

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO XE VẬN CHUYỂN HÀNG TỰ ĐỘNG TRONG KHO HÀNG LOGISTIC

Bùi Văn Tuyên

Trường Đại học Thủy lợi, email: tuyenbv@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU

Xe tự hành (AGV) đã được phát triển cho các ứng dụng công nghiệp và bắt đầu đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của nền Công nghiệp 4.0 và Sản xuất thông minh. AGV được sử dụng để mang và di chuyển hàng hóa trong nhà máy thay thế một số nhiệm vụ có sử dụng nhiều lao động của con người. Mặt khác, các đường dẫn dạng thẳng (hoặc cong) đã được sử dụng rộng rãi cho sự di chuyển của xe AGV. Loại này cho khả năng tải trọng cao nhưng các đường dẫn thường cố định (Kochan, 2002).

Bắt đầu với bằng sáng chế đầu tiên của J. Grabowiecki vào năm 1919 tại Hoa Kỳ, các kỹ sư đã phát triển các bánh xe mà không chỉ di chuyển theo hướng của mặt phẳng bánh xe mà còn di chuyển theo phương vuông góc với mặt phẳng này gọi là bánh xe đa hướng. Cơ chế chuyển động của bánh xe dạng này thu hút sự quan tâm của cả kỹ sư cơ khí, và kỹ sư điều khiển (Borisov và cộng sự, 2011). Trong một số nghiên cứu khác (Wampfler và cộng sự, 1989) chuyển động của các thiết bị sử dụng bánh xe Mecanum, như một loại bánh xe đa hướng đặc biệt, đã được nghiên cứu.

2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

Mô hình thiết kế như hình 1.

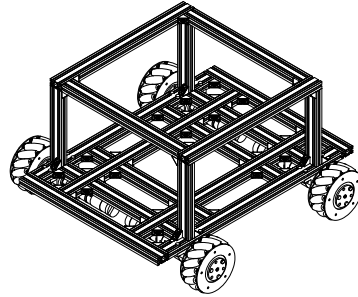
Thông số thiết kế:

Kích thước hàng: 450×430mm.

Khối lượng hàng: 50kg.

Vận tốc di chuyển: 0,5m/ph.

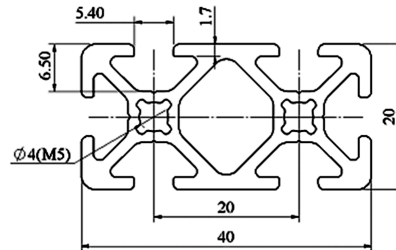
Quy đạo di chuyển: chữ U.



Hình 1. Mô hình thiết kế

2.1. Thiết kế hệ thống khung xe

Với tải trọng và kích thước đã cho, kích thước khung xe được xác định 550×430mm. Giải pháp lựa chọn vật liệu làm khung là nhôm định hình với kích thước mặt cắt ngang như hình 2.

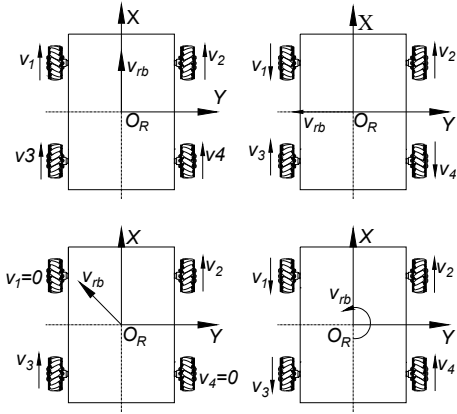


Hình 2. Mặt cắt ngang khung

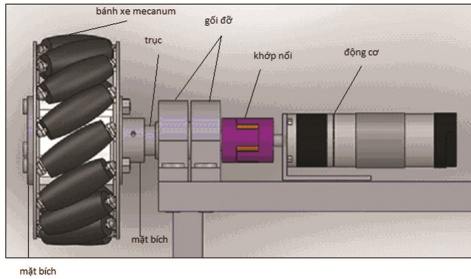
Tính bền khung xe được thực hiện với sự hỗ trợ của phần mềm Ansys.

2.2. Thiết kế hệ thống dẫn động

Xe vận chuyển hàng trong nhà kho, nên yêu cầu di chuyển phải linh hoạt. Với tải trọng theo yêu cầu bánh xe đa hướng Mecanum được lựa chọn để thiết kế và được bố trí như hình 3, 4.

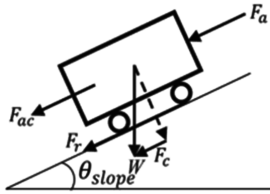


Hình 3. Các hướng chuyển động của bánh Mecanum



Hình 4. Bố trí dẫn động bánh xe

- Tính chọn bánh xe dựa vào tải trọng theo tiêu chuẩn của nhà sản xuất.
- Xác định công suất động cơ theo công thức:



Hình 5. Sơ đồ phân tích lực lên xe

$$F_r = \mu.m.g.\cos\theta \quad (1)$$

$$F_a = \frac{1}{2}.V^2.Ac.\rho.C \quad (2)$$

$$F_c = m.g.\sin\theta \quad (3)$$

$$F_{ac} = m.a.(1 + \delta) \quad (4)$$

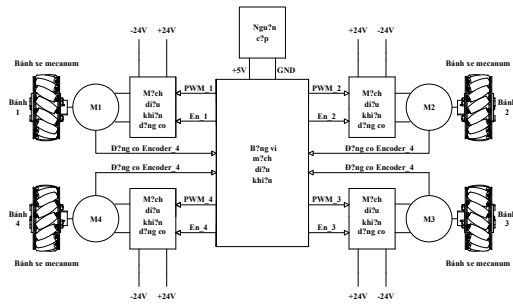
trong đó:

μ là hệ số ma sát;
 m tổng khối lượng;

g là gia tốc trọng trường;
 θ là góc nghiêng mặt phẳng di chuyển;
 v là vận tốc xe;
 ρ là cường độ gió;
 Ac là diện tích chắn gió phía trước xe;
 δ tỉ lệ khối lượng thêm vào;
 C hệ số cản.

2.3. Thiết kế hệ thống điện và điều khiển

Để tương thích với động cơ đã tính. Phần điều khiển dùng bo mạch vi điều khiển Arduino Mega2560, driver điều khiển động cơ BTS7960 như hình 6 và phần mềm lập trình Arduino IDE cho hệ thống. Thiết kế mạch và kiểm tra code được thực hiện trên phần mềm thiết kế điện tử tương tác Proteus Design Suite:



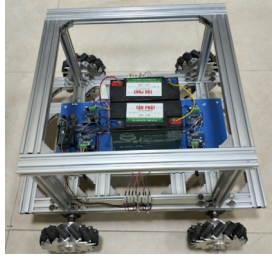
Hình 6. Sơ đồ nguyên lý điều khiển xe

3. KẾT QUẢ

3.1. Mô hình sản phẩm

Dựa vào những tính toán ở trên, một xe vận chuyển hàng đã được sản xuất và lắp ráp tại phòng thí nghiệm kỹ thuật hệ thống công nghiệp hình 7. Với các thông số kỹ thuật sau:

Tên gọi	Thông số
Tải trọng hàng	50 kg
Vận tốc xe	0,5 m/ph
Trọng lượng xe	18 kg
Công suất động cơ	4×120w
Ắc quy	2×12V, 20A
Bánh xe Mecanum	D = 152mm, B = 55,2mm, G = 600g



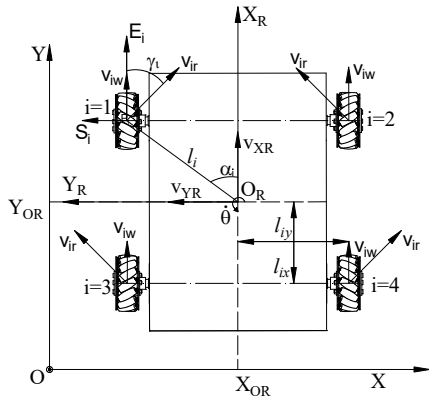
Hình 7. Xe thực tế sau khi chế tạo

3.2. Mô hình động học của xe

Với các thông số của xe, vận tốc được phân tích như hình 8 và tính toán như sau

$$\begin{bmatrix} v_{X_R} \\ v_{Y_R} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = T^{-1} \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \\ \dot{\varphi}_3 \\ \dot{\varphi}_4 \end{bmatrix}$$

$$T = \frac{1}{R+r} \begin{bmatrix} \frac{\cos(\beta_1 - \gamma_1)}{\sin(\gamma_1)} & \frac{\sin(\beta_1 - \gamma_1)}{\sin(\gamma_1)} & \frac{(l_x + l_y)\sin(\beta_1 - \alpha_1 - \gamma_1)}{\sin(\gamma_1)} \\ \frac{\cos(\beta_2 - \gamma_2)}{\sin(\gamma_2)} & \frac{\sin(\beta_2 - \gamma_2)}{\sin(\gamma_2)} & \frac{(l_x + l_y)\sin(\beta_2 - \alpha_2 - \gamma_2)}{\sin(\gamma_2)} \\ \frac{\cos(\beta_3 - \gamma_3)}{\sin(\gamma_3)} & \frac{\sin(\beta_3 - \gamma_3)}{\sin(\gamma_3)} & \frac{(l_x + l_y)\sin(\beta_3 - \alpha_3 - \gamma_3)}{\sin(\gamma_3)} \\ \frac{\cos(\beta_4 - \gamma_4)}{\sin(\gamma_4)} & \frac{\sin(\beta_4 - \gamma_4)}{\sin(\gamma_4)} & \frac{(l_x + l_y)\sin(\beta_4 - \alpha_4 - \gamma_4)}{\sin(\gamma_4)} \end{bmatrix}$$



Hình 8. Phân tích động học xe

So sánh bảng 1 và 2 cho thấy có sự khác nhau giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm. Độ chênh lệch khi di chuyển theo phương ngang là lớn nhất khoảng 9%. Một phần là do sai số khi chế tạo, lắp đặt. Và phần khác nữa là khi di chuyển ngang có sự trượt của các con lăn nhỏ.

Bảng 1. Tốc độ xe tính toán lý thuyết

Hướng	$\dot{\theta}$ (rad/s)	$\dot{\varphi}_1$ (rad/s)	$\dot{\varphi}_2$ (rad/s)	$\dot{\varphi}_3$ (rad/s)	$\dot{\varphi}_4$ (rad/s)	v_{O_R} (m/s)
Đi thẳng	0	2.2	2.2	2.2	2.2	0.167
Đi ngang	0	-2.2	2.2	2.2	-2.2	0.167
Đi chéo	0	2.2	0	0	2.2	0.118

Bảng 2. Tốc độ xe đo thực tế

Lần đo	Thông số	Chiều di chuyển		
		Thẳng	Ngang	Chéo
Lần 1	Quảng đường (mm)	3.500	3.470	1.690
	Thời gian (s)	19.90	21.82	14.18
	Vận tốc (mm/s)	0.176	0.159	0.119
Lần 2	Quảng đường (mm)	3.580	3.380	1.680
	Thời gian (s)	20.31	20.94	14.04
	Vận tốc (mm/s)	0.176	0.161	0.120
Lần 3	Quảng đường (mm)	4.195	3.400	1.670
	Thời gian (s)	24.03	21.24	14.03
	Vận tốc (mm/s)	0.175	0.160	0.119

- Cả lý thuyết và thực nghiệm đều cho thấy rằng khi di chuyển chéo nếu cùng tốc độ của động cơ thì vận tốc của xe sẽ chậm hơn so với hướng chuyển động thẳng và ngang.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã trình bày cách tính toán thiết kế xe sử dụng bánh Mecanum để vận chuyển hàng trong kho hàng. Bài báo cũng đưa ra so sánh động học giữa lý thuyết và thực nghiệm. Các kết quả này là tài liệu tham khảo cho các kỹ sư thiết kế xe có sử dụng 4 bánh Mecanum.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kochan. 2002. Robotic production assistants for working alongside the human operator. Assembly Automation. Vol. 22.
- [2] Borisov, Kilin, Mamaev. 2011. An omnivheel vehicle on a plane and a sphere (in Russian), Rus. J. Nonlin. Dyn.
- [3] Wampfler, Salecker, Wittenburg. 1989. Kinematics, dynamics, and control of omnidirectional vehicles with mecanum wheels. Mechanics Based Design of Structures and Machines.