

THIẾT KẾ XE ĐIỆN VẬN HÀNH TRONG KHU VỰC NGƯỜI ĐI BỘ

DESIGN OF AN ELECTRIC VEHICLE OPERATING IN PEDESTRIAN AREAS

Phạm Quốc Thái

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; pqthai@dut.udn.vn

Tóm tắt - Bài báo này mô tả thiết kế và chế tạo xe điện cá nhân, nhỏ gọn, thân thiện với môi trường, vận hành linh hoạt trong khu vực người đi bộ, trong khuôn viên trường đại học, khu vực sân bay. Ngoài ra, hệ thống hỗ trợ an toàn cũng được đề xuất phát triển trên xe điện. Hệ thống hỗ trợ an toàn xác định được vùng an toàn của người đi bộ xung quanh và báo cho người điều khiển xe biết để kịp thời tránh, giúp vận hành xe một cách an toàn và thoải mái trong khu vực người đi bộ. Kết quả thử nghiệm cho thấy, xe điện thiết kế vận hành ổn định với tốc độ tối đa có thể lên đến 10 km/h, tải trọng có thể lên đến 150 kg và hiệu quả của hệ thống an toàn cũng được xác nhận rõ ràng.

Từ khóa - Xe điện; hệ thống điều khiển; hệ thống an toàn; không gian cá nhân; người đi bộ

Abstract - This study describes the design and implementation of a compact electric vehicle that is environmentally-friendly, compact, and convenient for use in pedestrian areas such as sidewalks, campus, and airport areas. Furthermore, the study proposes an assistance system for the vehicle that supports the driver in recognizing the psychological strain of surrounding pedestrians and informing the driver about the invasion of the vehicle using a vibrator and indicator. The experimental results have revealed that the vehicle can operate stably at the maximum speed of 10 km/h and the maximum load of 150 kg. Also, the effectiveness of the safety assistance system has been clearly confirmed.

Key words - Electric vehicle; control system; assistance system; personal space; pedestrian

1. Đặt vấn đề

Sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp ô tô đã mang lại nhiều thuận tiện trong đời sống cho con người. Tuy nhiên, số lượng ô tô ngày càng tăng gây ra nhiều vấn đề về môi trường, nhiên liệu ngày càng cạn kiệt. Nhiều nhà khoa học trên thế giới đã đề xuất nhiều giải pháp nghiên cứu cho vấn đề này, như sử dụng nguồn nhiên liệu thay thế, sử dụng ô tô điện, ô tô Hybrid. Trong những năm gần đây, các thành phố lớn đã bắt đầu xu hướng sử dụng xe điện hai bánh tự cân bằng như Segway [1], yooPT [2]. Các phương tiện giao thông cá nhân này có nhiều ưu điểm như: thân thiện, nhỏ gọn, và tiện lợi để sử dụng trong khu vực người đi bộ, vỉa hè và khu vực mua sắm [3]. Tuy nhiên, để các phương tiện giao thông cá nhân này được chính thức vận hành trong khu vực người đi bộ cần phải xem xét yếu tố an toàn. Trong những năm gần đây có nhiều giải pháp điều khiển để tăng tính an toàn và ổn định cho xe điện cá nhân hai bánh. Ha và các cộng sự đã đề xuất giải pháp điều khiển cho xe điện dựa và mô hình không gian trạng thái [4]. Trong khi đó, chiến thuật điều khiển xe điện cá nhân sử dụng mạng nơron kết hợp với thuật toán điều khiển PID được giới thiệu bởi Jung và các cộng sự [5].

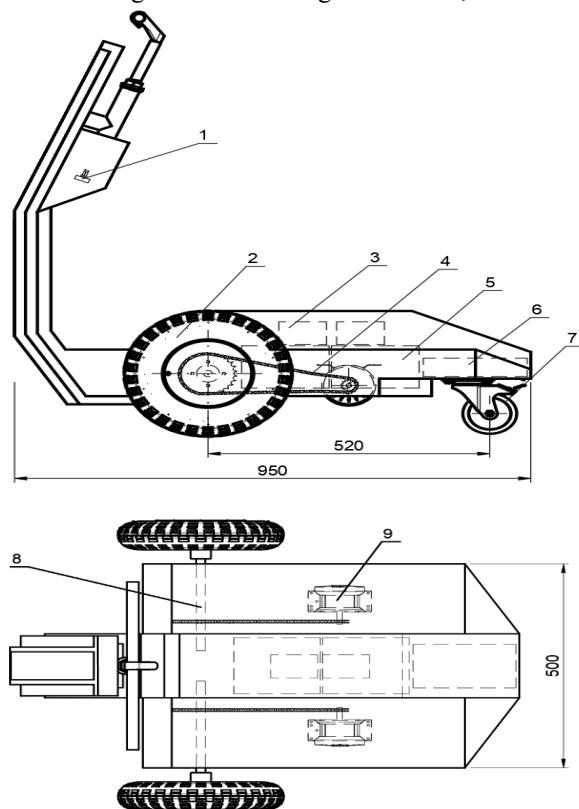
Bên cạnh đó, gần đây có nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của các yếu tố tâm lý của người đến phương tiện giao thông như: Nakagawa và các cộng sự đã đánh giá mức độ không thoải mái của người đi bộ theo các tốc độ của xe điện và theo các loại xe điện cá nhân khác nhau [6], [7]. Butler và các cộng sự đã nghiên cứu sự tương tác giữa con người và robot [8]. Walters đã phân tích sự tương tác giữa người và robot dựa trên giả thuyết về sự tác động đến xã hội của con người [9].

Nghiên cứu này sẽ phát triển xe điện ba bánh nhỏ gọn vận hành trong khu vực người đi bộ, xe được trang bị hệ thống an toàn giúp báo cho người điều khiển xe biết được vùng không gian an toàn của người đi bộ xung quanh.

2. Thiết kế xe điện cá nhân

2.1. Thiết kế tổng thể

Để vận hành linh hoạt trong khu vực người đi bộ, xe được thiết kế xe điện ba bánh nhỏ, gọn. Từ điều kiện vận hành của xe, phần cơ khí được thiết kế tối ưu hóa về khối lượng và đảm bảo độ bền ở các chế độ hoạt động của xe. Phần dẫn động được thiết kế linh hoạt, dẫn động từ 2 động cơ điện độc lập qua hệ thống truyền động xích đến các bánh xe, được thể hiện trên Hình 1. Bảng 1 mô tả các thông số của xe điện thiết kế.



Hình 1. Cấu trúc của xe điện thiết kế

1. Cầm biến góc lái; 2. Bánh xe trước chủ động; 3. Mạch công suất động cơ; 4. Bộ truyền xích; 5.Ắc quy; 6. Bộ điều khiển trung tâm; 7. Bánh xe phía sau bị động; 8. Trục bánh xe trước; 9. Động cơ điện

Bảng 1. Thông số thiết kế của xe điện thiết kế

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Kích thước	mm	950x750x1025
2	Khoảng cách gầm xe đến mặt đường	mm	100
3	Trọng lượng xe không tải	kg	20
4	Công suất động cơ điện	W	2x200
5	Tốc độ tối đa	km/h	10
6	Tải trọng	kg	150

2.2. Thiết kế hệ thống điều khiển

Bộ điều khiển trung tâm cho xe điện sử dụng vi điều khiển Arduino Mega 2560, có 256 KB bộ nhớ Flash, 8KB SRAM và tần số hoạt động 16 MHz. Ngoài ra, vi điều khiển này còn được trang bị 3 bộ định thời và 6 ngắt. Do đó, vi điều khiển Arduino Mega 2560 có đủ khả năng đáp ứng được bài toán, điều khiển nhiều loại động cơ và xử lý song song nhiều luồng dữ liệu, cần thiết hỗ trợ cho người lập trình vi điều khiển, kết nối nó với máy tính bằng cable USB [10]. Hình 2 mô tả hình ảnh và Bảng 2 mô tả thông số cơ của vi điều khiển được chọn làm bộ điều khiển trung tâm.

**Hình 2.** Vi điều khiển Arduino Mega 2560**Bảng 2.** Thông số cơ bản của Arduino Mega2560

STT	Thông số	Giá trị
1	Điện áp hoạt động	5 V
2	Tần số hoạt động	16 MHz
3	Dòng tiêu thụ	30 mA
4	Điện áp vào giới hạn	6-20 V
5	Số chân Digital I/O	54
6	Số chân Analog	16
7	Dòng tối đa trên mỗi chân I/O	40 mA
8	Dòng ra tối đa (3.3V)	50 mA
9	Bộ nhớ Flash	256 KB
10	Bộ nhớ SRAM	8 KB

Bộ điều khiển trung tâm sẽ liên tục nhận tín hiệu từ cảm biến tay ga và tín hiệu từ cảm biến tốc độ của hai động cơ điện. Từ đó, tính toán và đưa ra tín hiệu điều khiển tốc độ xe phù hợp theo mong muốn của người điều khiển. Hình 3 mô tả sơ đồ khối hệ thống điều khiển chuyển động xe điện thiết kế.

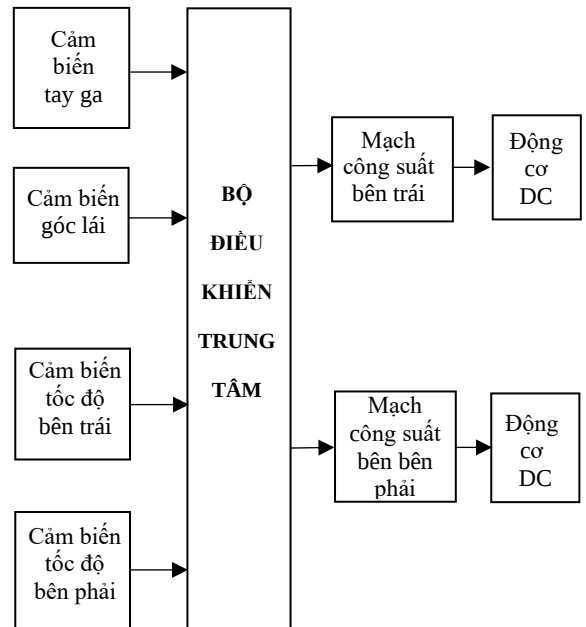
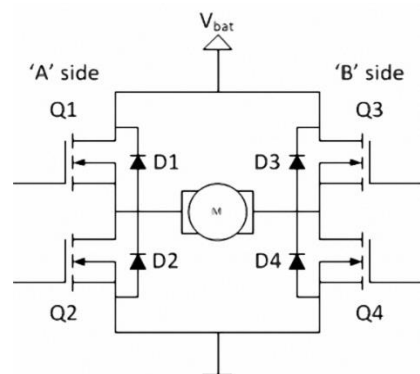
Việc điều khiển xe tiến, lùi, quay phải, quay trái dựa vào việc thay đổi tốc độ, chiều quay của 2 động cơ dẫn động 2 bánh xe. Tốc độ góc của mỗi bánh xe:

$$\text{Bánh xe phía ngoài: } \omega_{\text{outer}} = \omega_s + \Delta\omega/2$$

$$\text{Bánh xe phía trong: } \omega_{\text{inner}} = \omega_s - \Delta\omega/2$$

Khi xe thực hiện tiến thẳng tới phía trước hoặc lùi thẳng về phía sau: tốc độ góc bánh xe hai phía sẽ bằng nhau, lúc này độ chênh lệch tốc độ góc ($\Delta\omega$) sẽ bằng không. Khi xe thực hiện quay trái hoặc quay phải thì tốc độ góc của hai bánh xe sẽ chênh lệch nhau một lượng là $\Delta\omega$, sự chênh lệch này phụ thuộc vào tín hiệu góc quay tay lái, được xác định

bởi cảm biến góc lái. Hai mạch công suất được sử dụng để điều khiển hai động cơ điện một chiều với dòng điện lớn, cần phải sử dụng mạch công suất, như Hình 4.

**Hình 3.** Sơ đồ khối hệ thống điều khiển chuyển động xe điện**Hình 4.** Sơ đồ mạch công suất**Hình 5.** Mạch công suất MDL-BDC24

Trong nghiên cứu này, mạch công suất MDL-BDC24 của hãng Texas Instruments được sử dụng để điều khiển động cơ, thông qua tín hiệu đầu vào PWM từ vi điều khiển (Hình 5).

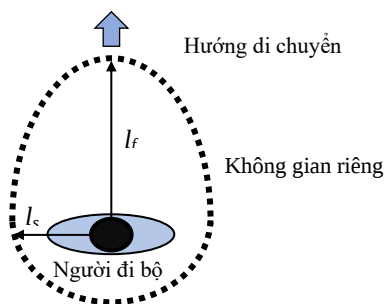
Mạch điều khiển công suất này sử dụng mạch cầu H với Transistor công suất (MOSFET), cho phép điều khiển động cơ 24V DC có dòng lên đến 40 A. Xe điện thiết kế sử dụng 2 mạch công suất để điều khiển 2 động cơ điện 24V DC, 200W như Hình 6.



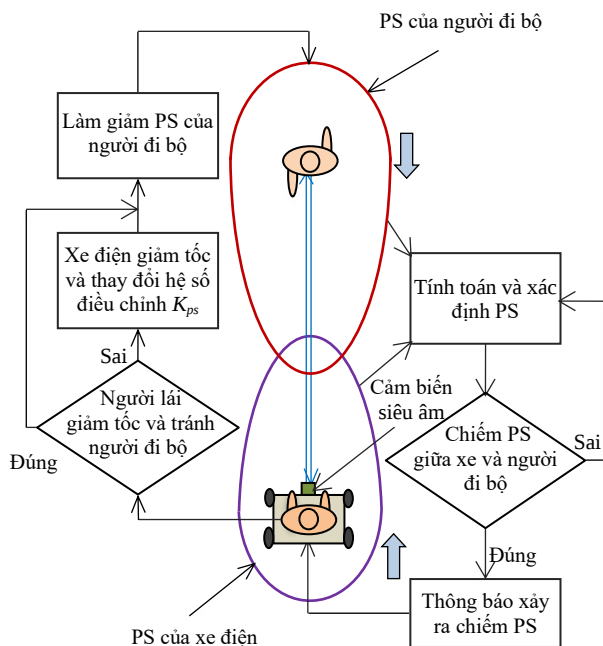
Hình 6. Động cơ điện một chiều

2.3. Phát triển hệ thống an toàn

Hệ thống an toàn cho xe điện cá nhân được phát triển dựa vào lý thuyết không gian riêng. Khái niệm không gian riêng được đề xuất bởi Edward T. Hall, 1966, là không gian xung quanh một người nào đó mà họ sẽ cảm thấy không thoải mái nếu bị xâm phạm bởi người khác [11]. Hình 7 minh họa về không gian cá nhân của một người.



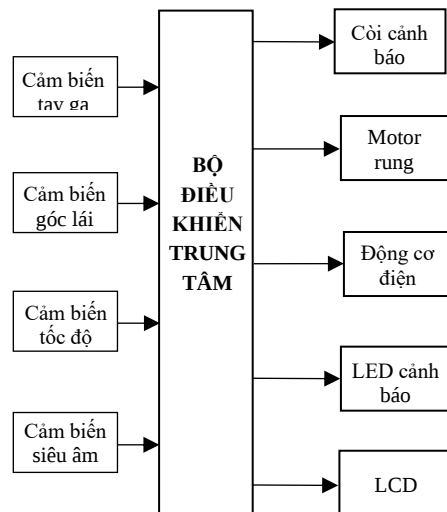
Hình 7. Minh họa về không gian cá nhân



Hình 8. Lưu đồ thuật toán điều khiển hệ thống an toàn

Hệ thống hỗ trợ xe điện cá nhân nhận biết vùng không gian riêng của người đi bộ xung quanh thông qua các cảm biến siêu âm và báo cho người điều khiển xe biết khi xe chiếm vào vùng không gian riêng của người đi bộ. Từ đó,

người lái điều khiển xe thoát khỏi không gian của người đi bộ. Trong suốt quá trình tránh, hệ thống sẽ kết hợp với tài xế để giúp cho xe thoát ra khỏi vùng không gian riêng nhanh hơn. Thuật toán và sơ đồ khối hệ thống điều khiển an toàn được mô tả như Hình 8 và 9.



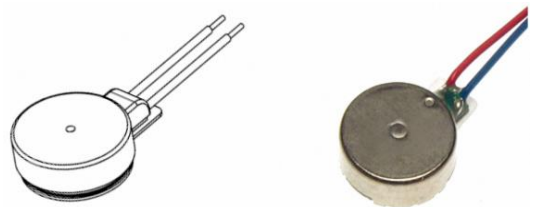
Hình 9. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển hệ thống an toàn

Trong nghiên cứu này, để xác định khoảng cách giữa xe và những người đi bộ xung quanh, 3 cảm biến siêu âm XL-MaxSonar-EZ1 được trang bị. Cảm biến này có độ nhạy cao và khoảng cách đo lớn phù hợp cho việc dò người đi bộ xung quanh xe điện. được thể hiện như Hình 10.



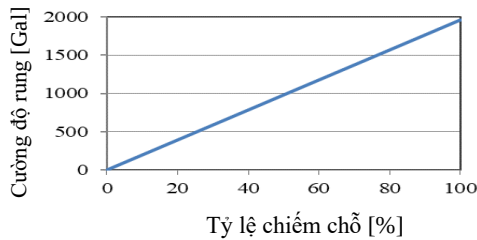
Hình 10. Cảm biến siêu âm

Ngoài ra, màn hình LCD được bố trí trên xe để hiển thị thông tin về tốc độ và tỷ lệ chiếm chỗ của xe. Bên cạnh đó, động cơ rung nhỏ (micro-vibration motor) cũng được bố trí trên tay cầm giúp cho người điều khiển xe phát hiện khi đi vào vùng không an toàn của người đi xung quanh, được hiển thị như trên Hình 11.



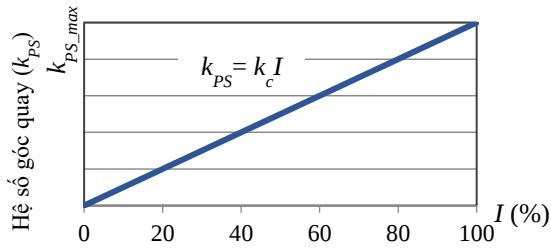
Hình 11. Động cơ rung dùng để cảnh báo

Cường độ rung của động cơ được điều khiển theo tỷ lệ chiếm chỗ và cường độ này tăng khi tỷ lệ chiếm chỗ lớn. Điều này giúp người điều khiển xe nhận ra được mức độ chiếm chỗ không gian riêng của người đi bộ, được thể hiện như Hình 12.



Hình 12. Cường độ rung theo tỷ lệ chiếm chỗ

Khi xe thực hiện quay trái hoặc quay phải thì tốc độ góc của hai bánh xe sẽ chênh lệch nhau một lượng là $\Delta\omega$, sự chênh lệch này phụ thuộc vào góc quay tay lái và tỷ lệ chiếm chỗ (K_{PS}). Hình 13 thể mô tả quan hệ giữa K_{PS} và tỷ lệ chiếm chỗ.



Hình 13. Hệ số điều chỉnh K_{PS} theo tỷ lệ chiếm chỗ

3. Kết quả

Sau khi nghiên cứu, thiết kế, xe điện cá nhân ba bánh trang bị hệ thống điều khiển và hỗ trợ an toàn được thể hiện như Hình 14.



Hình 14. Xe điện thiết kế



Hình 15. Thử nghiệm xe điện thiết kế

(BBT nhận bài: 20/8/2019, hoàn tất thủ tục phản biện: 24/9/2019)

Quá trình thử nghiệm được tiến hành với các tải trọng, tốc độ xe và mật độ người đi bộ khác nhau tại khuôn viên Trường đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng và tại khu vực dân cư gần Trường. Kết quả thử nghiệm cho thấy, xe điện thiết kế vận hành ổn định, linh hoạt và hiệu quả của hệ thống an toàn cũng được xác nhận rõ ràng. Hình 15 mô tả xe điện lúc đang thử nghiệm.

4. Kết luận và hướng phát triển

Trong bài báo này, xe điện cá nhân ba bánh nhỏ gọn được thiết kế và chế tạo phù hợp với xu hướng giao thông tại các đô thị trong tương lai. Ngoài ra, hệ thống an toàn cũng được phát triển dựa vào lý thuyết không gian riêng. Kết quả thử nghiệm cho thấy xe điện thiết kế vận hành ổn định, linh hoạt và hiệu quả của hệ thống an toàn cũng được xác nhận rõ ràng. Nghiên cứu này sẽ làm cơ sở để dẫn đến phát triển phương tiện giao thông cá nhân thân thiện với môi trường và con người, vận hành trong khu vực người đi bộ.

Tuy nhiên, để xe điện cá nhân được phép đưa vào sử dụng, cần tiếp tục thử nghiệm trong các điều kiện khác nhau và cần phải có sự đánh giá của người điều khiển xe cũng như những người đi bộ xung quanh. Ngoài ra, trong nghiên cứu tiếp theo, cần tiếp tục nghiên cứu tối ưu hóa góc lái theo tỷ lệ chiếm chỗ.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số B2019-DN02-60.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Segway - The leader in personal, green transportation, <http://www.segway.com/>.
- [2] yooPT your personal transporter, <http://www.ewee-pt.com/>.
- [3] Suda Yoshihiro: Vehicle Dynamics and Control for Sustainable Transport. 13th Asia Pacific Vibration Conference, 2009, pp. 1–11.
- [4] Y.-S. Ha and S. Yuta, “Trajectory tracking control for navigation of the inverse pendulum type self-contained mobile robot”, *Rob. Auton. Syst.*, vol. 17, no. 1–2, 1996, pp. 65–80.
- [5] S. Jung and S. S. Kim, “Control Experiment of a Wheel-Driven Mobile Inverted Pendulum Using Neural Network”, *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 16, no. 2, 2008, pp. 297–303.
- [6] T. Q. Pham, C. Nakagawa, A. Shintani, and T. Ito: Modeling and simulation of multiple personal mobility vehicles in pedestrian flows using personal space, *Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering*, Vol. 2, No. 2, 2015, pp. 255–270.
- [7] C. Nakagawa, K. Nakano, T. Koga, Y. Suda, Y. Kawarasaki, Y. Kosaka, Experiment on the Safety and Comfort of Personal Mobility Vehicles in Pedestrian Flows, *Proceedings of International symposium on Future Active Safety Technology toward zero traffic accidents*, 2011, pp. 1–6.
- [8] M. L. Walters, K. Dautenhahn, R. Boekhorst, C. Kaouri, S. Woods, C. Nehaniv, D. Lee, and I. Werry: The influence of subjects’ personality traits on personal spatial zones in a human–robot interaction experiment, *Proceedings of IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, 2005, pp. 347–352.
- [9] J. Butler and A. Agah: Psychological effects of behavior patterns of a mobile personal robot, *Autonomous Robots*, 2002, pp. 185–202.
- [10] Hall, E.T., “The Hidden Dimension”, Anchor Books, New York, 1982.
- [11] Datasheet of Arduino Mega 2560.