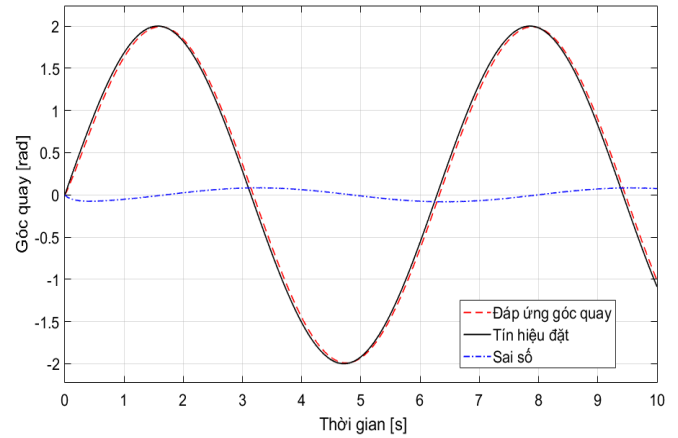
Hình 3. Mô hình mô phỏng hệ truyền động kính ngắm quang học

Mô hình mô phỏng đánh giá chất lượng của bộ điều khiển bằng phần mềm Matlab-Simulink như hình 3.

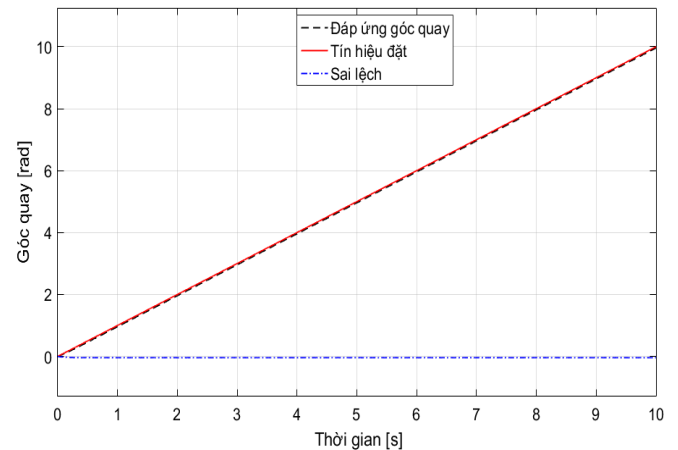
5.2. Kết quả mô phỏng

Bộ điều khiển được đánh giá thông qua đáp ứng góc quay của hệ truyền động đài quan sát ở các trường hợp khác nhau, có so sánh kết quả với bộ điều khiển PID hiện có.

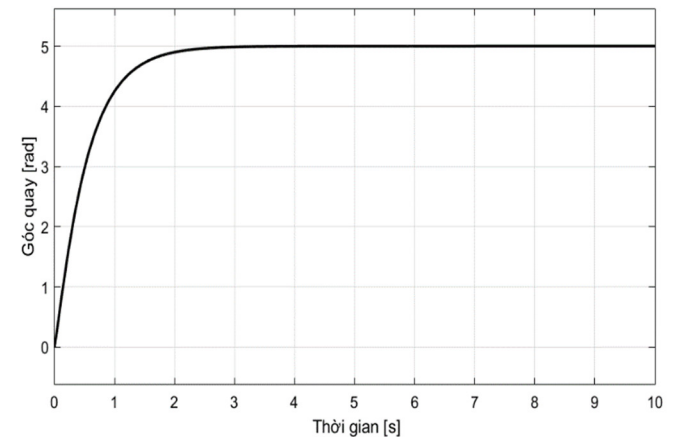
+ Trường hợp 1: Không có nhiễu tác động, góc hướng đặt là hàm sin có biên độ 2 rad, hàm ram, hàm step, kết quả được thể hiện trên hình 4 - 7.



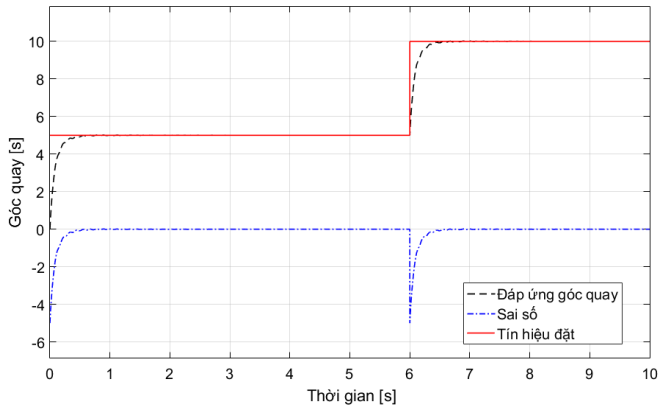
Hình 4. Đáp ứng góc quay hướng với tín hiệu đặt là hàm sin



Hình 5. Đáp ứng góc quay hướng với tín hiệu đặt là hàm ram



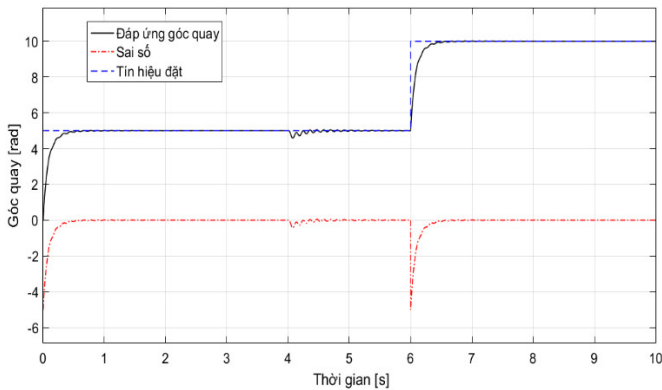
Hình 6. Đáp ứng góc quay hướng với tín hiệu đặt là hàm step



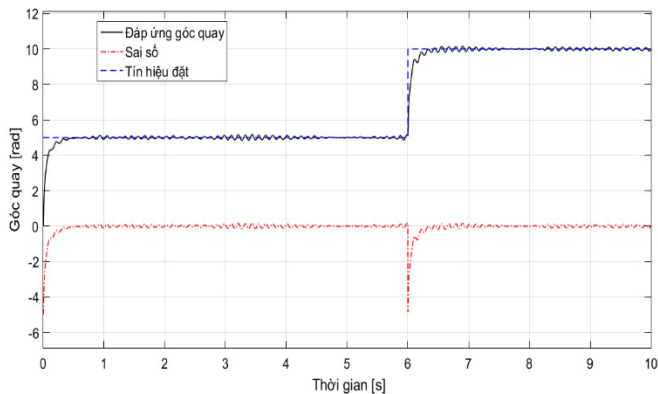
Hình 7. Đáp ứng góc quay hướng với tín hiệu đặt thay đổi ở giây thứ 6

Khi không có nhiễu tác động, hệ truyền động có chất lượng bám tốt, đáp ứng góc quay bám sát tín hiệu đặt với sai số nhỏ.

+ Trường hợp 2: Khi có nhiễu tác động, cho mô men tải 10Nm tác động tại thời điểm giây thứ 4 (hình 8); cho nhiễu ngẫu nhiên là hàm random có biên độ ± 2 tác động (hình 9)



Hình 8. Đáp ứng góc quay hướng khi có mô men tải tác động



Hình 9. Đáp ứng góc quay hướng khi có nhiễu ngẫu nhiên tác động

Khi ảnh hưởng của nhiễu cường độ lớn, hệ có dao động nhưng ổn định nhanh sau 2 giây. Với nhiễu ngẫu nhiên liên tục tác động, hệ bù nhiễu tốt, sai số nhỏ, dưới 3%.

5.3. Nhận xét kết quả

Bộ điều khiển trượt kết hợp bộ quan sát bù nhiễu đã đáp ứng tốt yêu cầu của hệ truyền động đài quan sát, đó là tính tác động nhanh, bám tốt tín hiệu điều khiển, ổn định

được góc đặt trong các trường hợp khác nhau, đặc biệt là khi có nhiễu tác động. Quá trình điều khiển êm ái, không có độ quá chỉnh, đảm bảo yêu cầu chất lượng ngắm, bám của khí tài quang.

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả xây dựng bộ điều khiển trượt kết hợp bộ quan sát bù nhiễu cho hệ truyền động đài quan sát quang điện tử của tàu tuần tra trên biển. Phần trình bày được bắt đầu từ việc xây dựng mô hình cơ hệ, tổng hợp bộ quan sát nhiễu, bộ điều khiển, mô phỏng bằng phần mềm Matlab-Simulink. Các kết quả kiểm nghiệm cho thấy: Bộ quan sát bù nhiễu kết hợp bộ điều khiển trượt đã làm tăng tính ổn định của hệ thống, đảm bảo độ chính xác khi bám, tăng khả năng phát hiện mục tiêu của đài quan sát; phương pháp này đã giúp giảm tối đa sai số và hiện tượng dao động trong điều kiện hệ thống chịu ảnh hưởng của các yếu tố phi tuyến, nhiễu loạn, rung động về tải trong quá trình vận hành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Tran Ngoc Binh, Vu Quoc Huy, Nguyen Vu, 2017. *Improving quality on light of sight stabilization and target tracking system for fire control system of ZU23MM-2M*. Journal of Military Science and Technology, 49, 25-34.

[2]. Ngo Manh Tien, et al., 2017. *Tracking control for electro-optical tracking system invibration environment based on self-tuning fuzzy PID control*. Journal of Military Science and Technology, ACMEC, 158-167.

[3]. M. S. Rahmat et al., 2016. *Sliding Mode Control of Target Tracking System for Two Degrees of Freedom Gun Turret Model*. Advances in Military Technology Vol. 11, No. 1, pp 13-28.

[4]. Maher Abdo, et al., 2014. *Modeling Control and Simulation of Two Axes Gimbal Seeker Using Fuzzy PID*. ICEE, pp. 1342.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Ngoc Tuan, Vu Nguyen Minh Hung, Phung Manh Hung
Military Technical Academy, Vietnam