

Nghiên cứu, xây dựng mô hình động học cho hệ thống truyền động hướng trên xe chuyên dụng

Chu Đức Chinh*, Nguyễn Đức Thọ, Phạm Trường Giang

Viện Tự động hóa KTQS/Viện KH-CNQS.

*Email: ducchinhepx@gmail.com

Nhận bài: 04/10/2022; Hoàn thiện: 22/11/2022; Chấp nhận đăng: 02/02/2023; Xuất bản: 28/02/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.85.2023.45-52>

TÓM TẮT

Xe chuyên dụng được trang bị hệ thống ổn định cho phép ổn định cho bộ truyền động kiểu pan - tilt trong hai mặt phẳng tâm và hướng khi xe cơ động. Trong đó, hệ truyền động quay hướng là hệ truyền động điện sử dụng động cơ điện một chiều kích từ độc lập với phần tử công suất là máy khuếch đại điện EMU (Electro-Magnetic Unit). Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu nhằm xây dựng mô hình động học cho hệ truyền động hướng trên cơ sở các mối quan hệ vật lý, kết quả thử nghiệm, thực nghiệm. Từ đó, đề xuất thuật toán điều khiển nhằm nâng cao chất lượng ổn định bộ truyền động trong mặt phẳng hướng. Kết quả được mô phỏng nhằm chứng minh tính đúng đắn của mô hình đã xây dựng và tính hiệu quả của thuật toán đề xuất.

Từ khóa: Xe chuyên dụng; Hệ thống STP-2P; Điều khiển ổn định.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xe chuyên dụng kiểu PT-76B là phiên bản nâng cấp của xe PT-76, trong đó, nội dung nâng cấp quan trọng nhất là hệ thống ổn định STP-2P. Hệ thống này cho phép giữ ổn định đường ngắm cho thiết bị quan sát lắp đặt trên bộ truyền động trong cả hai mặt phẳng tâm, hướng khi xe cơ động nhằm đảm bảo khả năng bám sát cho người sử dụng. Về mặt cấu trúc, STP-2P sử dụng hệ truyền động xi-lanh thủy lực quay tâm và hệ truyền động điện quay hướng với phần tử công suất là máy khuếch đại điện EMU, động cơ chấp hành là động cơ một chiều kích từ độc lập. Việc điều khiển ổn định tâm, hướng được thực hiện nhờ khối điều khiển K1 được chế tạo trên nền công nghệ điện tử lạc hậu, với phần tử tích cực là các đèn điện tử chân không [3]. Qua phân tích cấu trúc, khảo sát và đo đặc tín hiệu, có thể thấy hệ thống nguyên bản sử dụng thuật toán ổn định PD (Proportional – Derivative) với các tham số được chỉnh định bằng tay theo phương pháp thực nghiệm, tín hiệu đầu bộ điều khiển là góc lệch so với vị trí ổn định được trả về từ khối con quay cơ điện.

Việc nghiên cứu, thiết kế khối điều khiển ổn định cho xe chuyên dụng nói chung và dòng xe PT-76B nói riêng nhằm thay thế khối điều khiển nguyên bản đã được triển khai trong nước [1]. Tuy nhiên, các công trình này mới giải quyết triệt để khả năng thay thế hoàn toàn khối điều khiển ổn định tâm trong khi khối điều khiển ổn định hướng vẫn phải sử dụng một số phần tử công suất trung gian của khối thiết bị nguyên bản như rô-le con rung trên xe chuyên dụng T-54B, bộ khuếch đại từ trường MU (Magnetic Unit) trên xe chuyên dụng PT-76B. Đây là những phần tử được chế tạo với công nghệ và cấu trúc đặc biệt, rất khó thay thế sửa chữa, gây khó khăn cho công tác bảo đảm kỹ thuật.

Bên cạnh đó, hệ thống truyền động điện sử dụng máy khuếch đại điện EMU là hệ thống chuyên dụng, có tính đặc thù cao và đã lỗi thời nên có rất ít nghiên cứu được thực hiện nhằm xây dựng giải pháp điều khiển hiệu quả. Các nghiên cứu đã thực hiện cũng chỉ tập trung vào giải pháp kỹ thuật nhằm thay thế công nghệ chế tạo chứ chưa đi sâu nghiên cứu mô hình cũng như đề xuất các thuật toán mới để nâng cao chất lượng điều khiển ổn định bộ truyền động trong mặt phẳng hướng. Một số nghiên cứu ngoài nước [4-7] được triển khai trên cơ sở mô hình tổng quát mà không xét đến các yếu tố đặc thù của hệ thống nên không đánh giá được tính hiệu quả khi đưa vào áp dụng cho đối tượng. Trong khi đó, việc cải tiến, nâng cao chất lượng điều khiển hệ

thống truyền động trên các phương tiện thuộc thế hệ cũ với yêu cầu không làm thay đổi cấu trúc cơ bản của hệ thống là bài toán thực tế cần được quan tâm giải quyết.

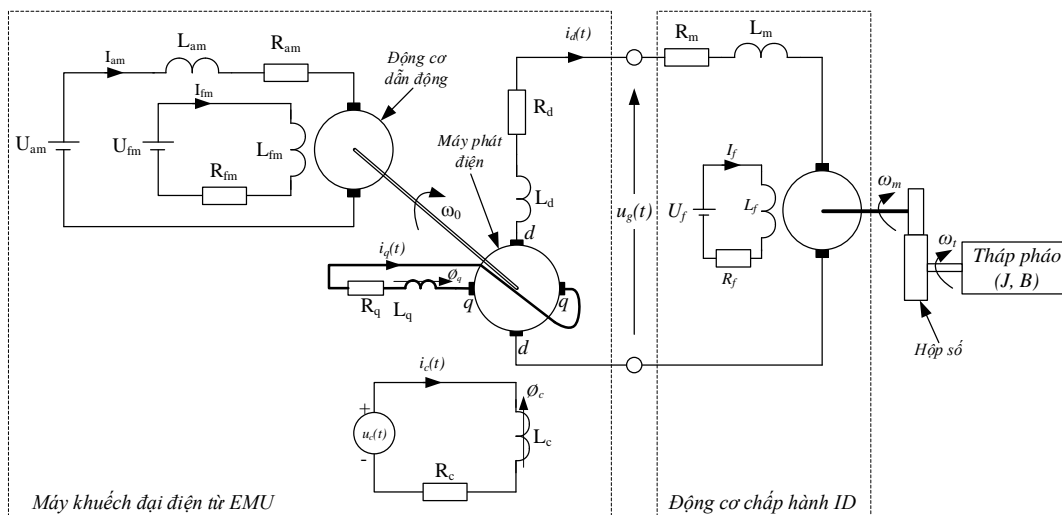
2. BỘ ĐIỀU KHIỂN ỔN ĐỊNH TRONG MẶT PHẪNG HƯỚNG

2.1. Xây dựng mô hình động học hệ truyền động kênh hướng

Hệ truyền động quay trong mặt phẳng hướng trên xe chuyên dụng PT-76B là hệ truyền động điện với cơ cấu chấp hành (CCCH) bao gồm động cơ điện một chiều kích từ độc lập được ghép bánh răng với vành răng khung quay hướng. Phần tử công suất của hệ thống là máy khuếch đại điện từ EMU có nhiệm vụ cung cấp nguồn điều khiển công suất lớn cho động cơ chấp hành. Tín hiệu điều khiển được khuếch đại nhờ bộ khuếch đại từ trường MU trong khối phân phối K1 và đưa tới máy khuếch đại điện EMU để cung cấp năng lượng cho động cơ chấp hành quay hướng ID.

Về mặt cấu trúc, máy khuếch đại EMU gồm một động cơ dẫn động (sử dụng động cơ một chiều kích từ độc lập) và một máy phát điện một chiều có cấu tạo đặc biệt gồm 2 phần ứng: phần ứng với cuộn dây trên cặp chổi than ngang **q-q** được ngắn mạch và phần ứng với cuộn dây trên cặp chổi than **d-d** tương tự máy phát điện thông thường. Động cơ dẫn động được ghép đồng trục với rotor của máy phát điện.

Hệ truyền động điện quay hướng có sơ đồ nguyên lý như hình sau [3]:



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hệ truyền động quay hướng.

Trong sơ đồ hình 1:

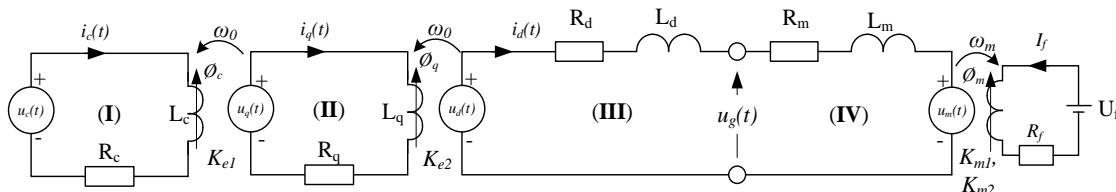
- L_{fm} , R_{fm} , L_{am} , R_{am} là tham số cuộn dây phần cảm, phần ứng của động cơ dẫn động.
- L_q , R_q là tham số của cuộn dây ngang; L_d , R_d là tham số của cuộn dây đầu ra máy phát.
- L_c , R_c là tham số của cuộn điều khiển.
- L_f , R_f , L_m , R_m là tham số cuộn dây phần cảm, phần ứng của động cơ chấp hành.
- ω_m là tốc độ góc của trục động cơ; ω_f là tốc độ quay hướng.

Để xây dựng mô hình động học của hệ thống, ta đặt một số giả thiết sau:

- Bỏ qua tác động của hiện tượng từ dư trên stator của các máy điện.
- Bỏ qua ảnh hưởng của từ thông phản ứng do dòng tải gây nên ở phần ứng thứ 2 của máy khuếch đại EMU đến từ thông điều khiển.
- Giả thiết nguồn điện U_{am} , U_{fm} cấp cho động cơ dẫn động máy khuếch đại EMU là ổn định, khi đó tốc độ của động cơ dẫn động ω_0 là hằng số.
- Giả thiết nguồn cấp cho cuộn kích thích U_f của động cơ chấp hành ID là ổn định, khi đó, từ thông kích thích Φ_m là hằng số.

Các điện áp cung cấp cho động cơ dẫn động U_{am} , U_{fm} và điện áp kích thích U_f cho động cơ chấp hành được lấy từ mạng nguồn điện thân xe. Do đó, thực tế $U_{am} = U_{fm} = U_f$.

Ta biểu diễn hệ thống truyền động điện quay hướng dưới dạng sơ đồ tương đương sau:



Hình 2. Sơ đồ tương đương của hệ truyền động điện quay hướng.

Do vai trò của động cơ dẫn động trong hệ thống được đặc trưng bởi tốc độ đầu trục ω_0 nên để đơn giản hóa, ta không biểu diễn các thành phần L_{fm} , R_{fm} , L_{am} , R_{am} trong sơ đồ trên.

• Xét sơ đồ tương đương của máy khuếch đại EMU:

Điện áp điều khiển $u_c(t)$ tạo ra từ thông điều khiển Φ_c có giá trị nhỏ dọc theo trục cực từ:

$$\Phi_c = K_c \cdot i_c(t) \tag{1}$$

Áp dụng định luật Kirchhoffs 2 cho mạch vòng điều khiển (I), ta có:

$$u_c(t) = L_c \cdot \frac{di_c(t)}{dt} + R_c \cdot i_c(t) \tag{2}$$

Thực hiện chuyển đổi Laplace cho biểu thức (1), (2) ta được:

$$U_c(s) = L_c \cdot I_c(s) \cdot s + R_c \cdot I_c(s) \tag{3}$$

Suy ra:

$$I_c(s) = \frac{U_c(s)}{L_c \cdot s + R_c} \tag{4}$$

Phần ứng thứ nhất của máy phát điện (ứng với cuộn dây trên cặp chổi than **q-q**) quay quanh từ thông điều khiển Φ_c nên đầu ra xuất hiện suất điện động tỉ lệ với tốc độ quay và từ thông:

$$u_q(t) = K_q \cdot \omega_0 \cdot \Phi_c = K_q \cdot \omega_0 \cdot K_c \cdot i_c(t) = K_{e1} \cdot i_c(t) \tag{5}$$

Hay:

$$U_q(s) = K_{e1} \cdot I_c(s) \tag{6}$$

Trong đó, $K_{e1} = K_q \cdot \omega_0 \cdot K_c$ là hằng số điện áp của mạch cảm ứng tầng thứ nhất (do ω_0 là hằng số). Hằng số này phụ thuộc vào cấu tạo cơ – điện tầng khuếch đại thứ nhất của máy khuếch đại điện EMU.

Do cặp chổi than **q-q** ngắn mạch nên trong phần ứng thứ nhất xuất hiện dòng điện $i_q(t)$ có cường độ lớn. Tương tự, áp dụng định luật Kirchhoffs 2 cho mạch vòng (II):

$$u_q(t) = L_q \cdot \frac{di_q(t)}{dt} + R_q \cdot i_q(t) \tag{7}$$

Thực hiện chuyển đổi Laplace ta được:

$$U_q(s) = L_q \cdot I_q(s) \cdot s + R_q \cdot I_q(s) \tag{8}$$

Suy ra:

$$I_q(s) = \frac{U_q(s)}{L_q \cdot s + R_q} \tag{9}$$

Kết hợp (4), (6) và (9) ta được:

$$I_q(s) = \frac{K_{e1} \cdot U_c(s)}{(L_c \cdot s + R_c) \cdot (L_q \cdot s + R_q)} \tag{10}$$

Dòng $i_q(t)$ trên mạch từ ngang của máy khuếch đại EMU tạo ra một từ thông lớn Φ_q có giá trị:

$$\Phi_q = K_q \cdot i_q(t) \quad (11)$$

Khi đó, trên mạch phản ứng tầng khuếch đại thứ hai của máy khuếch đại EMU sẽ có suất điện động cảm ứng $u_d(t)$:

$$u_d(t) = K_d \cdot \omega_0 \cdot \Phi_q = K_d \cdot \omega_0 \cdot K_q \cdot i_q(t) = K_{e2} \cdot i_q(t) \quad (12)$$

Thực hiện chuyển đổi Laplace:

$$U_d(s) = K_{e2} \cdot I_q(s) \quad (13)$$

Trong đó, $K_{e2} = K_d \cdot \omega_0 \cdot K_q$ là hằng số điện áp của mạch cảm ứng tầng thứ hai của máy khuếch đại EMU.

Áp dụng định luật Kirchhoffs 2 cho mạch vòng máy phát – động cơ (III, IV):

$$u_d(t) = L_s \cdot \frac{di_d(t)}{dt} + R_s \cdot i_d(t) + u_m(t) \quad (14)$$

Trong đó:

- $L_s = L_c + L_m$, $R_s = R_c + R_m$ là tổng điện cảm và tổng điện trở của cuộn dây phản ứng tầng thứ hai của máy khuếch đại EMU và động cơ chấp hành ID.

- $u_m(t)$ là suất điện động phản ứng của động cơ chấp hành.

• **Xét sơ đồ tương đương của động cơ chấp hành ID:**

Do động cơ chấp hành ID là động cơ một chiều kích từ độc lập nên từ thông Φ_m do phản cảm gây ra sẽ tỉ lệ với dòng điện I_f trong cuộn dây phản cảm:

$$\Phi_m = K_f \cdot I_f \quad (15)$$

Do I_f là hằng số nên Φ_m cũng là hằng số.

Đối với động cơ một chiều, mô-men xoắn đầu trục của động cơ chấp hành tỉ lệ với từ thông phản cảm và dòng điện phản ứng:

$$T_m(t) = K_t \cdot \Phi_m \cdot i_d(t) = K_{m1} \cdot i_d(t) \quad (16)$$

Suất điện động phản ứng $u_m(t)$ tỉ lệ với tốc độ góc của rotor động cơ:

$$u_m(t) = K_{m2} \cdot \omega_m(t) \quad (17)$$

Thay vào (13) ta được:

$$u_d(t) = L_s \cdot \frac{di_d(t)}{dt} + R_s \cdot i_d(t) + K_{m2} \cdot \omega_m(t) \quad (18)$$

Ta có phương trình động học của động cơ chấp hành có dạng:

$$J_m \cdot \frac{d\omega_m(t)}{dt} + B_m \cdot \omega_m(t) = T_m(t) = K_{m1} \cdot i_d(t) \quad (19)$$

Ở đây, J_m là tổng mô-men quán tính, B_m là tổng mô-men cản tác động lên trục động cơ chấp hành.

Thực hiện biến đổi Laplace cho biểu thức (17) và (18) ta được:

$$U_d(s) = L_s \cdot I_d(s) \cdot s + R_s \cdot I_d(s) + K_{m2} \cdot \Omega_m(s) \quad (20)$$

$$\Omega_m(s)[J_m \cdot s + B_m] = K_{m1} \cdot I_d(s) \quad (21)$$

Kết hợp (2.10), (2.20), (2.21) và thực hiện biến đổi, ta có hàm truyền giữa điện áp điều khiển và tốc độ động cơ chấp hành của hệ thống truyền động điện kênh hướng:

$$\frac{\Omega_m(s)}{U_c(s)} = \frac{K_{e1} \cdot K_{e2} \cdot K_{m1}}{(L_c \cdot s + R_c) \cdot (L_q \cdot s + R_q) \cdot [(J_m \cdot s + B_m) \cdot (L_s \cdot s + R_s) + K_{m1} \cdot K_{m2}]} \quad (22)$$

Do bộ hướng được dẫn động từ động cơ chấp hành thông qua cụm hộp số bánh răng với tỉ số truyền 1:N nên ta có hàm truyền giữa điện áp điều khiển với tốc độ quay của bộ hướng:

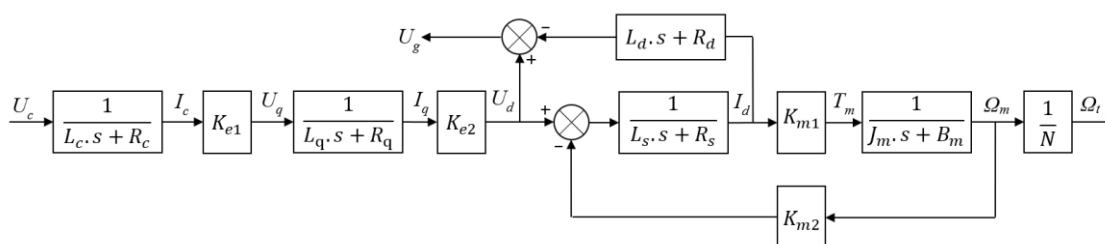
$$\frac{\Omega_t(s)}{U_c(s)} = \frac{1}{N} \cdot \frac{K_{e1} \cdot K_{e2} \cdot K_{m1}}{(L_c \cdot s + R_c) \cdot (L_q \cdot s + R_q) \cdot [(J_m \cdot s + B_m) \cdot (L_s \cdot s + R_s) + K_{m1} \cdot K_{m2}]} \quad (23)$$

Gọi $u_g(t)$ là điện áp tại đầu ra của máy khuếch đại EMU (cũng là điện áp cấp cho phần ứng của động cơ chấp hành). Áp dụng định luật Kirchhoffs 2 cho mạch vòng (III) ta được:

$$u_d(t) = L_d \cdot \frac{di_d(t)}{dt} + R_d \cdot i_d(t) + u_g(t) \quad (24)$$

Suy ra:
$$U_g(s) = U_d(s) - (L_d \cdot s + R_d) \cdot I_d(s) \quad (25)$$

Từ biểu thức (22) và (25), ta có thể xây dựng sơ đồ khối cho mô hình động học của hệ truyền động kênh hướng được biểu diễn như hình sau:



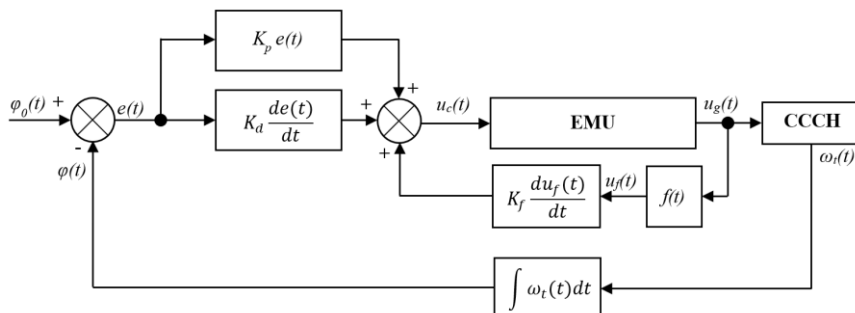
Hình 3. Sơ đồ cấu trúc mô hình động học hệ truyền động kênh hướng.

Trong sơ đồ trên, Ω_m là tốc độ trục động cơ chấp hành, Ω_t là tốc độ góc hướng tương đối của đường ngắm của thiết bị quan sát trên bộ truyền động (so với xe cơ sở) trong miền tần số.

2.2. Thuật toán điều khiển ổn định

Thực tế vận hành cho thấy, bộ điều khiển PD trên khối K1 nguyên bản có đáp ứng nhanh, giữ ổn định đường ngắm tốt khi xe cơ động trong điều kiện thông thường. Tuy nhiên, khi xe cơ sở chịu tác động đột biến của ngoại lực (lái xe chuyển hướng đột ngột, xe cơ động qua địa hình gồ ghề, hệ dừng đột ngột khi quay hướng ở tốc độ cao,...), đường ngắm bị lệch khỏi vị trí ổn định với biên độ và số lần dao động lớn gây khó khăn cho việc bám sát mục tiêu liên tục của người sử dụng.

Để nâng cao chất lượng điều khiển, trên cơ sở mô hình động học, bài báo đề xuất sử dụng thuật toán PD mở rộng cho bộ điều khiển ổn định đường ngắm trong mặt phẳng hướng.



Hình 4. Cấu trúc bộ điều khiển ổn định đường ngắm trong mặt phẳng hướng.

Trong sơ đồ trên, $\varphi_0(t)$ là giá trị góc đặt vị trí ổn định, $\varphi(t)$ là giá trị góc hiện tại trong hệ tọa độ cố định mặt đất được trả về từ khối cảm biến con quay.

So với bộ điều khiển PD, tín hiệu điều khiển tổng hợp đầu ra $u_c(t)$ được bổ sung thêm thành phần phản hồi $K_f \frac{du_f(t)}{dt}$, trong đó, $u_f(t) = u_g(t) \cdot f(t)$, với $f(t)$ là hàm truyền của bộ lọc thông thấp. Thành phần phản hồi này cho phép tăng cường khả năng đáp ứng của hệ thống nhằm giảm thiểu hiện tượng dao động khi hệ thống chịu tác động đột biến của ngoại lực.

Tín hiệu đầu ra bộ điều khiển là điện áp đưa tới cuộn điều khiển của máy khuếch đại EMU và được xác định theo biểu thức:

$$u_c(t) = K_p e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt} + K_f \frac{du_f(t)}{dt} \quad (26)$$

Điện áp đầu ra $u_g(t)$ của máy khuếch đại EMU được xác định thông qua biểu thức (25). Các tham số K_p , K_d , K_f được xác định theo phương pháp chỉnh định bằng tay nhằm đạt được chất lượng điều khiển tối ưu theo yêu cầu hệ thống về biên độ dao động đầu, mô-men giữ lớn nhất, mô-men hãm và số lần dao động.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

Trên cơ sở hệ thống được mô tả trong [2, 3], kết hợp với kết quả đo đạc, thử nghiệm thực tế, có thể xác định được hệ thống truyền động kênh hướng với các tham số như sau:

- Máy khuếch đại EMU: $L_c = 50$ mH; $R_c = 105$ Ω ; $K_{e1} = 9$ V/A; $K_{e2} = 10$ V/A; $L_q = 1$ mH; $R_q = 0,15$ Ω ; $L_d = 45$ mH; $R_d = 1,6$ Ω .

- Động cơ chấp hành ID: $L_m = 55$ mH; $R_m = 1,1$ Ω ; $K_{m1} = 0,23$ N.m/A; $K_{m2} = 0,33$ V.rad/s; $J_m = 0,02$ kg.m², $B_m = 7,8 \cdot 10^{-3}$ N.m.s

- Tỷ số truyền của hộp số bánh răng: 1:1000

Lựa chọn bộ lọc thông thấp $f(t)$ có tần số cắt 5 Hz, thông qua phương pháp chỉnh định bằng tay, bộ điều khiển PD mở rộng được xác định như sau:

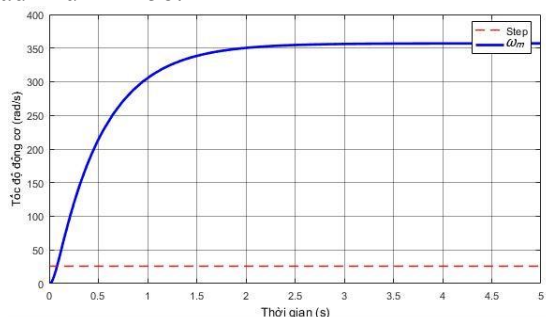
- Hệ số khâu tỉ lệ: $K_p = 100 \cdot K_0$

- Hệ số khâu vi phân: $K_d = 12,75 \cdot K_0$

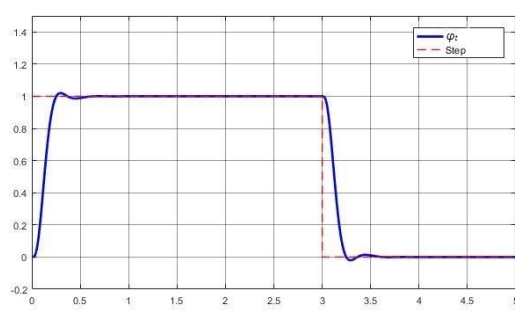
- Hệ số khâu phản hồi: $K_f = 0,008$

Trong đó, K_0 là hệ số chuyển đổi điện áp của khối cảm biến con quay. Kết quả đo đạc, thực nghiệm cho thấy $K_0 \approx 48$ V/rad.

Hệ hờ có đáp ứng tốc độ $\omega_m(t)$ (đo ở đầu trục động cơ chấp hành) với đầu vào $u_c(t)$ dạng xung step biên độ 26 (ứng với điện áp điều khiển lớn nhất của máy khuếch đại EMU) được thể hiện qua hình 5a; hệ kín có đáp ứng vị trí góc hướng $\varphi_t(t)$ với góc đặt $\varphi_0(t)$ dạng xung step biên độ 1 rad như hình 5b.



(a) Đáp ứng tốc độ của hệ hờ



(b) Đáp ứng vị trí của hệ kín

Hình 5. Đáp ứng của hệ thống.

Tốc độ cực đại của động cơ chấp hành ID ở giá trị xác lập 355 rad/s, ứng với tốc độ quay lớn

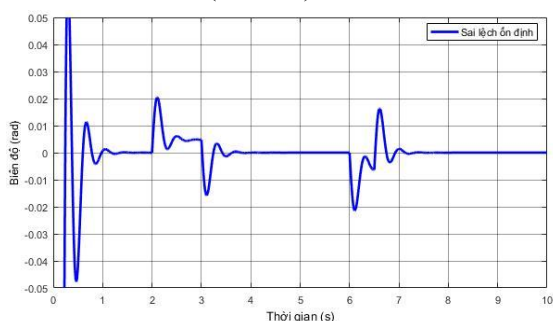
nhất xấp xỉ 20,35 độ/s.

Đáp ứng xung của hệ kín trong hình 5b cho thấy, độ vọt lố xấp xỉ 20 mrad, dùng sau 2 dao động. Sai số xác lập của góc hướng xấp xỉ 1 mrad.

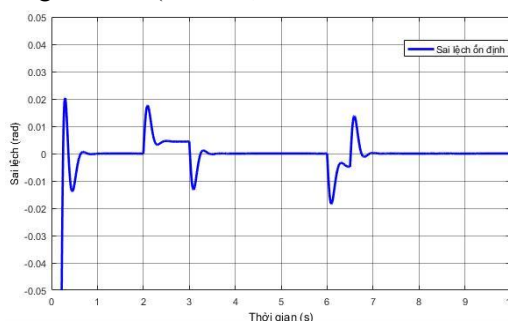
Đặc tính điều khiển ổn định của thuật toán được thể hiện thông qua khả năng duy trì vị trí góc khi có ngoại lực tác động làm thay đổi góc của trục dọc xe cơ sở trong mặt phẳng hướng. Các tác động của ngoại lực làm lệch bộ hướng khỏi vị trí ổn định bao gồm tác động do lái xe điều khiển thay đổi hướng di chuyển của xe và tác động do sự dao động của thân xe trong quá trình xe di chuyển trên mặt đường không bằng phẳng.

Việc xác định góc lệch so với vị trí ổn định do tác động của ngoại lực được thực hiện nhờ khối cảm biến con quay gắn trên nòng bộ hướng.

Hình 6 thể hiện kết quả mô phỏng so sánh khả năng điều khiển giữ ổn định góc bộ hướng φ_t khi xe thay đổi hướng di chuyển với tốc độ góc 18 độ/s (xấp xỉ 90% tốc độ quay hướng lớn nhất) giữa thuật toán PD (hình 6a) và thuật toán PD mở rộng đề xuất (hình 6b).



(a) Sai lệch ổn định của thuật toán PD

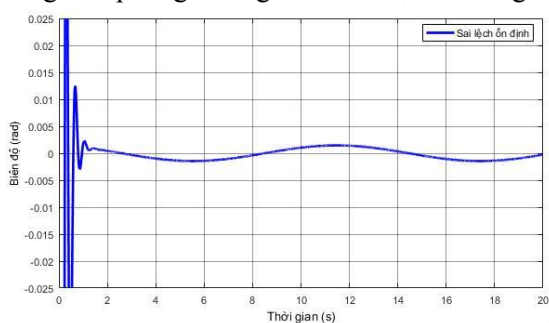


(b) Sai lệch ổn định của thuật toán PD mở rộng

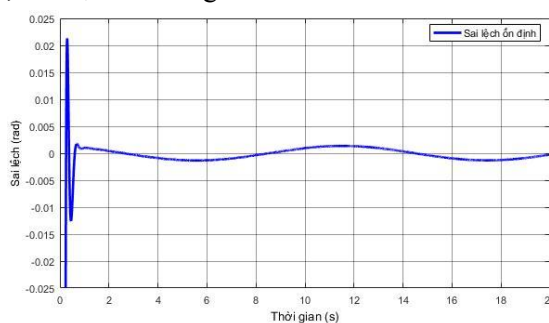
Hình 6. Kết quả điều khiển ổn định đường ngắm khi xe thay đổi hướng di chuyển.

Có thể thấy, với thuật toán PD, biên độ dao động đầu khi bộ hướng di chuyển và dừng tại vị trí đặt xấp xỉ 63 mrad, đường ngắm về vị trí ổn định sau 4 dao động. Ở các thời điểm xe chuyển hướng, đường ngắm lệch khỏi vị trí ổn định với biên độ xấp xỉ 20 mrad. Với thuật toán PD mở rộng, biên độ dao động đầu xấp xỉ 20 mrad, đường ngắm về vị trí ổn định sau 2 dao động. Ở các thời điểm xe chuyển hướng, đường ngắm lệch khỏi vị trí ổn định với biên độ xấp xỉ 17 mrad.

Hình 7 thể hiện kết quả mô phỏng so sánh khả năng điều khiển ổn định khi xe cơ sở dao động trong mặt phẳng hướng với biên độ dao động 10°, tốc độ biến đổi góc 30 °/s.



(a) Sai lệch ổn định của thuật toán PD



(b) Sai lệch ổn định của thuật toán PD mở rộng

Hình 7. Kết quả điều khiển ổn định đường ngắm khi xe cơ sở dao động.

Kết quả mô phỏng cho thấy, thuật toán PD mở rộng với thành phần phản hồi bổ sung cho phép giảm thiểu tác động đột biến của ngoại lực, duy trì đường ngắm trong giới hạn nhất định (khoảng 1,4 mrad) nhằm giúp người sử dụng có thể liên tục quản lý, bám sát mục tiêu một cách chính xác. Khả năng đáp ứng nhanh của thuật toán cũng cho phép ổn định bộ hướng với sai số

nhỏ, đảm bảo tính hiệu quả khi vận hành hệ thống trong quá trình xe cơ động.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu, thiết kế bộ điều khiển ổn định cho hệ truyền động trên xe chuyên dụng PT-76B trong mặt phẳng hướng. Trong đó, mô hình động học của hệ truyền động hướng được xây dựng dựa trên các mối quan hệ vật lý, các kết quả thử nghiệm, thực nghiệm đã tiến hành. Đồng thời, nghiên cứu cũng đề xuất thuật toán điều khiển thay thế cho thuật toán của hệ thống nguyên bản nhằm nâng cao chất lượng ổn định cho hệ trong mặt phẳng hướng. Kết quả mô phỏng cho thấy, thuật toán PD mở rộng đề xuất có khả năng giảm thiểu một cách hiệu quả các tác động đột biến của ngoại lực hệ thống so với thuật toán PD nguyên bản, cho phép duy trì sai lệch ổn định đường ngắm của thiết bị quan sát trên hệ trong giới hạn đủ nhỏ, tạo điều kiện cho người sử dụng liên tục bám sát mục tiêu một cách chính xác trong quá trình xe cơ động, từ đó nâng cao hiệu quả vận hành cho phương tiện trên thực địa.

Kết quả thử nghiệm thực tế trên xe chuyên dụng PT-76B cho thấy, hệ thống STP-2P sử dụng thuật toán PD mở rộng có chất lượng ổn định về hướng được nâng cao so với hệ thống nguyên bản (hệ dao động với biên độ thấp hơn, số lần dao động ít hơn khi có ngoại lực tác động).

Trong thời gian tới, thuật toán cần được tiếp tục kiểm nghiệm nhằm đánh giá một cách toàn diện về khả năng điều khiển ổn định hệ truyền động trong các điều kiện hoạt động khác, đặc biệt dưới các tác động đột biến của ngoại lực khi vận hành hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Chu Đức Chinh, “Thiết kế chế tạo khối điều khiển số thay thế cho khối khuếch đại điện tử trong hệ thống ổn định CTP-II trên xe T54B, T55”, Tạp chí NC KH&CN quân sự, Đặc san TĐH, tr. 55-62, (2014).
- [2]. Bình chủng TTG, “Cấu tạo và sử dụng xe chuyên dụng PT-76 và PT-76B – tập 2”, NXB Quân đội nhân dân, (1984).
- [3]. “Руководство по материальной части и эксплуатации танков ПТ76 и ПТ76Б”, Военное издательство министерства обороны СССР москва, pp. 429 - 509, (1967).
- [4]. Cheng-Shung Yeh et al, “Nonlinear adaptive control of a two-axis gun-turret system with backlash”, 13th Triennial World Congress, (1996).
- [5]. Ahmet Can Ceceloglu, Tulay Yildirim, “Modeling and Simulation of Turret Stabilization with Intelligent Algorithms”, Procedia Computer Science Vol. 154, pp. 377 – 382, (2019).
- [6]. Mustefa Jibril, Messay Tadesse and Eliyas Alemayehu Tadesse “Design and Simulation of Voltage Amplidyne System using Robust Control Technique”, Preprint, (2019).
- [7]. Amr A. Roshdy et al, “Design a Robust PI Controller for Line of Sight Stabilization System”, IJMER Vol. 2, Issue.2, pp. 144 – 148, (2012).

ABSTRACT

Research and building kinematic model for transverse system of the motion platform on specialized vehicles

Stabilization system on specialized vehicles allows the motion platform type pan - tilt system to be stabilized in horizontal and vertical planes while the vehicle is on moving. Therein, the transverse system is an electric-drive one using an separated excitor DC motor and the power element is an electromagnetic amplifier. In this paper, the research results in order to build a kinematic model for the system based on the physical relationships and experimental results are presented. Then, a algorithm control is proposed to improve the quality of platform stabilization in the horizontal plane. These results are simulated to prove the correctness of the model and the effectiveness of the proposed algorithm.

Keywords: Specialized vehicles; STP-2P system; Stabilization control.