

Tổng hợp bộ điều khiển trượt bám quỹ đạo cho xe tự hành AGV

Nguyễn Đình Long*

Viện Tự động hóa Kỹ thuật quân sự, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, 89B Lý Nam Đế, Cửa Đông, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: ndlong112@gmail.com

Nhận bài: 05/01/2024; Hoàn thiện: 08/3/2024; Chấp nhận đăng: 14/3/2024; Xuất bản: 01/4/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.CAPITI.2024.112-118>

TÓM TẮT

Xe tự hành AGV được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như nhà máy, kho hàng, bưu cục, ... Một trong những nhiệm vụ trọng tâm của việc điều khiển xe AGV là thiết kế bộ điều khiển để xe bám tốt theo quỹ đạo đề ra dưới các tác động của hệ thống và môi trường xung quanh. Trong nghiên cứu này đề xuất phương pháp tổng hợp bộ điều khiển trượt với luật tiếp cận theo hàm số mũ cho xe tự hành AGV dạng 2 bánh chủ động vi sai. Phương pháp này sẽ đưa quỹ đạo trạng thái các tham số của xe AGV tiến về mặt trượt nhanh hơn và giảm được hiện tượng chattering so với phương pháp sử dụng luật tiếp cận cơ bản, qua đó giúp xe bám quỹ đạo tốt hơn trong quá trình vận hành. Kết quả mô phỏng minh chứng cho tính đúng đắn của phương pháp đề xuất.

Từ khóa: Xe tự hành AGV; Mô hình động học; Mô hình động lực học; Điều khiển trượt; Ổn định Lyapunov.

1. MỞ ĐẦU

Ngày nay, xe tự hành AGV được nghiên cứu, sản xuất và ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực của đời sống như nhà máy, kho bãi, bưu cục, bệnh viện, nhà hàng, ... giúp tối ưu hóa quá trình vận chuyển hàng hóa và tăng hiệu quả lao động. Ngoài việc lựa chọn phương pháp thiết kế hệ thống xe tự hành, lựa chọn phương pháp điều hướng AGV thì các phương pháp điều khiển xe tự hành được các nhà khoa học quan tâm và đã công bố nhiều kết quả khác nhau [1-10].

Thông thường bộ điều khiển xe AGV được chia làm 2 phần [1-3], bộ điều khiển động học vòng ngoài và bộ điều khiển động lực học vòng trong. Cho đến ngày hôm nay, bộ điều khiển vòng ngoài đã được xây dựng cơ bản hoàn chỉnh dựa vào thuật toán ổn định Lyapunov và được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu [1-3, 5, 6, 8, 9]. Tuy nhiên, khi hoạt động thực tế, xe AGV sẽ bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như sự biến đổi của tải mang theo xe, moment quán tính của xe khi di chuyển, trượt của các bánh xe, nhiễu từ hệ thống và nhiễu từ môi trường. Vì vậy, nhiều nghiên cứu hiện nay đang tập trung vào bài toán thiết kế bộ điều khiển động lực học để giải quyết các vấn đề trên. Có thể kể đến một số phương pháp như: điều khiển cuộn chiều [7], điều khiển mạng nơ-ron [1, 2], điều khiển mờ [10], điều khiển thích nghi [9], điều khiển trượt [3, 8]. Mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm riêng và giải quyết bài toán đề ra trong những trường hợp cụ thể khác nhau.

Điều khiển trượt là bộ điều khiển đơn giản, dễ áp dụng đối với các hệ phi tuyến, mang tính bền vững đối với mô hình bất định và các nhiễu tác động [11]. Đa phần các nghiên cứu về xe tự hành AGV thiết kế bộ điều khiển trượt với luật tiếp cận mặt trượt căn bản [3, 8]. Tuy nhiên, với luật tiếp cận này dễ làm cho trạng thái hệ thống hội tụ chậm hơn, cũng như dễ gây ra các hiện tượng chattering (dao động), làm giảm chất lượng quá trình điều khiển. Để khắc phục vấn đề trên trong bài báo này đề xuất phương pháp tổng hợp bộ điều khiển trượt với luật tiếp cận hàm số mũ cho vòng trong động lực học của xe tự hành AGV, qua đó giúp xe bám quỹ đạo tốt dưới các tác động của điều kiện hoạt động thực tế.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC VÀ ĐỘNG LỰC HỌC CỦA XE TỰ HÀNH AGV

Xe tự hành AGV trong bài báo này là loại xe có 2 bánh chủ động vi sai và bốn bánh tự lùa. Mô hình xe tự hành AGV trong không gian tọa độ OXY được thể hiện trên hình 1. Gọi x, y là tọa độ của AGV, θ là góc giữa trục dọc của AGV với trục OX, v và ω là vận tốc tịnh tiến và vận tốc góc

của AGV, và được xác định như sau: $v = (v_r + v_l) / 2$, $\omega = (v_r - v_l) / 2$. Vị trí của xe được xác định bởi vector $q = [x \ y \ \theta]^T$. Khi đó, phương trình động học của xe AGV được mô tả như sau [1-3]:

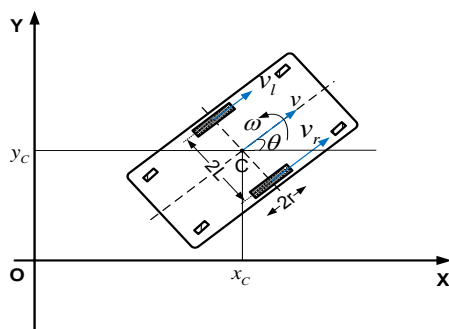
$$\dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} = J(q)v \quad (1)$$

với $J(q) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, $v = \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix}$.

Phương trình động lực học của AGV được mô tả theo dạng Euler-Lagrange [1-3]:

$$M(q)\ddot{q} + V(q, \dot{q})\dot{q} + F(\dot{q}) + G(q) + \tau_d = B(q)\tau - A^T(q)\lambda \quad (2)$$

Với $M(q)$ - Ma trận quán tính; $V(q, \dot{q})$ - Ma trận hướng tâm và Coriolis; $F(\dot{q})$ - Thành phần ma sát bề mặt; $G(q)$ - Vector trọng lực; $B(q)$ - Ma trận chuyển đổi đầu vào; τ - Momen đầu vào điều khiển các bánh xe; τ_d - Nhiễu bị chặn (gồm nhiễu đo lường, nhiễu hệ thống và thành phần chưa chắc chắn của mô hình động lực học); $A^T(q)$ - Ma trận liên quan đến các ràng buộc nonholonomic; λ - Nhân tử Lagrange liên quan đến các ràng buộc; \dot{q} và \ddot{q} - Vector vận tốc và gia tốc.



Hình 1. Mô hình xe tự hành AGV.

Các thông số của xe AGV: m, I - Khối lượng và momen quán tính tương ứng của AGV; r - Bán kính bánh xe chủ động; L - Nửa khoảng cách giữa 2 bánh xe chủ động.

Đối với mô hình AGV cấu tạo như hình 1, khi xe di chuyển trên mặt đất, giả sử tư thế xe nằm song song với mặt đất, lúc đó, vector trọng lực vuông góc với mặt nằm ngang và trọng tâm xe nằm trên trục nối giữa 2 bánh xe chủ động. Vì vậy, ta có $V(q, \dot{q}) = G(q) = 0$.

Các thành phần còn lại của mô hình động lực học được xác định như sau:

$$M(q) = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix}, \quad A^T(q) = \begin{bmatrix} -\sin \theta \\ \cos \theta \\ 0 \end{bmatrix}, \quad B(q) = \frac{1}{r} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos \theta \\ \sin \theta & \sin \theta \\ L & -L \end{bmatrix},$$

$$\tau = \begin{bmatrix} \tau_r \\ \tau_l \end{bmatrix}, \quad \lambda = -m(\dot{x}_c \cos \theta + \dot{y}_c \sin \theta)\dot{\theta}.$$

Để dàng nhận thấy: $J^T(q)A^T(q) = 0$. Nhân hai vế của (2) với $J^T(q)$, ta nhận được:

$$\bar{M}(q)\dot{v} + \bar{V}(q, \dot{q})v + \bar{F}(\dot{q}) + \bar{\tau}_d = \bar{B}(q)\tau \quad (3)$$

Trong đó: $\bar{M} = J^T M J \in R^{2 \times 2}$; $\bar{V} = J^T (M \dot{J} + V J) \in R^{2 \times 2}$; $\bar{F} = J^T F \in R^{2 \times 1}$; $\bar{\tau}_d = J^T \tau_d \in R^{2 \times 1}$; $\bar{B}(q) = J^T B \in R^{2 \times 2}$.

Sau khi tính toán ta xác định được các ma trận sau:

$$\bar{M}(q) = \begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix}, \quad \bar{B}(q) = \frac{1}{r} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ L & -L \end{bmatrix}, \quad \bar{V}(q, \dot{q}) = 0.$$

Trong phương trình (3), giả sử như thành phần ma sát bề mặt \bar{F} và nhiễu $\bar{\tau}_d$ được xem như nhiễu bị chặn. Khi đó, phương trình (3) có thể được viết dưới dạng sau:

$$\bar{M}(q) \dot{v} + \Delta \tau = \bar{B}(q) \tau \quad (4)$$

với $\Delta \tau = \bar{F}(\dot{q}) + \bar{\tau}_d \in R^{2 \times 1}$.

Từ (4), ta có:

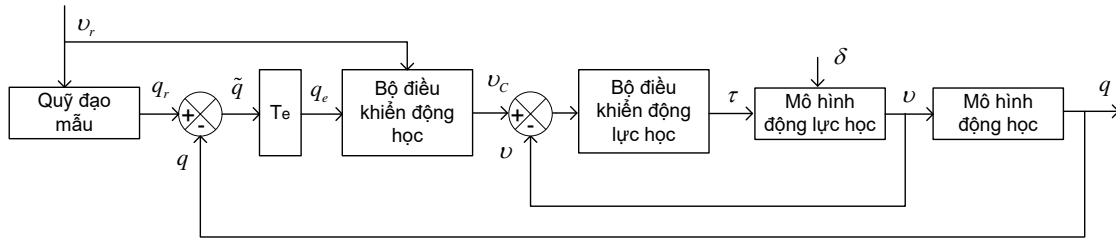
$$\dot{v} = E \tau + \delta \quad (5)$$

với $E = \bar{M}(q)^{-1} \bar{B}(q) = \frac{1}{mrI} \begin{bmatrix} I & I \\ Lm & -Lm \end{bmatrix}$; $\delta = -\bar{M}(q)^{-1} \Delta \tau \in R^{2 \times 1}$ - Thành phần nhiễu bị chặn.

Bài toán đặt ra: tổng hợp bộ điều khiển để AGV bám theo quỹ đạo mẫu $q_r = [x_r, y_r, \theta_r]^T$.

3. TỔNG HỢP BỘ ĐIỀU KHIỂN

Cấu trúc tổng quát của bộ điều khiển AGV được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Cấu trúc bộ điều khiển AGV.

3.1. Thiết kế bộ điều khiển động học vòng ngoài

Đầu tiên, ta tạo một quỹ đạo mẫu giúp xe AGV bám theo như sau:

$$\dot{q}_r = J(\theta_r) v_r \quad (6)$$

Trong đó, $J(\cdot)$ được xác định như ở phương trình (1), còn v_r và q_r lần lượt là vận tốc tham chiếu và quỹ đạo tham chiếu của xe AGV.

Sai số giữa quỹ đạo thực của xe và quỹ đạo tham chiếu được xác định như sau:

$$\tilde{q} = q_r - q = \begin{bmatrix} x_r - x \\ y_r - y \\ \theta_r - \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{bmatrix}$$

Ngoài ra, ta xác định sai số:

$$q_e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r - x \\ y_r - y \\ \theta_r - \theta \end{bmatrix}$$

$$q_e = T_e \tilde{q}$$

với T_e thường được gọi là ma trận xoay (ma trận chuyển hệ tọa độ).

Từ đây, ta thiết kế bộ điều khiển động học vòng ngoài để xe bám theo quỹ đạo mẫu, tức là bộ điều khiển phải đảm bảo cho sai số q_e tiến về 0 trong một khoảng thời gian nhất định. Bộ điều khiển này về cơ bản được xây dựng dựa trên phương pháp ổn định Lyapunov, có thể tham khảo trong các tài liệu [1-3, 8]. Bộ điều khiển được đề xuất như sau:

$$v_c = \begin{bmatrix} v_c \\ \omega_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_r \cos e_3 + \lambda_1 e_1 \\ \omega_r + \lambda_2 v_r e_2 + \lambda_3 v_r \sin e_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

với $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ là các hằng số dương và $v_r > 0$.

3.2. Thiết kế bộ điều khiển trượt cho vòng trong động lực học

Tiếp theo ta sẽ thiết kế bộ điều khiển trượt cho vòng động lực học phía trong để tạo ra được moment điều khiển τ giúp điều khiển động cơ 2 bánh xe trái phải để đảm bảo v bám tốt theo v_c , hay sai số $e_c(t) = v_c(t) - v(t)$ phải tiến đến miền lân cận 0 hoặc 0 sau một thời gian nhất định.

Mặt trượt trong bài báo này được chọn là mặt trượt dạng PI như sau:

$$S(t) = \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \end{bmatrix} = e_c(t) + \beta \int_0^t e_c(\tau) d\tau \quad (8)$$

Trong đó: $\beta > 0$; $e_c(t) = \begin{bmatrix} e_v(t) \\ e_\omega(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_c - v \\ \omega_c - \omega \end{bmatrix}$.

Đạo hàm (8), ta có:

$$\dot{S}(t) = \dot{e}_c(t) + \beta e_c(t) \quad (9)$$

Từ (5) ta nhận thấy rằng, hệ có tín hiệu điều khiển đầu vào là τ , chứa các thành phần bất định và nhiễu đầu vào là $\delta(t)$. Do đó, nhiệm vụ bài toán đặt ra là thiết kế bộ điều khiển trượt có thành phần điều khiển τ để đưa trạng thái quỹ đạo của hệ (5) tiến về mặt trượt $S(t) = 0$ và giữ hệ ở lại trên mặt trượt $S(t) = 0$.

Tín hiệu điều khiển được đề xuất như sau:

$$\tau = \tau_{eq} + \tau_N$$

với τ_{eq} là thành phần giữ quỹ đạo trạng thái của hệ (5) ở lại trên mặt trượt và τ_N là thành phần đưa quỹ đạo trạng thái của hệ (5) tiến về mặt trượt.

Các thành phần của tín hiệu điều khiển được xác định như sau:

Giả sử hệ nằm trên mặt trượt $S(t) = 0$, khi đó: $\dot{S}(t) = 0$. Từ (5), (9) và giả thiết $\delta(t) = 0$, ta có:

$$[\dot{v}_c(t) - E\tau(t)] + \beta e_c(t) = 0$$

Do đó, thành phần điều khiển τ_{eq} sẽ là:

$$\tau_{eq}(t) = E^{-1} [\dot{v}_c(t) + \beta e_c(t)] \quad (10)$$

với $E^{-1} = -\frac{r}{2L} \begin{bmatrix} -Lm & -I \\ -Lm & I \end{bmatrix}$.

Đối với thành phần τ_N chính là thành phần chứa luật tiếp cận mặt trượt. Trong các nghiên cứu hiện nay, luật tiếp cận mặt trượt chủ yếu là dạng cơ bản: $\dot{S}(t) = -\varepsilon \text{sign}(S)$, với $\varepsilon > 0$. Nhược điểm của luật tiếp cận này là tốc độ tiến về mặt trượt của quỹ đạo trạng thái chậm và gây ra hiện tượng chattering. Để khắc phục vấn đề trên bài báo này đề xuất luật tiếp cận mặt trượt theo hàm số mũ có ưu điểm hơn so với luật cơ bản, đó là tốc độ tiến về mặt trượt nhanh khi trạng thái quỹ đạo ở xa mặt trượt và tốc độ giảm dần khi trạng thái tiếp cận gần mặt trượt, do đó, trạng thái quỹ đạo sẽ nhanh tiến vào mặt trượt và giảm được hiện tượng chattering. Thành phần tiếp cận mặt trượt τ_N được đề xuất như sau:

$$\tau_N(t) = E^{-1} [\varepsilon \text{sign}(S) + kS] \quad (11)$$

$$\text{với } \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 & 0 \\ 0 & \varepsilon_2 \end{bmatrix} > 0, \quad k = \begin{bmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{bmatrix} > 0.$$

Kết hợp (10) và (11) ta có tín hiệu điều khiển sẽ là:

$$\tau = E^{-1} [\dot{v}_c(t) + \beta e_c(t) + \varepsilon \text{sign}(S) + kS] \quad (12)$$

Chứng minh tính ổn định:

Chọn hàm Lyapunov như sau:

$$V(t) = \frac{1}{2} S^T(t) S(t) \quad (13)$$

Đạo hàm (13), ta có:

$$\dot{V}(t) = S^T(t) \dot{S}(t) = S^T(t) (\dot{v}_c(t) - E\tau(t) - \delta(t) + \beta e_c(t))$$

Kết hợp với (12), ta nhận được:

$$\dot{V}(t) = S^T(t) (-\varepsilon \text{sign}(S(t)) - kS(t) - \delta(t)) \quad (14)$$

Để $\dot{V}(t) \leq 0$ cần như sau:

- Trường hợp 1: Nếu $S^T(t) \geq 0$, khi đó:

$$-\varepsilon \text{sign}(S(t)) - kS(t) - \delta(t) \leq 0 \Leftrightarrow \varepsilon + k|S(t)| \geq -\delta(t) \quad (15)$$

- Trường hợp 2: Nếu $S^T(t) < 0$, khi đó:

$$-\varepsilon \text{sign}(S(t)) - kS(t) - \delta(t) \geq 0 \Leftrightarrow \varepsilon + k|S(t)| \geq \delta(t) \quad (16)$$

Từ (15) và (16) ta suy ra được, để $\dot{V}(t) \leq 0$ hay để hệ ổn định cần lựa chọn hệ số như sau:

$$\varepsilon \geq |\delta(t)| \quad \text{và } k \text{ là số dương bất kỳ}$$

Nhận xét: Như vậy, kết hợp bộ điều khiển động học (7) và bộ điều khiển trượt (12) sẽ giúp xe AGV bám tốt theo quỹ đạo (6).

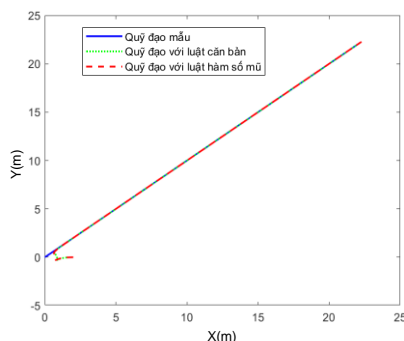
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Để đánh giá hiệu quả của bộ điều khiển ta sẽ tiến hành mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink. Các thông số của xe AGV như sau: $m = 150 \text{ kg}$, $I = 90 \text{ kgm}^2$, $L = 0.52 \text{ m}$, $r = 0.09 \text{ m}$.

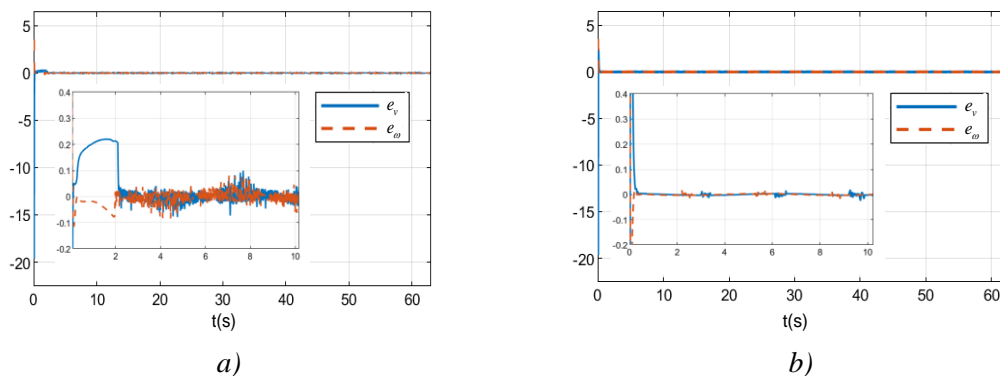
Giả sử quỹ đạo tham chiếu AGV là đường thẳng và vận tốc của quỹ đạo tham chiếu xe AGV là $v_r = \begin{bmatrix} 0.5 \text{ m/s} \\ 0 \text{ rad} \end{bmatrix}$. Vị trí thực tế ban đầu của xe AGV là $q(0) = [2 \ 0 \ 0^\circ]^\top$. Vị trí khởi tạo của quỹ

đạo tham chiếu xe AGV là $q_r(0) = [0 \ 0 \ 45^\circ]^T$.

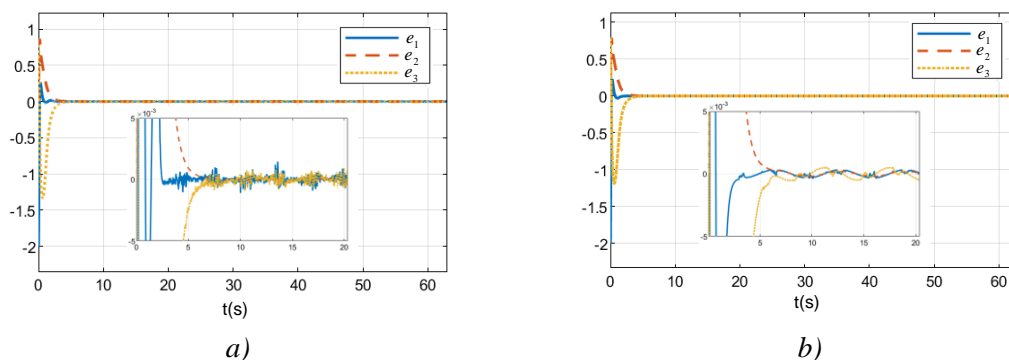
Ngoài ra, giả thiết xe AGV di chuyển đến 20 s thì khối lượng của xe thay đổi từ 150 kg lên 250 kg và đến 40 s thì khối lượng xe giảm về 150 kg. Trong quá trình di chuyển xe bị ảnh hưởng của nhiễu tác động bị chặn $|\delta(t)| \leq 5$. Lựa chọn các thông số mô phỏng như sau: $\lambda_1 = 10$, $\lambda_2 = 20$, $\lambda_3 = 10$, $\beta = 50$. Với trường hợp luật tiếp cận mặt trượt là căn bản: $\varepsilon_1 = 6$, $\varepsilon_2 = 6$. Với trường hợp luật tiếp cận mặt trượt là hàm số mũ: $\varepsilon_1 = 5$, $\varepsilon_2 = 5$, $k_1 = 10$, $k_2 = 10$.



Hình 3. Quỹ đạo di chuyển của AGV.



Hình 4. Sai số vận tốc khi sử dụng luật trượt căn bản (a) và hàm số mũ (b).



Hình 5. Sai số quỹ đạo khi sử dụng luật trượt căn bản (a) và hàm số mũ (b).

Kết quả mô phỏng thể hiện ở hình 3-5. Theo hình 3 dễ dàng nhận thấy cả 2 trường hợp xe đều bám tốt theo quỹ đạo tham chiếu mặc dù có ảnh hưởng của nhiễu cũng như sự thay đổi khối lượng xe. Tuy nhiên, khi quan sát ở các hình 4-5, rõ ràng với luật tiếp cận mặt trượt theo hàm số mũ chất lượng hệ thống sẽ tốt hơn so với luật căn bản, sai số vận tốc sẽ nhanh chóng tiến về 0 và giảm được hiện tượng chattering.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày mô hình động học và động lực học của xe tự hành AGV dạng 2 bánh chủ động vi sai, đồng thời đã đề xuất phương pháp tổng hợp bộ điều khiển trượt với luật tiếp cận hàm số mũ cho vòng động lực học phía trong để xe AGV bám quỹ đạo. Phương pháp đề xuất trong bài báo có tính hiệu quả hơn khi so sánh với luật tiếp cận căn bản. Kết quả cho thấy khả năng loại bỏ hiện tượng chattering và tăng tốc độ hội tụ quỹ đạo trạng thái, giúp xe AGV bám quỹ đạo tốt hơn và giảm thiểu sai số trong quá trình hoạt động. Mô phỏng trên máy tính minh chứng cho khả năng làm việc tốt của phương pháp này và có thể áp dụng cho việc điều khiển xe AGV trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. R. Fierro, F.L. Lewis, “Control of a nonholonomic mobile robot: backstepping kinematics into dynamics”, Journal of Robotic Systems, Vol. 14, No. 3, pp.149–163, (1997).
- [2]. R. Fierro, F. L. Lewis, “Control of a Nonholonomic Mobile Robot Using Neural Networks”, IEEE Transactions on neural networks, Vol. 9, No. 4, pp. 589-600, (1998).
- [3]. Ghania Zidani et al, “Robust Nonlinear Control of a Mobile Robot”, J Electr Eng Technol, Vol. 11, No. 4, pp. 1012-1019, (2016).
- [4]. Phạm Thị Hương Sen và các tác giả, “Thiết kế thuật toán điều khiển cho xe tự hành dựa trên kỹ thuật Backstepping và điều khiển trượt”, Tuyển tập Hội nghị khoa học toàn quốc lần thứ nhất về Động lực học và Điều khiển, tr. 117-120, (2019).
- [5]. Gregor Klancar, Drago Matko, Saso Blazic, “Mobile Robot Control on a Reference Path”, Proceedings of the 13th Mediterranean Conference on Control and Automation, pp. 1343-1348, (2005).
- [6]. Lê Bá Yên, Chu Văn Hoạt, Lê Văn Tuấn, Vũ Xuân Vượng, “Phương pháp điều hướng xe tự hành AGV dùng cảm biến quán tính và đường dẫn ảo, phục vụ vận chuyển hàng trong các môi trường đặc thù”, Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, Số Đặc san Hội thảo quốc gia FEE, tr. 57-65, (2020).
- [7]. Bouzgou kamel, Ibari benaoumeur, Benchikh laredj, Ahmed-foitih Zoubir, “Integral Backstepping Approach for Mobile Robot Control”, TELKOMNIKA, Vol.15, No.3, pp. 1173–1180, (2017).
- [8]. Yandong Li, Zongyi Wang and Ling Zhu, “Adaptive Neural Network PID Sliding Mode Dynamic Control of Nonholonomic Mobile Robot”, Proceedings of the 2010 IEEE International Conference on Information and Automation, Harbin, China, pp. 753-757.
- [9]. Felipe N. Martin et al, “An adaptive dynamic controller for autonomous mobile robot trajectory tracking”, Control Engineering Practice, Vol. 16, No. 11, pp. 1354–1363, (2008).
- [10]. T. Das, I. N. Kar, “Design and Implementation of an Adaptive Fuzzy Logic-Based Controller for Wheeled Mobile Robots”, IEEE Trans. on CST, Vol. 14, No. 3, pp. 501-510, (2006).
- [11]. Nguyễn Doãn Phước, “Điều khiển trượt cơ bản và trượt bậc cao”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ. Đại học Thái nguyên, Tập 118, Số 4, tr. 3-13, (2014).

ABSTRACT

Synthesis of a sliding mode controller following the trajectory for automated guided vehicles AGV

Automated guided vehicles AGV are widely used in many fields such as factories, warehouses, post offices, etc. One of the key tasks of controlling AGV vehicles is to design a controller so that the vehicle follows the given trajectory well out under the effects of the system and surrounding environment. In this study, a method of synthesizing a sliding controller with an exponential approach law is proposed for 2-wheel differential active AGV vehicles. This method will move the trajectory of the AGV vehicle's parameters towards the sliding surface faster and reduce the chattering phenomenon compared to the method using the basic approach law, thereby helping the vehicle track the trajectory better during the operating process. Simulation results demonstrate the correctness of the proposed method.

Keywords: Automated guided vehicle; Kinematic model; Dynamic model; Sliding mode control; Lyapunov stability.