

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo mới các điều khiển PID thích nghi cho hệ truyền động góc mở ống kính camera ánh sáng ngày của đài quan sát quang điện tử

Nguyễn Thị Lê Na, Vũ Quốc Huy*

Viện Tự động hóa KTQS.

*Email: maihuyvu@gmail.com

Nhận bài: 20/4/2022; Hoàn thiện: 12/5/2022; Chấp nhận đăng: 15/6/2022; Xuất bản: 28/6/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.80.2022.71-79>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo mới các chuyên dụng, điều khiển góc mở ống kính trường nhìn và ống kính lấy nét trong camera ánh sáng ngày của đài quan sát quang điện tử. Cơ cấu chấp hành sử dụng động cơ một chiều được kiểm soát bởi bộ điều khiển PID thích nghi; luật điều khiển được thực thi trên mạch nhúng dsPIC. Thuật toán điều khiển được đảm bảo toán học chặt chẽ và mô phỏng trực quan trên Matlab. Sản phẩm được áp dụng thực tế, đảm bảo kỹ thuật cho đài quan sát sẵn sàng huấn luyện và chiến đấu.

Từ khoá: Camera ánh sáng ngày; Quang điện tử; PPK 37mm-2N; Hệ quang ảnh; Góc mở ống kính.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Camera ngày VSS (Video Surveillance System) là một thành phần không thể thiếu trong hệ quang điện tử của đài quan sát (ĐQS), tích hợp trong hệ thống C4I (Command - Control - Communications - Computers, Intelligence) [1]. Nhờ có camera VSS, thông qua các thuật toán xử lý ảnh, sai lệch góc mục tiêu [2] được đưa về hệ thống điều khiển truyền động đài quan sát, phục vụ bắt bám mục tiêu trên không [3]. Quá trình thay đổi góc mở ống kính camera được thực hiện thông qua một giao diện truyền thông bằng các khung lệnh, nhờ đó cho phép điều chỉnh từng lượng góc mở cụ thể [4]. Với phương thức điều khiển như vậy, chế độ điều khiển góc mở camera giống như chế độ điều khiển nháp (jogging), mà không phải chế độ điều khiển bám. Vì camera có cự ly phát hiện mục tiêu xa (trên 15 km) và có thể thay đổi góc mở ống kính từ trường nhìn rộng nhất về trường nhìn hẹp nhất với khả năng điều chỉnh độ nét liên tục nên giá thành rất cao. Khi mô đun điều khiển góc mở camera bị lỗi hỏng, yếu tố công nghệ và hạn chế của gói mua cấp độ bảo trì không cho phép chúng ta can thiệp vào chương trình điều khiển nhúng của thiết bị trong khi không có sự hỗ trợ thay thế từ phía nhà sản xuất nước ngoài. Yêu cầu huấn luyện và sẵn sàng chiến đấu đặt ra bài toán bảo đảm kỹ thuật cho hệ thống.

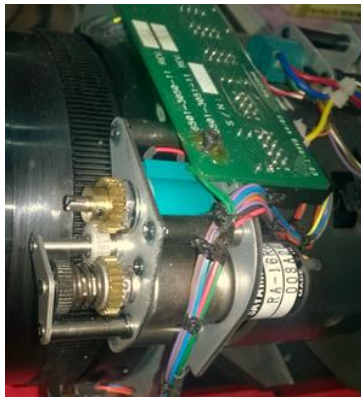
Bài báo trình bày nghiên cứu ứng dụng, thực hiện thiết kế, chế tạo mới các điều khiển chuyên dụng với vi điều khiển dsPIC 16 bit, điều khiển góc mở ống kính trường nhìn và ống kính lấy nét, dự phòng thay thế cho các điều khiển cũ khi xảy ra hư hỏng trong hệ thống C4I [1]. Trong nghiên cứu này, thuật toán điều khiển PID trong các điều khiển trước đó [5] vốn dĩ cần phải điều chỉnh thủ công được nâng cấp phiên bản mới PID trượt thích nghi với mặt trượt hội tụ thời gian hữu hạn, tự động điều chỉnh tham số bộ điều khiển trên cơ sở tồn tại chế độ trượt và tính ổn định Lyapunov. Luật điều khiển mới được tổng hợp dựa trên mô hình PID hiệu chỉnh, được đảm bảo toán học chặt chẽ và mô phỏng trực quan.

2. HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN CỦA ỐNG KÍNH VÀ CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN GÓC MỞ ỐNG KÍNH CAMERA ÁNH SÁNG NGÀY

Camera ánh sáng ngày sử dụng động cơ điện một chiều điều khiển góc mở ống kính trường nhìn (Zoom) và ống kính lấy nét (Focus). Động cơ sử dụng là loại RA-16RM-RMX3 đi kèm hộp giảm tốc có tốc độ quay lớn nhất 90 vòng/phút [5].

Trên hình 1, động cơ điều khiển góc mở ống kính trường nhìn và ống kính lấy nét đều được gắn với cơ cấu mở ống kính và cảm biến đo góc (một loại biến trở quay, trị số 5 k Ω) thông qua

ơ cấu truyền động bánh răng. Góc mở của ống kính trường nhìn và ống kính lấy nét được trả về dưới dạng điện áp rơi trên biến trở, nằm trong dải điện áp tương ứng với góc mở lớn nhất và góc mở nhỏ nhất được giới hạn bởi hai công tắc hành trình [5, 9].



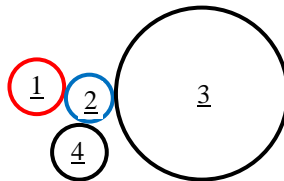
a) Hệ truyền động lấy nét;



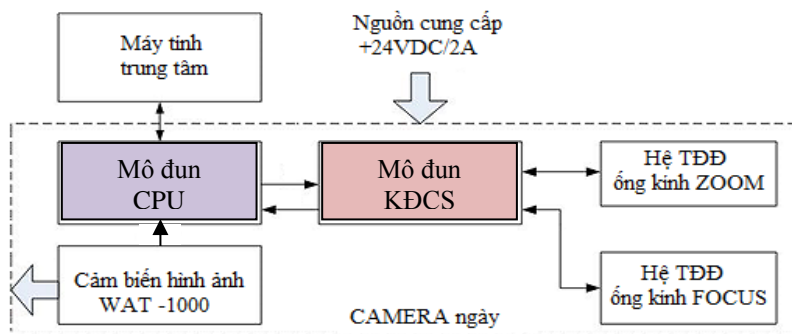
b) Hệ truyền động trường nhìn.

Hình 1. Hệ truyền động điện các góc mở ống kính camera.

Hình 1 cũng cho thấy, động cơ ghép nối với tải và cảm biến bởi các bánh răng dẫn động. Mô tả nguyên lý hệ dẫn động bánh răng như biểu diễn trên hình 2. Khảo sát thực tế cho thấy, số bước răng của bánh răng gắn với trục quay động cơ 1 bằng với số bước răng của bánh răng gắn với trục quay cảm biến góc 4 (26 bước). Việc truyền mô men từ động cơ 1 đến ống kính 3 và cảm biến góc 4 gián tiếp thông qua một bánh răng trung gian 2 có 22 bước. Số bước răng gắn trực tiếp với ống kính 3 là 220 bước.



Hình 2. Mô tả hệ bánh răng dẫn động.



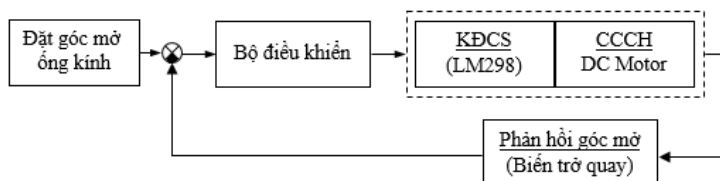
Hình 3. Sơ đồ khối hệ điều khiển các góc mở ống kính camera.

Hình 3 biểu diễn sơ đồ khối hệ điều khiển các góc mở ống kính camera. Xét theo các khối chức năng, hệ điều khiển truyền động các góc mở camera ánh sáng ngày bao gồm 2 mô đun điều khiển chuyên dụng: mô đun xử lý trung tâm CPU và mô đun khuếch đại công suất (KĐCS).

Mô đun CPU chịu trách nhiệm điều khiển toàn bộ hoạt động của camera cũng như kết nối với máy tính trung tâm qua đường truyền thông RS422. Mô đun CPU kết nối với máy tính trung tâm để xác nhận mã lệnh điều khiển, đồng thời liên tục gửi về máy tính trung tâm giá trị góc mở và

trạng thái của camera ngày. Ngoài ra, mô đun CPU cũng làm nhiệm vụ giao tiếp với cảm biến ánh sáng WAT-1000 của camera qua đường truyền thông RS232. Mô đun KĐCS nhận và phối ghép tín hiệu điều khiển từ mô đun CPU để đưa ra điện áp cấp cho các động cơ truyền động góc mở các ống kính Zoom và Focus.

Cấu trúc hệ điều khiển góc mở ống kính trường nhìn và góc mở ống kính lấy nét tương tự nhau, được thể hiện trên hình 4. Hệ điều khiển nhận lệnh đặt góc mở ống kính từ trung tâm điều khiển cPPK 37mm-2N để bộ điều khiển thông qua khối KĐCS điều khiển cơ cấu chấp hành (CCCH) làm quay ống kính camera. Lượng phản hồi góc mở được trả về, so sánh với lượng đặt góc mở để đưa ra sai lệch góc làm đầu vào cho bộ điều khiển hoạt động.



Hình 4. Cấu trúc hệ điều khiển góc mở ống kính camera.

Như vậy, bài toán điều khiển góc mở camera ánh sáng ngày đồng nghĩa với bài toán tổng hợp và thực thi thuật toán điều khiển hệ truyền động như trong hình 4, trên một thiết bị phần cứng chuyên dụng được chọn. Phần tiếp theo trình bày quá trình phân tích và tổng hợp luật điều khiển PID trượt thích nghi cho hệ truyền động góc mở ống kính camera.

3. TỔNG HỢP BỘ ĐIỀU KHIỂN GÓC MỞ ỐNG KÍNH CỦA CAMERA

3.1. Hàm truyền đạt của hệ truyền động điện với đầu vào điều khiển điện áp

Giả thiết ống kính camera là một khối đồng chất có mô-men quán tính J_L (chỉ số dưới L đại diện cho cả ống kính trường nhìn và ống kính lấy nét). Gọi θ_L là góc mở của ống kính, J_m là mô-men quán tính của động cơ, θ_m là góc ra đầu trục động cơ. Đường kính bánh răng nhỏ gắn với trục động cơ là d , đường kính bánh răng lớn gắn với tải trọng là D . Tỉ số truyền của hệ truyền động bánh răng là $N = D/d$, lực truyền động của bánh răng là F . Mô-men xoắn của động cơ là T_m ; nhiễu mô-men ảnh hưởng đến tải là T_{dL} , nhiễu mô-men ảnh hưởng đến trục động cơ là T_{dm} .

$$\theta_L = N\theta_m \tag{1}$$

Phương trình chuyển động giữa bánh răng và tải:

$$J_L \frac{d^2\theta_L}{dt^2} = \frac{D}{2}F + T_{dL} \tag{2}$$

Phương trình chuyển động giữa động cơ và bánh răng:

$$J_m \frac{d^2\theta_m}{dt^2} = T_m - \frac{d}{2}F + T_{dm} \tag{3}$$

Phương trình điện áp, mô-men của động cơ một chiều:

$$L \frac{di}{dt} = u - Ri - k_e\omega_m \tag{4}$$

$$T_m = k_t i \tag{5}$$

Trong (4) và (5): ω_m là tốc độ đầu trục động cơ; i là dòng điện phần ứng; u là điện áp phần ứng; R là điện trở phần ứng, L là điện cảm phần ứng; k_t là hằng số mô-men, k_e là hằng số EMF ngược của động cơ.

Từ các phương trình (1), (2) và (3), phương trình chuyển động của ống kính camera như (6):

$$(J_m + J_L) \frac{d^2\theta_L}{dt^2} = NT_m + (NT_{dm} + T_{dL}) \tag{6}$$

Khảo sát thực tế cho thấy, mô-men quán tính của ống kính rất nhỏ, động cơ có công suất đủ lớn, do vậy, có thể bỏ qua nhiều mô-men trong phương trình (6). Viết lại (6) như (7):

$$(J_m + J_L) \frac{d^2 \theta_L}{dt^2} = NT_m \quad (7)$$

Kết hợp (4), (5) và (7), sau khi biến đổi Laplace nhận được (8):

$$\left[\frac{(J_m + J_L)L}{Nk_t} s^2 + \frac{(J_m + J_L)R}{Nk_t} s + \frac{k_e}{N} \right] s \Theta_L(s) = U(s) \quad (8)$$

Phương trình (8) biểu diễn mối quan hệ giữa góc mở ống kính camera và điện áp đặt vào phần ứng động cơ một chiều. Trong (8), $\Theta_L(s)$ là ảnh Laplace của $\theta_L(t)$, $U(s)$ là ảnh Laplace của $u(t)$.

Đặt: $a_2 = \frac{(J_m + J_L)L}{Nk_t}$; $a_1 = \frac{(J_m + J_L)R}{Nk_t}$; $a_0 = \frac{k_e}{N}$, viết lại (8) như (9):

$$\frac{\Theta_L(s)}{U(s)} = \frac{1}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0} \times \frac{1}{s} \quad (9)$$

Với động cơ thực tế trong hệ thống, tham số động cơ như sau [10]:

$$R = 0,19\Omega; L = 0,0005H;$$

$$k_e = 0,0323 (V/rads/s); k_t = 0,0323(Nm/A); J_m = 7,5 \times 10^{-5} kgm^2;$$

$$\text{Tham số tải: } J_L = 2J_m$$

Đường kính bánh răng tỉ lệ với số bước răng, do đó tỉ số truyền: $N = 220:26$

Vì L rất nhỏ nên $a_2 \approx 0$, vì thế có biểu diễn gần đúng công thức (9) như (10). Hệ (10) không ổn định, do vậy cần thiết có luật điều khiển phù hợp cho nó.

$$\frac{\Theta_L(s)}{U(s)} = \frac{1}{0,0002s + 0,0038} \times \frac{1}{s} \quad (10)$$

3.2. Tổng hợp luật điều khiển PID thích nghi

a) Hiệu chỉnh mới mô hình PID

Bộ điều khiển PID:

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_{t_0}^t e(\tau) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (11)$$

Trong đó:

u :	Tín hiệu điều khiển;
K_P, K_I, K_D :	Các tham số của bộ điều khiển;
e :	Sai lệch góc mở, $e = \theta_d - \theta$;
θ_d :	Góc mở đặt;
θ :	Góc mở thực.

Ta biết rằng, các tham số của bộ điều khiển PID thường không chọn được ngay để hệ thống điều khiển ổn định tiệm cận, mà cần phải chỉnh định (theo tiêu chuẩn tối ưu nào đó). Tuy nhiên, việc chứng minh tính ổn định của hệ thống với bộ tham số PID được chọn hiện chưa được đảm bảo toán học chặt chẽ. Áp dụng nguyên lý ổn định Lyapunov, bài báo ứng dụng một mô hình hiệu chỉnh PID mới theo [6], trên cơ sở biểu diễn sai lệch bám của hệ thống dưới dạng phương trình trạng thái và tìm điều kiện ổn định tiệm cận của hệ thống hiệu chỉnh để làm xuất hiện luật thích nghi tham số PID.

Biến đổi (11) dưới dạng (12), (13):

$$\dot{e} = \frac{1}{K_D} \left[u(t) - K_I \int_{t_0}^t e(\tau) d\tau - K_P e(t) \right] \quad (12)$$

$$\ddot{e} = \frac{1}{K_D} [\dot{u} - K_I \dot{e} - K_P \ddot{e}] \quad (13)$$

Đặt:

$$x_1 = e; x_2 = \dot{e} \quad (14)$$

Phương trình trạng thái hệ (13), (14) như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\frac{K_I}{K_D} x_1 - \frac{K_P}{K_D} x_2 + \frac{1}{K_D} \dot{u} \end{cases} \quad (15)$$

Hệ (15) cho thấy động học của hệ thống mới không những phụ thuộc vào trạng thái của nó, mà còn phụ thuộc vào sự thay đổi của tín hiệu điều khiển u .

Phát biểu bài toán:

Xét hệ thống điều khiển (15) với giả thiết trạng thái $x_1(t), x_2(t)$ đo được và bị chặn, đi từ điểm hữu hạn $x_1(0), x_2(0)$. Tìm điều kiện của K_P, K_I, K_D để hệ thống ổn định tiệm cận.

Nhận xét: Giả thiết các biến trạng thái x_1, x_2 đều là các tín hiệu vật lý đo được và bị chặn hoàn toàn phù hợp với thực tế; x_1, x_2 của hệ (15) luôn xuất phát từ một điểm hữu hạn nào đó.

Nội dung tiếp theo sẽ tìm điều kiện để hệ (15) ổn định tiệm cận, đảm bảo cho $x_1 = e \rightarrow 0$.

b) Tìm điều kiện ổn định tiệm cận

Chọn hàm trượt đầu cuối có dạng [7]:

$$S = \dot{x}_1 + \lambda x_1^{r/\rho} = x_2 + \lambda x_1^{r/\rho}; \lambda > 0 \quad (16)$$

Với r, ρ là các số nguyên dương lẻ, $r < \rho$.

$$\dot{S} = \dot{x}_2 + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} \dot{x}_1 = \dot{x}_2 + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2 \quad (17)$$

Thay \dot{x}_2 từ (15) vào (17):

$$\dot{S} = -\frac{K_I}{K_D} x_1 - \frac{K_P}{K_D} x_2 + \frac{1}{K_D} \dot{u} + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2 \quad (18)$$

Đặt:

$$p_1 = -\frac{K_I}{K_D}; p_2 = -\frac{K_P}{K_D}; p_3 = \frac{1}{K_D} \quad (19)$$

Viết lại (18) dưới dạng (20):

$$\dot{S} = p_1 x_1 + p_2 x_2 + p_3 \dot{u} + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2 \quad (20)$$

Chọn hàm V và tính đạo hàm của nó:

$$V = \frac{1}{2} S^2 \quad (21)$$

$$\dot{V} = S \dot{S} \quad (22)$$

Thay (20) vào (22):

$$\dot{V} = S \left[p_1 x_1 + p_2 x_2 + p_3 \dot{u} + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2 \right] \quad (23)$$

Để hệ (15) ổn định thì V phải thực sự là một hàm Lyapunov. Để V thực sự là một hàm Lyapunov thì $V > 0$ và $\dot{V} < 0$.

Với mục đích tăng tốc độ tiếp cận mặt trượt khi trạng thái hệ thống xa mặt trượt; giảm tốc độ tiếp cận khi trạng thái hệ thống gần đến mặt trượt, nghiên cứu này sử dụng luật tiếp cận mặt trượt Gao [8].

$$\dot{S} = -\mu S - K \operatorname{sgn}(S); \mu > 0, K > 0 \quad (24)$$

Từ (22) nhận được:

$$\dot{V} = -\mu S^2 - K S \operatorname{sgn}(S) \leq 0 \quad \forall S \quad (25)$$

Như vậy, (25) cho thấy \dot{V} là hàm bán xác định âm. Tuy nhiên, do $\dot{V} < 0 \quad \forall S \neq 0$ nên $V(t)$ là hàm đơn điệu giảm với $\forall S \neq 0$. Điều đó có nghĩa $0 \leq V(t) \leq V(0)$, hay $V(t)$ bị chặn.

Từ (21) suy ra:

$$|S| = \sqrt{2V} \leq \sqrt{2V(0)} \rightarrow -\sqrt{2V(0)} \leq S \leq \sqrt{2V(0)} \quad (26)$$

Công thức (26) cho thấy S bị chặn. Giả thiết trạng thái $x_1(t), x_2(t)$ của (15) đi từ điểm hữu hạn $x_1(0), x_2(0)$ cũng cho thấy S bị chặn, điều này hoàn toàn phù hợp với thực tế.

Xét đạo hàm bậc 2 của V :

$$\ddot{V} = -2\mu S \dot{S} - K \dot{S} \operatorname{sgn}(S) \quad (27)$$

Thay (24) vào (27):

$$\ddot{V} = 2\mu^2 S^2 + 3K\mu|S| + K^2 \quad (28)$$

Công thức (28) biểu diễn \ddot{V} là hàm của đối số S . Vì \dot{V} bao gồm các hạng tử S bị chặn nên \ddot{V} cũng bị chặn, do đó, \dot{V} là hàm liên tục đều. Bổ đề Barbalat đảm bảo $\dot{V} = -\mu S^2 - K S \operatorname{sgn}(S) \rightarrow 0$, kéo theo $S \rightarrow 0$. Như vậy, hệ thống (15) ổn định tiệm cận.

c) Tính toán các tham số thích nghi:

Để (15) ổn định tiệm cận thì luật tiếp cận mặt trượt cần có dạng (24). Từ (20) và (24) thành lập được phương trình (29):

$$p_1 x_1 + p_2 x_2 + p_3 \dot{u} + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2 = -\mu S - K \operatorname{sgn}(S) \quad (29)$$

Có nhiều giải pháp để (29) tồn tại, tuy nhiên, một cách trực quan, có thể chọn các hạng tử ở vế trái của (29) theo điều kiện (30) như sau:

$$\begin{cases} p_1 x_1 = -\bar{k} \operatorname{sgn}(S) \\ p_2 x_2 = -\bar{k} \operatorname{sgn}(S) \\ p_3 \dot{u} + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2 = -\mu S \\ \bar{k} = K/2 \end{cases} \quad (30)$$

Từ (30) tính được p_1, p_2, p_3 theo (31):

$$p_1 = \frac{-\bar{k} \operatorname{sgn}(S)}{x_1}; p_2 = \frac{-\bar{k} \operatorname{sgn}(S)}{x_2}; p_3 = \frac{-\mu S - \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2}{\dot{u}} \quad (31)$$

Kết hợp (19) với (31) tính được:

$$K_D = \frac{-\dot{u}}{\mu S + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2} \quad (32)$$

$$K_I = \frac{\bar{k} \operatorname{sgn}(S)}{x_1} \times \frac{\mu S + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2}{\dot{u}} \quad (33)$$

$$K_P = \frac{\bar{k} \operatorname{sgn}(S)}{x_2} \times \frac{\mu S + \frac{\lambda r}{\rho} x_1^{\frac{r-\rho}{\rho}} x_2}{\dot{u}} \quad (34)$$

Thuật toán điều khiển PID thích nghi:

- Bước 1: Thiết lập các tham số μ, K, λ, ρ, r và khởi tạo $K_P, K_I, K_D, e, \dot{e}$.
- Bước 2: Tính u theo (11).
- Bước 3: Đo lường các biến x_1, x_2, \dot{u} .
- Bước 4: Tính K_P, K_I, K_D theo (32), (33), (34) và cập nhật vào bộ điều khiển PID để tính u ở bước lặp tiếp theo.
- Bước 5: Quay lại bước 3.

3.3. Xác định góc mở ống kính của camera thông qua phản hồi điện áp

Gọi độ rộng của góc mở ống kính trường nhìn, ống kính lấy nét là $\Delta\theta_Z, \Delta\theta_F$. Điện áp rơi trên biến trở phản hồi góc mở ống kính trường nhìn và lấy nét lần lượt là $\Delta V_Z, \Delta V_F$. Góc mở ống kính trường nhìn và lấy nét lần lượt là θ_Z, θ_F . Dải điện áp tối đa rơi trên biến trở là V_{max} .

Các góc mở ống kính của camera được tính như (35):

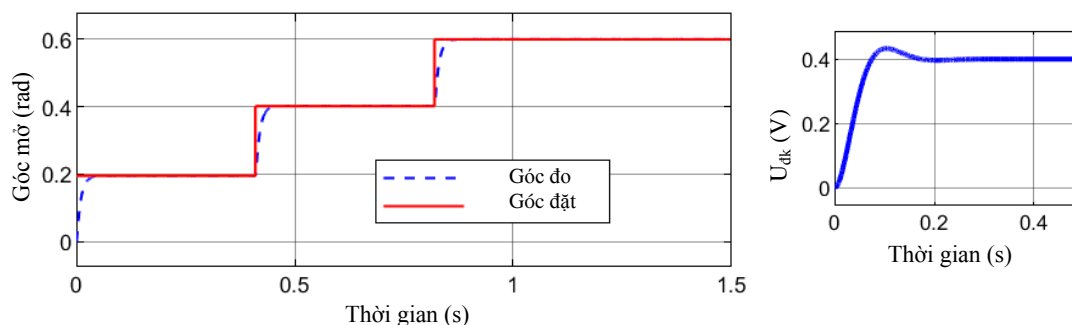
$$\theta_Z = \frac{\Delta V_Z}{V_{max}} \times \Delta\theta_Z; \theta_F = \frac{\Delta V_F}{V_{max}} \times \Delta\theta_F \quad (35)$$

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM

4.1. Kết quả mô phỏng điều khiển góc mở camera

Mô phỏng điều khiển góc mở ống kính được thực hiện trên Matlab cho kết quả như hình 5. Chế độ hoạt động nháp được mô phỏng ở 3 thời điểm.

- Thời điểm 1: Góc mở ống kính từ $0,0 \text{ rad} \rightarrow 0,2 \text{ rad}$.
- Thời điểm 2: Góc mở ống kính từ $0,2 \text{ rad} \rightarrow 0,4 \text{ rad}$.
- Thời điểm 3: Góc mở ống kính từ $0,4 \text{ rad} \rightarrow 0,6 \text{ rad}$.



a) Mô phỏng với 3 góc đặt (3 lệnh đặt);

b) U_{dk} khi góc đặt = $0,1 \text{ rad}$.

Hình 5. Kết quả mô phỏng điều khiển góc mở camera.

Kết quả mô phỏng cho thấy, ở cả 3 lần nháp (jogging) góc mở ống kính đã bám sát được góc đặt với thời gian 50 ms. Thời gian xác lập này cũng phù hợp với thời gian lấy mẫu điều khiển chung cho toàn hệ thống.

4.2. Hiệu chuẩn góc mở ống kính của camera

Sau khi thiết kế chế tạo phần cứng và thực thi phần mềm điều khiển, việc hiệu chuẩn góc mở ống kính của camera được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm xác định góc mục tiêu đang hoạt động tốt trên máy tính xử lý trung tâm của một hệ thống C4I [1] đang hoạt động tốt để so sánh đối chứng, làm cơ sở hiệu chỉnh tham số.

Sử dụng các lệnh trong bảng 1, nghiên cứu đã thực hiện 5 phép đo góc mở ống kính trường nhìn với kết quả thể hiện trong bảng 2. Từ đó, hệ số hiệu chuẩn ống kính trường nhìn xác định được $k = 19,06$. Việc xác định hệ số hiệu chuẩn góc mở ống kính lấy nét cũng được thực hiện tương tự, tạo tín hiệu đo lường cho vòng điều khiển phản hồi kín.

Bảng 1. Các lệnh điều khiển Zoom và Focus.

STT	Lệnh	Mã lệnh
1	Zoom +	0x3C
2	Zoom –	0x40
3	Focus +	0x14
4	Focus –	0x18

Bảng 2. Số liệu thu thập hiệu chuẩn góc mở ống kính trường nhìn.

Lần đo	Điện áp phản hồi góc mở (mV)	Góc mở ống kính (mrad)
1	133	6,98
2	333	17,45
3	1663	87,63
4	3326	174,53
5	4990	261,79

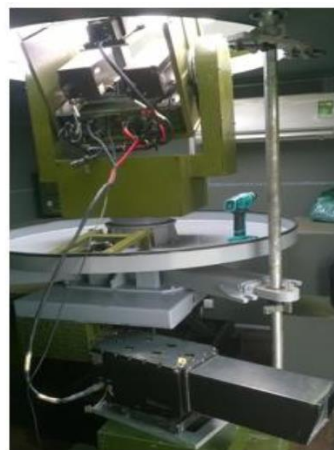
4.3. Kết quả chế tạo



a) Mô đun CPU;



b) Mô đun ĐCKS;



c) Tích hợp và thử nghiệm hệ thống.

Hình 6. Tích hợp mô đun vào hệ thống và thử nghiệm điều khiển góc mở camera.

Hình ảnh chế tạo mới các điều khiển góc mở ống kính camera thể hiện trên hình 6. Mô đun CPU được xây dựng trên nền công nghệ nhúng dsPIC 16 bit của hãng Microchip. Việc lập trình cho mô đun CPU gồm 2 phần: kiểm tra đường truyền thông và thu thập số liệu từ bộ phận phản hồi vị trí, sau đó, xuất xung điều khiển PWM cho mô đun ĐCKS động cơ. Đường truyền thông báo lên máy tính trung tâm hoặc gửi thông tin về hệ điều khiển quang điện tử nhằm cập nhật liên tục các giá trị phản hồi vị trí góc mở và các trạng thái hoạt động của camera ánh sáng ngày.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo mới các điều khiển góc mở ống kính camera ánh sáng ngày trong các hệ thống quang điện tử của một trung tâm điều khiển C4I. Luật điều khiển PID cũ được cập nhật phiên bản PID tham số thích nghi với mặt trượt hội tụ thời gian hữu hạn, thực thi trên mạch nhúng dsPIC 16 bit. So với các điều khiển phiên bản trước đó, bộ điều khiển của các điều khiển mới có tính thích nghi tham số và được đảm bảo toán học vững chắc dựa trên tiêu chuẩn ổn định Lyapunov và điều kiện tồn tại chế độ trượt. Mặc dù sản phẩm chế tạo đã được đánh giá trên hệ thống thực tế, phục vụ công tác huấn luyện sẵn sàng chiến đấu ở đơn vị, song cần được đánh giá thêm chất lượng điều khiển ống kính ở các góc nghiêng khác nhau.

Lời cảm ơn: Xin chân thành cảm ơn đề tài “Thiết kế, chế tạo hệ điều khiển xử lý số liệu chuyên dụng, thay thế bộ điều khiển camera ánh sáng ngày trong các hệ thống quang điện tử của trận địa PPK37mm-2N tác chiến ngày và đêm” đã cho phép sử dụng dữ liệu và đối tượng nghiên cứu trong bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Viện Tự động hóa KTQS, “Đại đội PPK 37^{mm} - 2N tác chiến ngày và đêm”, Tài liệu kỹ thuật tổng hợp, Hà Nội, (2005).
- [2]. Vũ Quốc Huy, Nguyễn Quang Hùng, Nguyễn Vũ, “Thuật toán đồng bộ và tổng hợp số liệu đầu vào hệ điều khiển bám góc mục tiêu của đài quan sát sử dụng thông tin từ hệ quang ảnh”, Tạp chí Khoa học & Kỹ thuật, Số 180, tr. 74-81, (2016).
- [3]. Vũ Quốc Huy, Trần Ngọc Bình, Nguyễn Vũ, Nguyễn Quang Hùng, “Tổng hợp bộ điều khiển bền vững cho hệ bám kênh phương vị đài quan sát”, Tạp chí Nghiên cứu KH-CN quân sự, Đặc san TĐH, tr. 169-176, (2014).
- [4]. Trần Ngọc Bình và cộng sự, “Nghiên cứu thiết kế chế tạo hệ thống tự động điều khiển và xác định góc mở, trường nhìn của camera ánh sáng ban ngày và camera ảnh nhiệt hồng ngoại phục vụ bài toán tự động bám sát mục tiêu”, Báo cáo tổng hợp, Đề tài cơ sở, Viện TĐH KTQS, (2006).
- [5]. Nguyễn Thu Hiền và cộng sự, “Thiết kế, chế tạo hệ điều khiển xử lý số liệu chuyên dụng, thay thế bộ điều khiển camera ánh sáng ngày trong các hệ thống quang điện tử của trận địa PPK37mm-2N tác chiến ngày và đêm”, Báo cáo tổng hợp, Đề tài cơ sở, Viện TĐH KTQS, (2016).
- [6]. Nam H. Nguyen*, Tuan T. Nguyen, Phuoc D. Nguyen, “PID Adaptive tuning with sliding mode control”, Tạp chí Nghiên cứu KH-CN quân sự, Số Đặc san FEE, tr. 68-73, (2019).
- [7]. Huy, V.Q., Binh, T.N, “Adaptive Terminal Sliding Mode Control by Identifying Uncertain and Mutated Disturbance with Reference Model”, J. Electr. Eng. Technol. **Vol. 15**, pp. 1789–1796, (2020).
- [8]. Hung JY, Gao W, Hung JC, “Variable Structure Control: A Survey”, IEEE Transaction on Industrial Electronics, **Vol. 40**, No. 1, pp. 2-22, (1993).
- [9]. Elbit systems Security Ltd., “Operator manual for VSS video surveillance system”, Industrial Park Sderot 80100, Israel, (2009).
- [10]. Citizen micro., Ltd, “Gear motor”, <https://mic.citizen.co.jp/cms/micro/items/htmls/P101-115.pdf>

ABSTRACT

Research, design and manufacture of the new card integrated an adaptive PID controller for the daylight camera lens aperture drive system of the optoelectronic observatory

This paper presents the results of the research, design and manufacture of a new specialized card, controlling the aperture angle of the field-of-view lens and the focusing lens in the daylight camera of the optoelectronic observatory. The actuator using a DC motor is controlled by an adaptive PID controller; the control law is implemented in a dsPIC embedded circuit. The control algorithm is mathematically guaranteed and simulated intuitively in Matlab. The product is practically applied, ensuring the technique for the ready observatory in training and combat.

Keywords: Daylight camera; Optoelectronic; Anti-air turret 37mm; Optical imaging system; Lens angle.