

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TRUYỀN THẮNG TRÊN CƠ SỞ HỆ THỐNG THÍCH NGHI THEO MÔ HÌNH MẪU TRONG VÒNG ĐIỀU KHIỂN TÊN LỬA TỪ XA

DESIGN OF MODEL REFERENCE ADAPTIVE SYSTEMS BASED LEARNING FEED-FORWARD CONTROLLER FOR MISSILE REMOTE CONTROL LOOP

Nguyễn Văn Bằng^{1,*},
Vũ Hữu Thích², Hoàng Văn Dũng³

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu, phân tích, cách thức xây dựng bộ điều khiển truyền thẳng dựa trên hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu trong vòng điều khiển tên lửa từ xa. Luật điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu áp dụng lý thuyết ổn định Lyapunov có dạng đơn giản, bền vững và hội tụ nhanh. Các kết quả mô phỏng đã cho thấy những ưu điểm khi sử dụng thuật toán. Đây là những luận cứ quan trọng để phục vụ việc nghiên cứu, cải tiến, tổng hợp vòng điều khiển từ xa thiết bị bay.

Từ khóa: Tên lửa, điều khiển, thích nghi, mô hình mẫu, bộ điều khiển truyền thẳng.

ABSTRACT

The paper presents the results of research, analysis and construction of a model reference adaptive systems based learning feed-forward controller within the missile remote control loop. Law on adaptive control obtained by applying stability theory Lyapunov has a simple, sustainable form and rapid convergence. The simulation results showed the advantages when using the algorithm. These are important arguments for research, improvement, and synthesis of remote control devices.

Keywords: Missile, control, adaptive, model reference, learning feed-forward controller.

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Học viện Phòng không - Không quân

*Email: banghvpkkq@gmail.com

Ngày nhận bài: 08/01/2019

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/5/2019

Ngày chấp nhận đăng: 10/6/2019

1. MỞ ĐẦU

Bản chất của việc áp dụng hệ thống điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu là thiết kế bộ điều khiển sao cho hệ thống đạt được những đặc tính mong muốn được đưa ra bởi một mô hình toán (mô hình mẫu) [3, 4, 5]. Khi đặc tính

của hệ thống thực khác so với đặc tính lý tưởng của mô hình mẫu, hệ thống được thay đổi bằng cách điều chỉnh các thông số của bộ điều khiển hoặc tạo thêm tín hiệu phụ.

Giống như hệ thống với bộ điều khiển thích nghi trực tiếp, khi thông số của đối tượng thay đổi, bộ điều khiển truyền thẳng (learning feed-forward) dựa trên hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu (model reference adaptive systems) cũng có khả năng tự động hiệu chỉnh các thông số của bộ điều khiển theo xu hướng đưa sai lệch e giữa mô hình mẫu và đối tượng điều khiển tiến dần về 0. Tuy nhiên, ưu điểm vượt trội của mô hình điều khiển này là tốc độ thích nghi nhanh hơn, độ ổn định cao hơn và ít nhạy cảm với nhiễu [1, 2].

Tên lửa trong vòng điều khiển tên lửa từ xa là khâu động học có tham số thay đổi. Sự thay đổi gia tốc pháp tuyến của tên lửa phụ thuộc vào góc lệch cánh lái trong rãnh gạt được

mô tả bởi hàm số truyền [6]: $K_{\eta}(s) = \frac{K_{\eta} V}{T_{\eta}^2 s^2 + 2\xi_{\eta} T_{\eta} s + 1}$ trong

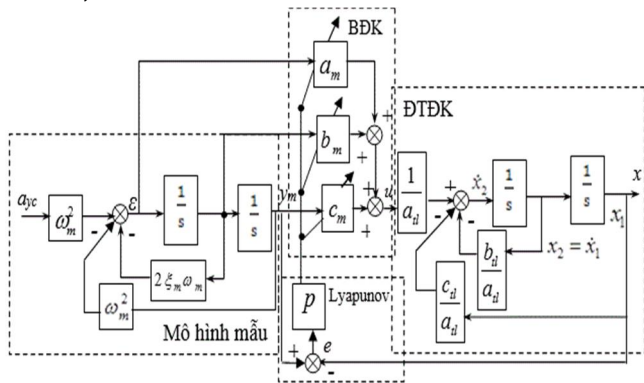
đó: K_{η} là hệ số truyền của tên lửa, V là vận tốc của tên lửa, ξ_{η} là hệ số suy giảm dao động riêng của tên lửa, hằng số thời gian T_{η} và hằng số thời gian khí động T_V phụ thuộc vào sự bố trí khí động của tên lửa, vào các đặc trưng hình học và khí động học của các phần tử của tên lửa và chúng thay đổi theo điều kiện bay (độ cao bay, vận tốc bay). Đặc biệt hệ số V/T_V thay đổi rất nhiều phụ thuộc vào áp suất động và làm cho hệ số khuếch đại của hệ thống điều khiển cũng thay đổi trong một giới hạn rộng.

Vì vậy khi tổng hợp luật điều khiển tên lửa từ xa cần phải xét đầy đủ tính chất động lực học của tên lửa và sự thay đổi các tham số K_{η} , T_{η} , ξ_{η} của bản thân tên lửa. Do đó, trong phạm vi bài báo này, các tác giả trình bày cách thức xây dựng luật điều khiển thích nghi tên lửa trong vòng điều khiển tên lửa từ xa sử dụng bộ điều khiển truyền thẳng dựa trên hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu, với

giả thiết hàm số truyền của tên lửa là khâu dao động bậc 2, tên lửa đã có hệ thống ổn định trên khoang, hệ lập lệnh sử dụng phương pháp tạo lệnh theo phương pháp dẫn 3 điểm. Tên lửa có các hệ số K_{tl} , T_{tl} , ξ_{tl} là thay đổi.

2. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TRUYỀN THẮNG DỰA TRÊN HỆ THỐNG THÍCH NGHI THEO MÔ HÌNH MẪU

Cấu trúc được mô tả trong hình 1 có thể được sử dụng như một hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu [1, 2]. Đối tượng điều khiển có mô hình toán là khâu bậc hai được điều khiển với sự trợ giúp của một bộ điều khiển truyền thẳng. Các tham số của bộ điều khiển này là a_m , b_m và c_m . Các tham số thay đổi của đối tượng điều khiển (tên lửa) là a_{tl} , b_{tl} và c_{tl} . Gia tốc pháp tuyến yêu cầu đầu vào khâu tên lửa là a_{yc} .



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển truyền thẳng, mô hình mẫu và đối tượng điều khiển

Đối tượng điều khiển được biểu diễn bởi hàm truyền đạt W_p :

$$W_p = \frac{x}{u} = \frac{K_{tl}}{T_{tl}^2 s^2 + 2\xi_{tl} T_{tl} s + 1} = \frac{l}{a_{tl} \cdot s^2 + b_{tl} \cdot s + c_{tl}} \quad (1)$$

Trong đó: $a_{tl} = \frac{T_{tl}^2}{K_{tl}}$, $b_{tl} = \frac{2\xi_{tl} T_{tl}}{K_{tl}}$, $c_{tl} = \frac{1}{K_{tl}}$

Biểu diễn đối tượng điều khiển dưới dạng biến trạng thái:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u = Ax + Bu \quad (2)$$

Với $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ (3)

Mô hình mẫu có hàm truyền là W_r :

$$W_r = \frac{y_m}{a_{yc}} = \frac{\omega_m^2}{s^2 + 2\xi_m \omega_m s + \omega_m^2} \quad (4)$$

Khi đó hàm truyền của hệ thống từ a_{yc} đến x sẽ là:

$$W = \frac{\omega_m^2}{s^2 + 2\xi_m \omega_m s + \omega_m^2} \frac{a_m s^2 + b_m s + c_m}{a_{tl} s^2 + b_{tl} s + c_{tl}} \quad (5)$$

Nếu các tham số $a_m = a_{tl}$, $b_m = b_{tl}$ và $c_m = c_{tl}$ thì $W = W_r$. Khi này, tại đầu ra của hệ thống nhận được tín hiệu mong muốn ($x = y_m$). Do đó, ta cần đi tìm một phương pháp điều chỉnh sự sai lệch giữa tín hiệu đầu ra của mô hình mẫu và của đối tượng điều khiển tiến dần về 0, đồng thời thực hiện việc hiệu chỉnh các tham số a_m , b_m và c_m theo hướng hội tụ đến các thông số của đối tượng điều khiển [1, 2].

Điều này cho thấy, chúng ta có thể sử dụng cách tiếp cận bằng lý thuyết ổn định Lyapunov kinh điển để tìm luật thích nghi cho các tham số của bộ điều khiển truyền thẳng. Do đó, vấn đề thiết kế là: Tìm luật thích nghi cho các tham số hiệu chỉnh a_m , b_m và c_m của bộ điều khiển truyền thẳng sao cho sai lệch e giữa mô hình mẫu và đối tượng điều khiển tiến dần về 0, cũng như hiệu chỉnh các tham số bộ điều khiển truyền thẳng theo hướng hội tụ đến các tham số của đối tượng điều khiển. Do đó, ta cần thực hiện các bước sau đây để thiết kế bộ điều khiển thích nghi với lý thuyết ổn định Lyapunov.

Bước 1: Xác định phương trình vi phân cho e

Biểu diễn mô hình mẫu dưới dạng biến trạng thái:

$$\dot{y}_{m1} = y_{m2}; \dot{y}_{m2} = \epsilon \quad (6)$$

$$\dot{y}_m = \begin{bmatrix} \dot{y}_{m1} \\ \dot{y}_{m2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{m1} \\ y_{m2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \epsilon = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} y_m + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \epsilon \quad (7)$$

Biểu diễn đối tượng điều khiển dưới dạng biến trạng thái:

$$\dot{x}_1 = x_2 \quad (8)$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} x_1 - \frac{b_{tl}}{a_{tl}} x_2 + \frac{1}{a_{tl}} (c_m y_{m1} + b_m y_{m2}) + \frac{1}{a_{tl}} a_m \cdot \epsilon \quad (9)$$

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_m}{a_{tl}} & \frac{b_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{m1} \\ y_{m2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{a_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} \epsilon \quad (10)$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_m}{a_{tl}} & \frac{b_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} y_m + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{a_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} \epsilon$$

Với sai lệch e được xác định theo công thức sau:

$$e = y_m - x \quad (11)$$

$$\dot{e} = \dot{y}_m - \dot{x} \quad (12)$$

$$\dot{e} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_m}{a_{tl}} & \frac{b_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} y_m - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{a_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} \epsilon$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_m}{a_{tl}} & \frac{b_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} y_m - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} y_m$$

$$+ \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} y_m - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{a_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} \epsilon$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_{tl}}{a_{tl}} - \frac{c_m}{a_{tl}} & \frac{b_{tl}}{a_{tl}} - \frac{b_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} y_m + \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} (y_m - x) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{a_m}{a_{tl}} \end{bmatrix} \varepsilon = A_1 y_m + A_2 e + B_1 \varepsilon \quad (13)$$

Với:

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_{tl}}{a_{tl}} - \frac{c_m}{a_{tl}} & \frac{b_{tl}}{a_{tl}} - \frac{b_m}{a_{tl}} \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix}, B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - \frac{a_m}{a_{tl}} \end{bmatrix}$$

Bước 2: Chọn hàm Lyapunov $V(e)$

Với luật thích nghi đơn giản được tìm thấy khi sử dụng hàm Lyapunov [5]:

$$V(e) = e^T P e + a^T \alpha a + b^T \beta b \quad (13)$$

Trong đó, P là ma trận đối xứng xác định dương tùy ý, a và b là các véc tơ chứa các phần tử khác 0 của ma trận A_1 và B_1 , α và β là ma trận đường chéo chứa các phần tử xác định tốc độ quá trình thích nghi.

Bước 3: Xác định các điều kiện để hàm $V(e)$ xác định âm

$$\begin{aligned} \dot{V} &= (A_1 y_m + A_2 e + B_1 \varepsilon)^T \cdot P \cdot e \\ &+ e^T \cdot P \cdot (A_1 y_m + A_2 e + B_1 \varepsilon) + 2\dot{\alpha} \cdot \alpha \cdot a^T + 2\dot{\beta} \cdot \beta \cdot b^T \\ &= (A_2 e)^T \cdot P \cdot e + e^T \cdot P \cdot A_2 \cdot e + 2e^T \cdot P \cdot A_1 \cdot y_m \\ &+ 2\dot{\alpha} \cdot \alpha \cdot a^T + 2e^T \cdot P \cdot B_1 \cdot \varepsilon + 2\dot{\beta} \cdot \beta \cdot b^T \end{aligned} \quad (14)$$

$$\text{Từ } A^T P + P A = -Q \text{ hay } e^T (A^T P + P A) e = -e^T Q e \quad (15)$$

Theo định lý Malkin [2, 4], Q là ma trận xác định dương. Điều này có nghĩa giá trị của phần $[(A_2 e)^T \cdot P \cdot e + e^T \cdot P \cdot A_2 \cdot e]$ là luôn âm. Như vậy, sự ổn định của hệ thống sẽ được đảm bảo nếu phần $[2e^T \cdot P \cdot A_1 \cdot y_m + 2\dot{\alpha} \cdot \alpha \cdot a^T + 2e^T \cdot P \cdot B_1 \cdot \varepsilon + 2\dot{\beta} \cdot \beta \cdot b^T]$ có giá trị 0, tức là:

$$e^T \cdot P \cdot A_1 \cdot y_m + \dot{\alpha} \cdot \alpha \cdot a^T = 0 \quad (16)$$

$$e^T \cdot P \cdot B_1 \cdot \varepsilon + \dot{\beta} \cdot \beta \cdot b^T = 0 \quad (17)$$

$$\text{Với } a = [a_{21} \ a_{22}], e = [e_1 \ e_2], \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & 0 \\ 0 & \alpha_{22} \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix}, A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}, y_m = \begin{bmatrix} y_{m1} \\ y_{m2} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Sau khi tính toán, ta nhận được kết quả:

$$\dot{\alpha}_{21} = -\frac{1}{\alpha_{11}} (e_1 \cdot p_{21} + e_2 \cdot p_{22}) y_{m1} \quad (20)$$

$$\dot{\alpha}_{22} = -\frac{1}{\alpha_{22}} (e_1 \cdot p_{21} + e_2 \cdot p_{22}) y_{m2} \quad (21)$$

$$\text{Từ công thức (10) ta có: } \alpha_{21} = \frac{c_{tl}}{a_{tl}} - \frac{c_m}{a_{tl}} \rightarrow \dot{\alpha}_{21} = -\frac{1}{a_{tl}} \dot{c}_m$$

Để hoàn thành quá trình cập nhật tham số thì c_m được xác định bởi biểu thức sau:

$$c_m = \frac{a_{tl}}{\alpha_{11}} \int [(e_1 \cdot p_{21} + e_2 \cdot p_{22}) y_{m1}] dt + c_m(0) \quad (22)$$

$$\text{Từ công thức (13) ta có: } a_{22} = \frac{b_{tl}}{a_{tl}} - \frac{b_m}{a_{tl}} \rightarrow \dot{a}_{22} = -\frac{1}{a_{tl}} \dot{b}_m$$

Để hoàn thành quá trình cập nhật tham số thì b_m, a_m được xác định bởi biểu thức sau:

$$b_m = \frac{a_{tl}}{\alpha_{22}} \int [(e_1 \cdot p_{21} + e_2 \cdot p_{22}) y_{m2}] dt + b_m(0) \quad (23)$$

$$a_m = \frac{a_{tl}}{\beta_{22}} \int [(e_1 \cdot p_{21} + e_2 \cdot p_{22}) \varepsilon] dt + a_m(0) \quad (24)$$

Trong đó, α_{22} và β_{22} được gọi là tốc độ của quá trình thích nghi, p_{21} và p_{22} là các phần tử của ma trận P .

Bước 4: Xác định P

$$\text{Từ } A^T P + P A = -Q \text{ với } Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} \\ \frac{c_{tl}}{a_{tl}} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} & -\frac{b_{tl}}{a_{tl}} \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \quad (26)$$

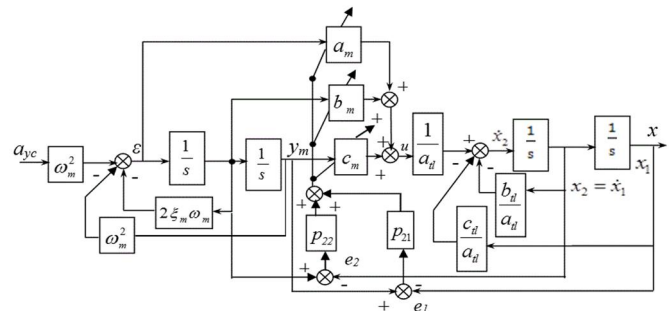
$$\begin{bmatrix} -\frac{c_{tl}}{a_{tl}} (p_{21} + p_{22}) & p_{11} - \frac{c_{tl}}{a_{tl}} \cdot p_{22} - \frac{b_{tl}}{a_{tl}} \cdot p_{12} \\ p_{11} - \frac{b_{tl}}{a_{tl}} \cdot p_{21} - \frac{c_{tl}}{a_{tl}} \cdot p_{22} & p_{12} + p_{21} - 2 \frac{c_{tl}}{a_{tl}} \cdot p_{22} \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \quad (27)$$

Kết quả nhận được như sau:

$$p_{12} = p_{21} = \frac{1}{2} q_{11} \cdot \frac{a_{tl}}{c_{tl}} \quad (28)$$

$$p_{11} = p_{22} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_{tl}^2}{c_{tl}^2} \cdot q_{11} + \frac{a_{tl}}{c_{tl}} q_{22} \right) \quad (29)$$

Dựa trên công thức (22), (23) và (24) thì thiết kế hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu với bộ điều khiển truyền thẳng theo lý thuyết ổn định Lyapunov trên hình 1 được vẽ lại như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ bộ điều khiển truyền thẳng dựa trên hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

Việc mô phỏng, khảo sát luật điều khiển thích nghi tên lửa khi sử dụng bộ điều khiển truyền thẳng dựa trên hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu được xem xét trong vòng điều khiển tên lửa từ xa, được chỉ ra trên hình 3 [6].

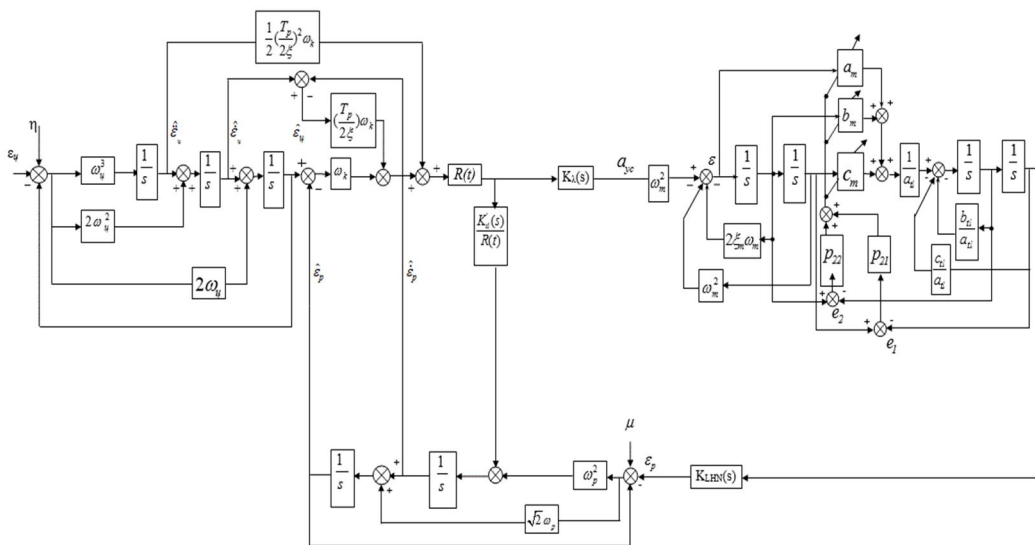
Trong mục này trình bày các kết quả mô phỏng các phương pháp điều khiển bằng phần mềm Matlab từ đó đưa ra những đánh giá, nhận xét cho từng trường hợp cụ thể.

+ Để khảo sát PPD 3 điểm ta chọn bộ tham số mô phỏng như sau: $\omega_m = 10$, $\xi_m = 0,7$, $a_{tl} = 0,011$, $b = 0,15$, $c_{tl} = 1$,

$$Q = \begin{bmatrix} 7 & 14 \\ 14 & 7 \end{bmatrix}, \text{ thì } p_{21} \approx 0,0385, p_{22} \approx 0,078.$$

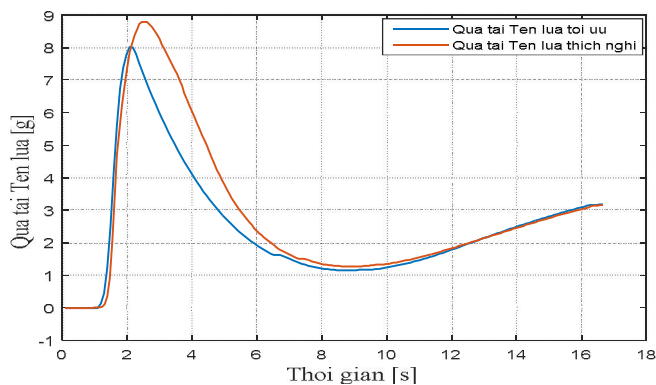
+ Mục tiêu có vận tốc $V_{mt} = 350\text{m/s}$, cự ly ngang $D_{bn} = 19\text{km}$, bay ở độ cao $H = 8,1\text{km}$, thời gian bắt đầu cơ động $t_{cd} = 5\text{s}$, thời gian kết thúc cơ động $t_{ocd} = 8\text{s}$, cơ động $3g$.

+ Tên lửa có vận tốc $V = 900\text{m/s}$.



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc vi điều khiển tên lửa từ xa sử dụng bộ điều khiển truyền thẳng dựa trên hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu

- Trường hợp các tham số của tên lửa là lý tưởng $\xi_{tl} = 0,7$, $T_{tl} = 0,1\text{s}$, $K_{tl} = 1$, không thay đổi trong quá trình bay.

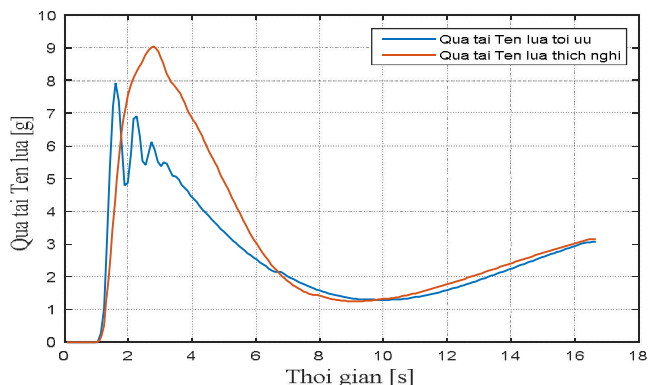


Hình 4. Đồ thị quá tải tên lửa khi tham số tên lửa cố định

Nhận xét: Khi các tham số của tên lửa không thay đổi (điều này không xảy ra trong thực tế), ta thấy luật dẫn tối ưu

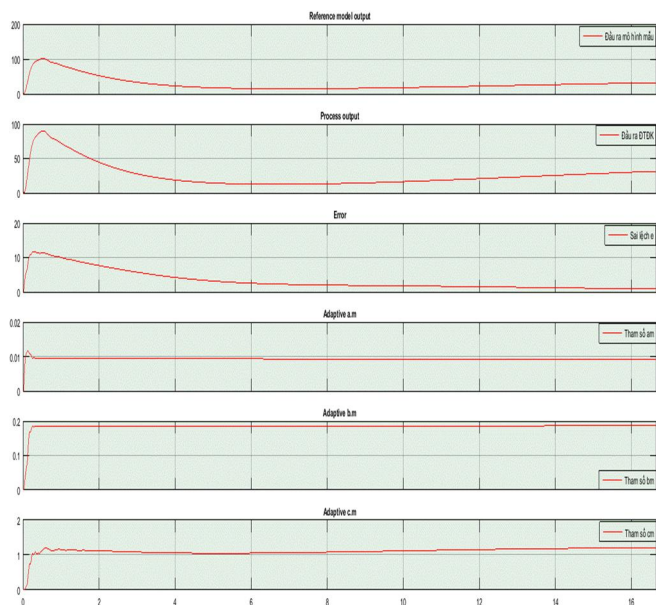
vẫn là tốt nhất, quá tải giai đoạn đầu của luật dẫn tối ưu nhỏ hơn đáng kể so với luật dẫn có sử dụng cơ cấu thích nghi.

- Trường hợp các tham số của tên lửa là $\xi_{tl} = 0,5$, $T_{tl} = 0,06\text{s}$, $K_{tl} = 0,8$.



Hình 5. Đồ thị quá tải tên lửa khi tham số tên lửa thay đổi

Nhận xét: Trong quá trình bay của tên lửa, các tham số động học của bản thân tên lửa thay đổi do sự ảnh hưởng của độ cao bay, vận tốc, mức hạn chế góc tấn công... Khi đó luật dẫn tối ưu không đáp ứng được (hình 5). Khi đó sử dụng luật điều khiển thích nghi sẽ cải thiện hiệu quả điều khiển, nâng cao độ chính xác tiêu diệt mục tiêu, các tham số a_{m^*} , b_{m^*} , c_m hội tụ nhanh và bền vững.



Hình 6. Đồ thị tín hiệu đầu ra của mô hình mẫu, tên lửa, sai lệch e và a_{m^*} , b_{m^*} , c_m

4. KẾT LUẬN

Phương pháp điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu trực tiếp thể hiện ưu điểm khi thông số của đối tượng điều khiển không rõ và thay đổi. Tuy nhiên khi áp dụng thuật toán này hệ thống điều khiển có thể mất ổn định do tác động của nhiễu đo lường. Để khắc phục hạn chế của điều khiển thích nghi trực tiếp bài báo đề xuất bộ điều khiển truyền thẳng dựa trên hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu, vì vậy thông số của bộ điều khiển được hiệu chỉnh liên tục trong quá trình làm việc.

Luật điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu áp dụng lý thuyết ổn định Lyapunov có dạng đơn giản, hội tụ nhanh và ổn định cao. Các kết quả mô phỏng chỉ ra rằng bộ điều khiển truyền thẳng thích nghi theo mô hình mẫu trong vòng điều khiển tên lửa từ xa có chất lượng tốt hơn khi so sánh với luật dẫn tên lửa tối ưu tại thời điểm các tham số của tên lửa (K_{tr} , T_{tr} , ξ_{tr}) thay đổi. Đây là cơ sở để nâng cao độ chính xác tiêu diệt mục tiêu, đáp ứng được trong điều kiện thực tế khi các điều kiện bay của tên lửa thay đổi.

Tuy nhiên công thức (22), (23) và (24) chỉ áp dụng được khi mô hình mẫu và đối tượng điều khiển có dạng bậc 2. Như vậy với những đối tượng có hàm truyền bậc cao hơn, khi tính toán ta phải sử dụng hàm xấp xỉ bậc 2 của chúng. Bộ điều khiển truyền thẳng chỉ có thể được áp dụng (bù, hiệu chỉnh) cho hệ thống với đối tượng có dạng bậc 2 trở xuống nên đây chính là hạn chế của phương pháp này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyen Duy Cuong, 2008. *Advanced Controllers for Electromechanical Motion Systems*. PhD thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
- [2]. Nguyen Duy Cuong, 2015. *An Adaptive LQG Combined With the MRAS Based LFFC for Motion Control Systems*. Journal of Automation and Control Engineering Vol.3, No.2.
- [3]. Amerongen, J. Van, 2004. *Intelligent Control (part 1)-MRAS, Lecture notes*. University of Twente, The Netherlands.
- [4]. Landau, Y. D., 1979. *Control and Systems Theory - Adaptive Control - The Model Reference Approach*. Marcel Dekker.
- [5]. Pankaj, K., Kumar, J.S. and Nema, R.K., 2011. *Comparative Analysis of MIT Rule and Lyapunov Rule in Model Reference Adaptive Control Scheme*. Innovative Systems Design and Engineering, Vol.2, pp. 154-162.
- [6]. E.A. Fedosov, V.T. Bobronnikov, M.N. Krasilyshchikov, V.I. Kukhtenko, A.A. Lebedev, V.V. Malyshchev, E.V. Orlov, B.V. Puchkov, A.I. Silaev, V.A. Stefanov, 1997. *Dynamic Design of Automatic Maneuverable Aircraft Control Systems*. Mashinostroenie, Moscow, pp. 49-336

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Van Bang^{1*}, Vu Huu Thich², Hoang Van Dung³

¹Military Technical Academy

²Hanoi University of Industry

³Air Defense-Air Force Academy