

NGHIÊN CỨU, LỰA CHỌN CÁC THÔNG SỐ CỦA LÒ XO ĐĨA TRONG THIẾT KẾ LY HỢP MA SÁT CỦA Ô TÔ

STUDY ON THE SELECTION OF CHARACTERISTIC PARAMETERS OF DIAPHRAGM SPRINGS IN DESIGN PROCESS OF AUTOMOTIVE CLUTCH

Nguyễn Trọng Hoan¹, Trần Phúc Hòa²

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Trong quá trình sử dụng ly hợp, sự mài mòn các bề mặt ma sát làm thay đổi hai thông số đặc trưng của nó là mô men ma sát và lực điều khiển. Mức độ ảnh hưởng phụ thuộc chủ yếu vào đặc tính của lò xo ép. Vì vậy, một trong những yêu cầu quan trọng khi thiết kế ly hợp là lựa chọn được lò xo ép có đặc tính phù hợp, nhằm giảm thiểu hiện tượng thay đổi các thông số theo thời gian sử dụng. Lò xo đĩa có đường đặc tính đàn hồi phi tuyến, nên nếu được thiết kế một cách hợp lý thì nó có thể đảm bảo độ ổn định nhất định cho các thông số của ly hợp. Bài báo trình bày một phương pháp lựa chọn các thông số thiết kế của lò xo đĩa sao cho nó có được chất lượng tốt và ổn định trong suốt thời gian phục vụ.

Từ khóa: Ly hợp ma sát; Lò xo đĩa; Đặc tính lò xo.

ABSTRACT

During the service life of clutches, the wear of friction surfaces changes its two characteristic parameters: Friction torque and actuation force. The degree of influence depends mainly on the characteristics of the compression springs. Therefore, one of the important requirements when designing a clutch is to select the spring has the appropriate characteristics to minimize the change of clutch parameters according to the time of use. Diaphragm springs have a nonlinear characteristic, so if properly designed, it can guarantee certain stability of the clutch parameters. This paper presents a method of selecting the parameters of the spring so that it is of the best quality and stable throughout the service life.

Keywords: Friction clutch; Diaphragm spring; Springs characteristics.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lò xo đĩa (còn gọi là lò xo màng) được sử dụng ngày càng rộng rãi để tạo lực ép trong ly hợp ma sát của các loại ô tô, do có đặc tính ưu việt hơn so với lò xo trụ (hình 2). Nhờ có đặc tính phi tuyến, nên lực điều khiển ly hợp sử dụng lò xo đĩa nhỏ hơn so với ly hợp dùng lò xo trụ. Hơn nữa, khi đĩa ma sát mòn lực ép của lò xo đĩa không bị giảm tuyến tính như đối với lò xo trụ mà thậm chí còn có thể tăng. Những tính chất đặc biệt trên dẫn đến ảnh hưởng phi tuyến của độ dày của tấm ma sát (thay đổi theo độ mòn) tới các thông số hoạt động của ly hợp. Vì vậy, các tác giả đã nghiên cứu và đề xuất phương pháp xác định các thông số thiết kế của lò xo đĩa, nhằm đảm bảo sự ổn định của các thông số đặc trưng của ly hợp (lực ép, hệ số dự trữ, lực điều khiển, công trượt,...) trong quá trình sử dụng.

2. ĐẶC TÍNH CỦA LÒ XO ĐĨA

Lò xo đóng vai trò tạo lực ép để sinh ra mô men ma sát cần thiết cho ly hợp M_{th} :

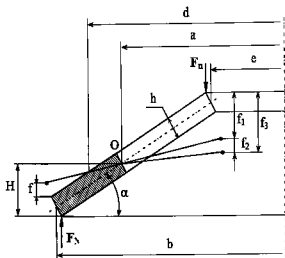
$$M_{th} = \beta M_{emax} \quad (1)$$

Trong đó, β là hệ số dự trữ và M_{emax} là mô men cực đại của động cơ đốt trong.

Để tạo ra được mô men ma sát như trên, lò xo phải sinh ra một lực ép F_N :

$$F_N = \frac{\beta M_{emax}}{\mu R_b z} \quad (2)$$

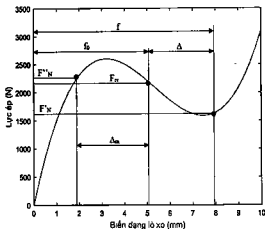
Với μ là hệ số ma sát, z là số đôi bề mặt ma sát và R_b là bán kính trung bình của đĩa ma sát.



Hình 1. Sơ đồ tính toán lò xo đĩa.

Đối với lò xo đĩa (hình 1), nếu giả thiết tiết diện của nó không bị biến dạng, lực ép có thể được tính như sau [1]:

$$F_N = \frac{\pi E h}{6(b-c)^2} f \ln \frac{b}{a} \left[\left(H - f \frac{b-a}{b-c} \right) \left(H - 0,5f \frac{b-a}{b-c} \right) + h^2 \right] \quad (3)$$



Hình 2. Đặc tính đàn hồi của lò xo đĩa

Trong công thức trên, các thông số kích thước được thể hiện trên hình 1 và E' là mô đun đàn hồi tương đương:

$$E' = \frac{E}{1-\nu^2} \quad (4)$$

Với E- Mô đun đàn hồi của vật liệu:
 $E = 2.10^5 \text{ MPa}$, ν - Hệ số poisson: $\nu = 0,26$.

Mối quan hệ giữa lực ép F_N với độ biến dạng của lò xo f , được tính toán theo công thức (3), thể hiện trên hình 2 chính là đặc tính đàn hồi của lò xo đĩa. Khi ly hợp ở trạng thái đóng với các bề mặt ma sát chưa bị mòn thì lò xo chịu biến dạng f_0 và sinh ra lực ép F_N . Để ngắt ly hợp, lò xo phải chịu thêm biến dạng là Δ và lực ép tương ứng lúc này là F_N' . Giả sử đĩa ma sát bị mòn đi một lượng là Δ_m thì lực ép của lò xo khi ly hợp ở trạng thái đóng là F_N'' .

Dựa trên công thức (3), có thể xác định các điểm cực đại và cực tiểu trên đặc tính bằng cách lấy đạo hàm hai vế theo thời gian và cho

$$\frac{dF_N}{dt} = 0. \text{ Sau khi biến đổi ta được:}$$

$$a_1 f^2 + a_2 f + a_3 = 0 \quad (5)$$

$$\text{Với: } a_1 = \frac{3(b-a)^2}{2(b-c)}; \quad a_2 = 3H \frac{b-a}{b-c}; \quad a_3 = H^2 + h^2.$$

Các nghiệm của phương trình (5) f_1 và f_2 chính là các giá trị biến dạng tương ứng với F_N cực tiểu và cực đại:

$$f_{1,2} = \frac{a_2 \pm \sqrt{a_2^2 - 4a_1 a_3}}{2a_1} \quad (6)$$

Thay các giá trị f_1 và f_2 vào công thức (3), ta có thể tính được các giá trị tương ứng F_{Nmin} và F_{Nmax} .

3. LỰA CHỌN CÁC THÔNG SỐ KẾT CẤU

3.1. Lựa chọn điểm làm việc ban đầu

Từ đặc tính của lò xo (hình 2) có thể thấy, khi đĩa ma sát chưa bị mòn, điểm làm việc là (f_0, F_N) . Sau một thời gian sử dụng, đĩa ma

sát mòn dần nên điểm làm việc sẽ dịch chuyển sang trái. Nếu ban đầu, người thiết kế chọn điểm làm việc tương ứng với F_{Nmax} thì trong quá trình sử dụng lực ép sẽ giảm liên tục. Hệ quả là hệ số dự trữ β buộc phải chọn đủ lớn để tránh hiện tượng trượt do lực ép giảm theo độ mòn các đĩa ma sát. Điều này là không hợp lý vì tăng β đồng nghĩa với tăng mô men ma sát một cách không cần thiết. Bởi vậy, khi thiết kế nên chọn điểm làm việc nằm trong vùng giữa F_{Nmax} và F_{Nmin} . Với cách làm này, người thiết kế đạt 2 mục tiêu đồng thời: Thứ nhất, lực điều khiển sẽ nhỏ do $F_N' < F_N$ và thứ hai là khi đĩa ma sát mòn lực ép không những không bị giảm mà còn có thể tăng ($F_N'' > F_N$) như trường hợp thể hiện trên hình 2. Nhờ đó mà khi thiết kế ly hợp với lò xo đĩa, hệ số β nên chọn nhỏ hơn so với trường hợp sử dụng lò xo trụ.

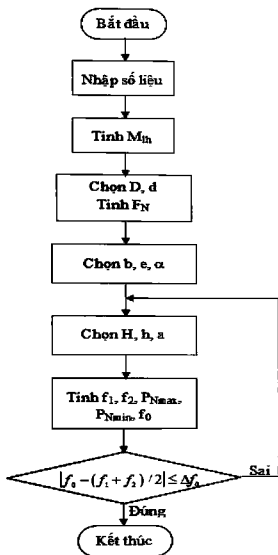
3.2. Lựa chọn các thông số của lò xo

Từ sơ đồ trên hình 1 ta thấy, đường kính ngoài của lò xo $2b$ được chọn theo đường kính ngoài của đĩa ma sát, nên để đạt được đường đặc tính mong muốn, người ta có thể điều chỉnh các thông số còn lại. Trong đó, ảnh hưởng lớn nhất tới đặc tính là các thông số H và h . Theo [1], các thông số này không nên lựa chọn độc lập với nhau mà được đánh giá thông qua tỷ số:

$$\lambda = \frac{H}{h} \quad (7)$$

Theo kinh nghiệm, λ thường được chọn trong khoảng 1,5 – 2,8.

Với những lập luận như trên, các thông số cơ bản của lò xo đĩa được lựa chọn theo sơ đồ như mô tả trên hình 3.



Hình 3. Sơ đồ thuật toán lựa chọn các thông số của lò xo đĩa

Bằng cách làm như trên, với một bộ dữ liệu cụ thể đã được lựa chọn người thiết kế có thể xác định được các thông số kết cấu của lò xo đáp ứng các yêu cầu như đã nêu trong mục 3.1.

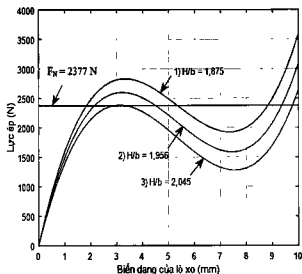
Bộ số liệu tính toán ban đầu đã được chọn như sau: $M_{\text{cmax}} = 96 \text{ Nm}$; $\beta = 1,3$; $\mu = 3$; $z = 2$; $\alpha = 9,5^\circ$; $D = 200\text{mm}$; $d = 150\text{mm}$; $\sigma = 200000\text{MPa}$; $\nu = 0,26$; $b = 106\text{mm}$; $c =$

25mm; $e = 25\text{mm}$.

Trong quá trình tính toán, các giá trị của h , H và a được thay đổi để đạt được mục tiêu đã định với Δf_0 được chọn bằng 0,2mm.

3.3. Kết quả

Bài toán được lập trình và chạy trong phần mềm MATLAB và cho kết quả như sau: $h = 2,4\text{mm}$, $H = 4.5\text{mm}$, $a = 79\text{mm}$ và tỷ số $H/h = 1,875$ (đường số 1 trên hình 4).



Hình 4. Kết quả tính toán cho 3 giá trị H/h khác nhau

Với lực ép cần thiết $F_N = 2377 \text{ N}$, biến dạng ban đầu của lò xo khi ly hợp ở trạng thái đóng là 5,25mm. Để ngắt ly hợp biến dạng thêm của lò xo là khoảng 3 mm, nên tổng biến dạng của lò xo khi ly hợp ở trạng thái ngắt là 8,25mm, tương ứng với $F'_N = 2076 \text{ N}$. Nghĩa là lực ép giảm so với trạng thái ly hợp đóng, điều này cho phép giảm lực điều khiển trên bàn đạp.

Tổng độ mòn cho phép của các bề mặt ma sát của ly hợp ô tô con thường là 3mm, nên khi bị mòn tối đa, biến dạng của lò xo ở trạng thái ly hợp đóng là 2,25mm. Lực ép lúc này là

$F''_N = 2611N$, vẫn lớn hơn so với lực ép mà lò xo sinh ra khi các đĩa ma sát chưa bị mòn.

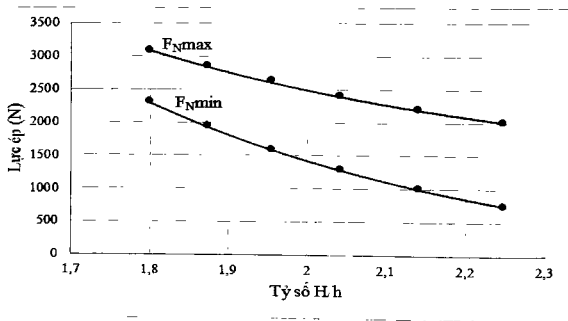
Như vậy, với sự lựa chọn như trên, ly hợp sẽ phát huy tối đa 2 ưu điểm lớn của lò xo đĩa so với lò xo trụ là giảm lực điều khiển và không giảm lực ép khi các đĩa ma sát bị mòn.

Để thấy rõ ảnh hưởng của tỷ số H/h , trên hình 4 còn thể hiện một số trường hợp tính toán với các tỷ số khác nhau. Từ kết quả trên, có thể thấy rằng H/h tăng thì độ cứng giảm.

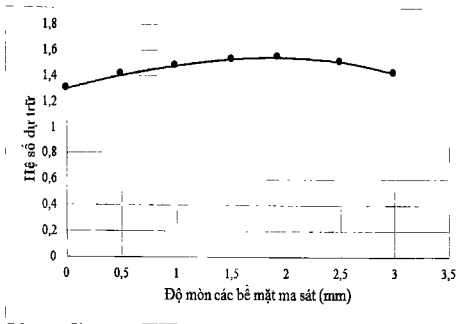
Các kết quả tính toán thể hiện trên hình 4 cũng cho thấy, vị trí đạt được cực đại và cực tiểu của lực ép F_N gần như không thay đổi theo tỷ số H/h . Tuy nhiên, giá trị cực đại và cực tiểu của lực này lại thay đổi mạnh theo H/h như trên hình 5. Có thể thấy rằng, cả hai giá trị F_{Nmax} và F_{Nmin} đều giảm mạnh theo tỷ số H/h .

Các tính toán trên đây được thực hiện với điều kiện không thay đổi các kích thước bao của lò xo đĩa (được chọn theo kích thước của đĩa ma sát). Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho người thiết kế, vì có thể thay đổi các thông số nhằm đạt được đặc tính mong muốn của lò xo mà không cần chọn lại đường kính ngoài của nó.

Đặc tính phi tuyến của lò xo đĩa tạo nên một ưu điểm đặc biệt của nó là đảm bảo lực ép không giảm trong suốt quá trình sử dụng. Kết quả tính toán thể hiện trên hình 6 cho thấy, với các thông số của lò xo được lựa chọn một cách hợp lý (đường 1 trên hình 4), hệ số dự trữ β của ly hợp không những không giảm theo độ mòn các bề mặt ma sát mà còn tăng lên đáng kể.



Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ số H/h đến các giá trị cực đại và cực tiểu của lực ép



Hình 6. Ảnh hưởng của độ mòn các bề mặt ma sát tới hệ số dự trữ β

Với hệ số β được lựa chọn ban đầu bằng 1,3, khi đĩa ma sát mòn dần hệ số này tăng lên tới giá trị cực đại $\beta_{max} = 1,55$, sau đó giảm dần cho tới khi độ mòn đạt tới 3mm thì hệ số $\beta = 1,43$. Nghĩa là khi đĩa ma sát mòn tối đa, hệ số dự trữ vẫn lớn hơn so với thiết kế. Ưu thế này của lò xo đĩa cho phép người thiết kế giảm hệ số dự trữ β , nhằm giảm kích thước và khối lượng của ly hợp mà vẫn đảm bảo khả năng truyền mô men của nó trong quá trình sử dụng. Tuy nhiên, để tận dụng được ưu điểm trên của lò xo đĩa cần có sự lựa chọn một cách hợp lý các thông số của nó.

KẾT LUẬN

Các kết quả trên cho thấy, đặc tính của lò xo đĩa ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng làm việc của nó. Bên cạnh đặc tính này lại chịu ảnh hưởng mạnh của các thông số kết cấu. Vì vậy, trong quá trình thiết kế ly hợp việc lựa chọn hợp lý các thông số kết cấu của lò xo là rất quan trọng. Để đạt được điều này, cần phải sử dụng nhiều giải pháp khác nhau. Bài báo này đã đề xuất một phương pháp tương đối đơn giản hiệu quả để xác định các thông số kết cấu của lò xo đĩa nhằm phát huy tối đa các ưu điểm của nó. ♦

Ngày nhận bài: 08/5/2018

Ngày phản biện: 18/5/2018

i liệu tham khảo:

- . В.И. Осипов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов, К.Е. Карпухин, С.С. Шадрин “Рабочие процессы и расчеты агрегатов автомобиля””. Ч. 1. Трансмиссия. – М.: МАДИ, 2014.
- . Gisbert Lechner, Harald Naunheimer, “Automotive Transmissions“. Springer 2011.
- . Julian Happian-Smith, “An Introduction to Modern Vehicle Design”. Butterworth-Heinemann 2002.