

GIỚI THIỆU VÀ ĐÁNH GIÁ VỀ CÁC DẠNG ĐƯỜNG ĐẶC TÍNH TRỢ LỰC CỦA HỆ THỐNG LÁI ĐIỆN TRÊN Ô TÔ

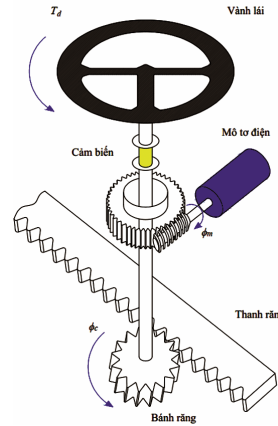
Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Đức Ngọc, Đặng Ngọc Duyên
 Trường Đại học Thủy lợi, email: anhnctu@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Hệ thống lái là một trong các hệ thống vô cùng quan trọng trên ô tô, giữ nhiệm vụ kiểm soát và thay đổi hướng chuyển động của xe. Trên các dòng xe đời cũ (bao gồm cả xe con và xe tải), việc đánh lái diễn ra khá vất vả bởi vì người lái phải gắng sức để khắc phục moment cản quay vòng của ô tô M_c . Theo [1], moment cản quay vòng M_c được tổng hợp từ ba thành phần: moment cản lăn M_1 , moment cản ma sát do lực ngang M_2 và moment ổn định M_3 được gây ra bởi các góc đặt nghiêng bánh xe và trụ đứng (1). Để giúp quá trình đánh lái trở nên nhẹ nhàng và tiện nghi hơn, phần lớn ô tô ngày nay được trang bị các bộ trợ lực với hai loại chính: trợ lực thủy lực và trợ lực điện. So với hệ thống lái thủy lực, hệ thống lái điện có nhiều ưu điểm vượt trội hơn: kết cấu gọn nhẹ, độ nhạy cao, ít phải bảo dưỡng, hoạt động êm và hạn chế gây ra tiếng ồn, thân thiện với môi trường. Vì vậy, lái trợ lực điện đã và đang ngày càng được sử dụng phổ biến trên nhiều dòng xe ô tô gia đình cỡ nhỏ và cỡ trung.

$$M_c = M_1 + M_2 + M_3 \quad (1)$$

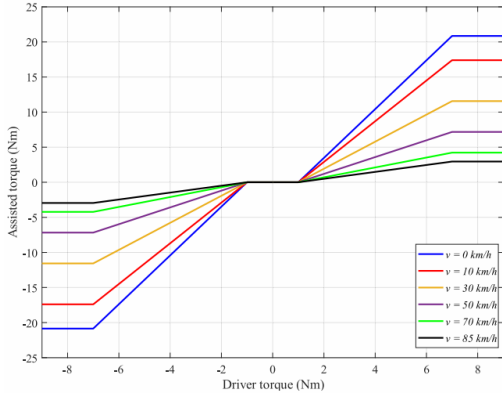
Cấu tạo chung của một hệ thống lái trợ lực điện được minh họa trên Hình 1, bao gồm vành lái, trục lái, cơ cấu lái cơ khí, motor điện gắn với cặp bánh răng khuếch đại ở đầu ra, các cảm biến và mạch điều khiển. Motor điện có vai trò cung cấp moment xoắn (theo chiều đánh lái) và truyền tới trục lái nhằm hỗ trợ cho quá trình đánh lái trở nên nhẹ nhàng hơn. Thuật toán điều khiển cho hệ thống được xây dựng dựa trên các đường cong đặc tính trợ lực lái.



Hình 1. Cấu trúc hệ thống lái điện.

2. ĐƯỜNG CONG ĐẶC TÍNH

Có nhiều dạng đường cong đặc tính được sử dụng làm cơ sở thiết kế các bộ điều khiển cho hệ thống. Trong [2], Nguyen và cộng sự đã sử dụng các đường đặc tính có dạng tuyến tính bão hòa. Khi moment đánh lái nhỏ hơn 1 Nm, motor điện sẽ không hoạt động (Hình 2). Nếu moment đánh lái tăng lên vượt quá ngưỡng tối thiểu ban đầu, moment trợ lực được sinh ra tỉ lệ thuận với moment đánh lái và đạt ngưỡng giới hạn khi moment đánh lái bằng 7 Nm. Một điều chú ý rằng moment trợ lực trong trường hợp này đã được khuếch đại thông qua cặp bánh răng ăn khớp. Khác với lái thủy lực, hệ thống lái điện có khả năng thay đổi moment trợ lực linh hoạt theo tốc độ di chuyển của xe. Theo sự mô tả trên Hình 2, moment trợ lực là lớn nhất khi ô tô quay vòng tại chỗ và giá trị này suy giảm khi vận tốc tăng lên. Mục đích của điều này là để cải thiện sự an toàn khi đánh lái ở tốc độ cao.

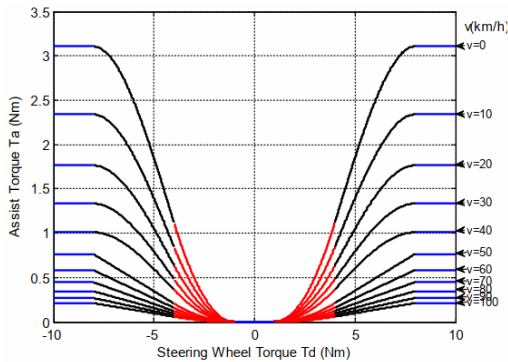


Hình 2. Đặc tính tuyến tính bão hòa [2]

Đặc tính trợ lực tuyến tính bão hòa trong Hình 2 được xây dựng theo phương trình (2), trong đó $f(v, T_d)$ là một hàm bậc hai theo vận tốc, T_a là moment trợ lực và T_d là moment đánh lái. Phương pháp này tương đối đơn giản và được sử dụng phổ biến. Tuy nhiên, một số hạn chế liên quan đến độ êm dịu khi chuyển tiếp giữa các trạng thái vẫn tồn tại.

$$T_a = \begin{cases} 0 & 0 \leq T_d < T_{d_min} \\ f(v, T_d) & T_{d_min} \leq T_d < T_{d_max} \\ T_{a_max} & T_d \geq T_{d_max} \end{cases} \quad (2)$$

Trong [3], Liu và cộng sự đã giới thiệu các dạng đường cong cải tiến so với [2]. Khi xe di chuyển ở tốc độ lớn hơn 50 km/h, sự gia tăng của moment trợ lực là tuyến tính. Ngược lại, ở ngưỡng tốc độ thấp, moment trợ lực tăng phi tuyến theo sự thay đổi của moment đánh lái. Giá trị của moment trợ lực giảm dần khi tốc độ ô tô tăng lên, theo Hình 3.

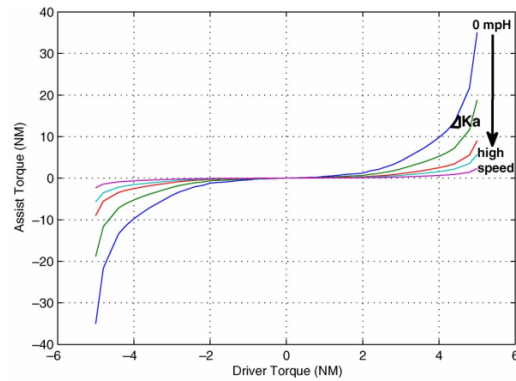


Hình 3. Đặc tính bốn đoạn [3]

Đồ thị Hình 3 được xây dựng dựa theo công thức (3), trong đó $K(v)$ là hàm đặc trưng cho vận tốc ô tô và $f_1(T_d)$ là hàm thay đổi theo moment đánh lái. Theo công thức này, đường đặc tính trợ lực lái được chia làm bốn đoạn thay vì ba đoạn như Hình 2. Nhìn chung, sự thay đổi của moment trợ lực nhẹ nhàng hơn khi thay thế các đường thẳng tuyến tính bằng cách đường cong phi tuyến.

$$T_d = \begin{cases} 0 & 0 \leq T_d < T_{d_min} \\ K(v) f_1(T_d) & T_{d_min} \leq T_d < T_{d1} \\ K(v) f_2(T_d) & T_{d1} \leq T_d < T_{d_max} \\ T_{a_max} & T_d \geq T_{d_max} \end{cases} \quad (3)$$

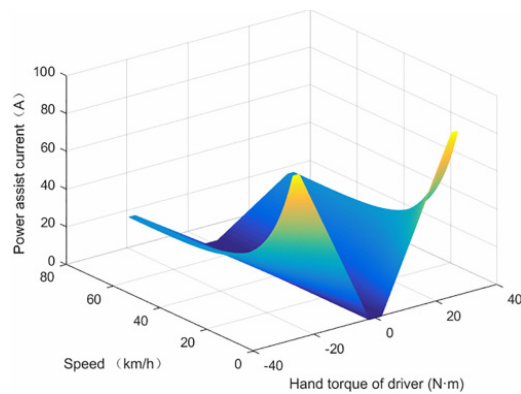
Trong [4], Marouf và cộng sự đã sử dụng các đường cong phi tuyến hội tụ để kiểm soát hệ thống lái điện. Theo Hình 4, sự thay đổi của moment trợ lực theo moment đánh lái chỉ thực sự hiệu quả khi đánh lái mạnh và giá trị này tăng phi tuyến nhanh chóng. Trong điều kiện moment đánh lái nhỏ, hệ thống gần như là không hoạt động. Ở trạng thái quay vòng tại chỗ, moment trợ lực là lớn nhất và giá trị này giảm dần khi vận tốc tăng lên. Điều này gây ra một số bất lợi trong các điều kiện di chuyển không lý tưởng (đánh lái nhẹ hoặc vận tốc xe giảm đột ngột).



Hình 4. Đặc tính phi tuyến [4]

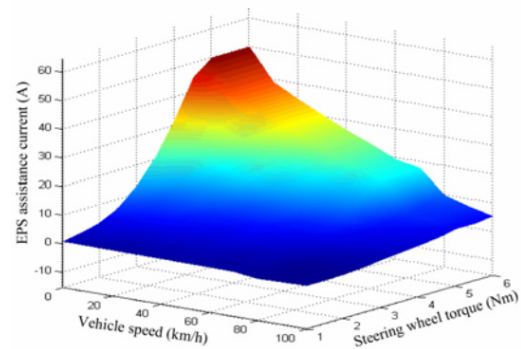
Nghiên cứu của Yaohua và cộng sự đã chỉ ra sự phụ thuộc giữa hiệu năng trợ lực (moment trợ lực hoặc dòng điện điều khiển) vào tốc độ xe và moment đánh lái. Theo đồ thị 3D trên Hình 5, hiệu năng trợ lực sẽ tăng khi moment đánh lái tăng và vận tốc giảm.

Tuy nhiên, đặc tính được đề cập trong [5] sử dụng mức điện năng khá lớn, gây tổn năng lượng trong suốt quá trình vận hành.



Hình 5. Mối liên hệ giữa các đại lượng [5]

Một dạng đặc tính khác của dòng điện điều khiển đã được giới thiệu bởi Li và cộng sự [6]. Tuy nhiên, cách thể hiện này thì không rõ ràng và dễ gây nhầm lẫn trong việc nội suy các giá trị tương ứng (Hình 6).



Hình 6. Mối liên hệ giữa các đại lượng [6]

3. KẾT LUẬN

Hệ thống lái trợ lực điện mang lại hiệu quả vượt trội hơn so với hệ thống lái thủy lực truyền thống. Hiệu năng của hệ thống phụ

thuộc vào đặc tính trợ lực của motor điện đã được thiết kế trước đó. Nhìn chung, moment trợ lực sinh ra phụ thuộc vào vận tốc chuyển động của xe và moment đánh lái. Moment trợ lực chỉ được tạo ra khi moment đánh lái vượt quá ngưỡng tối thiểu. Hiệu năng trợ lực đạt trạng thái bão hòa một khi moment đánh lái tăng quá giới hạn lớn nhất của nó. Hệ thống cung cấp hiệu năng trợ lực cao khi đánh lái ở tốc độ thấp. Ngược lại, moment trợ lực sẽ suy giảm khi vận tốc xe tăng lên.

Đặc tính trợ lực lái điện trên các dòng xe ngày nay thường được xác định bằng thực nghiệm. Rất khó để thiết lập một công thức lý thuyết tính toán chính xác sự phụ thuộc giữa các yếu tố kể trên.

4. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Trọng Hoan. 2019. Thiết kế tính toán ô tô. Nhà xuất bản Giáo Dục Việt Nam.
- [2] D. N. Nguyen and T. A. Nguyen. 2024. Fuzzy Backstepping Control to Enhance Electric Power Steering System Performance. IEEE Access.
- [3] Q. Liu, W. Kong, and T. Li. 2016. The Assist Curve Design for Electric Power Steering System. 2nd International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics.
- [4] A. Marouf, et al. 2012. A New Control Strategy of an Electric-Power-Assisted Steering System. IEEE Transactions on Vehicular Technology.
- [5] L. Yaohua, et al. 2020. Novel Electric Power Steering Control Strategies of Commercial Vehicles Considering Adhesion Coefficient. Advances in Mechanical Engineering.
- [6] S. Li, et al. 2019. Return Control of Electronic Power Steering Unequipped with an Angle Sensor. International Journal of Automotive Technology.