

KHẢO SÁT CÁC ẢNH HƯỞNG DO NHIỀU TÁC ĐỘNG CỦA HAI HỆ LỰC HƯỚNG TÂM VUÔNG GÓC TRONG Ổ ĐỖ TỪ

Nguyễn Thanh Bình*

Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Khảo sát ổ đỡ từ dưới tác động của lực hướng tâm theo một phương hoàn toàn tương tự như một bộ treo từ tính với mô hình toán học của hệ điều khiển tự động có một đầu vào và một đầu ra (SISO), đã được trình bày tại các bài báo trước đây [5][6]. Nhưng trong thực tế, ổ từ luôn chịu tác động của hai hệ lực hướng tâm vuông góc nhau (hai phương nhưng theo 4 hướng ngược nhau từng đôi một (\bar{x} và $-\bar{x}$; \bar{y} và $-\bar{y}$)). Khi hai lực hướng tâm vuông góc bị lệch khỏi trục x và y (do các nhiễu tác động), tức là chúng không thẳng hàng thì sẽ xuất hiện sự giao thoa giữa hai hệ trục đó. Lúc này khảo sát ổ đỡ từ sẽ phải sử dụng mô hình nhiều đầu vào nhiều đầu ra (MIMO).

Từ khóa: lực hướng tâm, mô hình nhiều đầu vào nhiều đầu ra

*MÔ HÌNH TOÁN HỌC

Mô hình toán học cho hệ thống ổ từ được cho dưới đây, [7]:

$$\begin{aligned} m\ddot{y} &= \sum_{i=1}^2 F_i(y, I_i) + F_{0y}, \\ m\ddot{x} &= \sum_{j=3}^4 F_j(x, I_j) + F_{0x} \end{aligned} \quad (1)$$

Ở đó, $y(t), \dot{y}(t), \ddot{y}(t)$ biểu diễn cho vị trí, vận tốc, gia tốc của Roto một cách tương ứng, dọc theo trục y. $x(t), \dot{x}(t), \ddot{x}(t)$ biểu diễn vị trí, vận tốc và gia tốc của Roto một cách tương ứng dọc theo phương x; m biểu diễn khối lượng của Roto, $F_j(y, I_i), i=1,2$ và $F_j(x, I_j), j=3,4$ chỉ các lực được tạo ra bởi mỗi mạch điện từ; $I_i, i=1,2$ và $I_j, j=3,4$ biểu diễn dòng trong mỗi cuộn dây Stator. F_{0y} và F_{0x} là các lực nhiễu. Mô hình cảm ứng từ thông liên kết vòng cho phép chúng ta tính toán mô hình với lực được tạo ra bởi các pha điện như sau [7]:

$$\begin{aligned} F_i(y, I_i) &= \frac{\partial}{\partial y} \int_0^{I_i} \lambda_i(y, I_i) dI_i, i=1,2 \\ F_j(x, I_j) &= \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{I_j} \lambda_j(x, I_j) dI_j, j=3,4 \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó, $\lambda_i(y, I_i)$ và $\lambda_j(x, I_j)$ biểu diễn mô hình từ thông liên kết vòng (cảm ứng từ thông liên kết vòng). Ngoài ra, mô hình từ thông liên kết vòng cho phép chúng ta tính toán các động lực phân hệ (hệ con) điện cho các pha hệ điện như [7]:

$$\begin{aligned} L_i(y, I_i)\dot{I}_i + R_i I_i + B_i(y, I_i)\dot{y} &= u_i, i=1,2, \\ L_j(x, I_j)\dot{I}_j + R_j I_j + B_j(x, I_j)\dot{x} &= u_j, j=3,4. \end{aligned} \quad (3)$$

Với u_i và u_j chỉ điện áp đầu vào, R_i và R_j chỉ điện trở; các đại lượng điện cảm $L_i(y, I_i)$ và $L_j(x, I_j)$ mà được giả sử là các số dương. $B_i(y, I_i)$ và $B_j(x, I_j)$ là độ từ cảm, điện cảm và độ từ cảm được tính như sau:

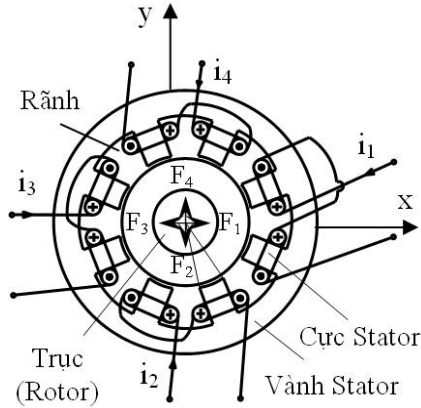
$$\begin{aligned} L_i(y, I_i) &= \frac{\partial \lambda_i(y, I_i)}{\partial I_i}, L_j(x, I_j) = \frac{\partial \lambda_j(x, I_j)}{\partial I_j}, \\ B_i(y, I_i) &= \frac{\partial \lambda_i(y, I_i)}{\partial y}, B_j(x, I_j) = \frac{\partial \lambda_j(x, I_j)}{\partial x}. \end{aligned}$$

Hình 1 [3] trình bày mặt cắt ngang của một dạng ổ đỡ từ thông dụng. 8 cực được chia thành 4 nam châm điện tức là các nam châm điện được đánh số thứ từ từ 1 đến 4 trên hình vẽ.

Với một dòng điện i_1 trong một cuộn dây, nam châm 1 sinh ra một lực hướng tâm F_1

*Tel:0989846989

theo chiều x, nhưng trái lại nam châm 3 sinh ra một lực hướng tâm có chiều ngược lại (-x). Nam châm 2 và 4 cũng sinh ra 2 lực hướng tâm theo phương y và có chiều ngược nhau.



Hình 1. Ô đỡ từ chịu tải hướng tâm

Trong ô đỡ từ, có 2 cặp lực hướng tâm vuông góc là các lực theo phương x vuông góc với các lực theo phương y. Như đã nói ở trên, 4 nam châm làm việc trong 4 kiểu khác nhau với các cường độ dòng điện trong 4 nam châm được điều chỉnh một cách độc lập. Như vậy cần 8 cuộn dây để nối giữa ô đỡ từ với 4 bộ điều chỉnh dòng điện.

TÁC ĐỘNG TƯƠNG HỖ CỦA HAI HỆ LỰC HƯỚNG TÂM KHÔNG THẲNG HÀNG

Các lực hướng tâm được sinh ra mong muốn là thẳng hàng trong hệ hai trục vuông góc, các trục này thường trùng các chuyển vị x và y. Tuy nhiên, có một vài nguyên nhân gây ra sự lệch trục của lực hướng tâm tức là khi chúng không thẳng hàng theo hai trục x và y. Giả sử rằng một nam châm điện của một ô đỡ từ được cấu tạo với một độ lệch tại một góc tương ứng với các sensor chuyển vị hướng tâm. Phương của lực hướng tâm sinh ra có một sai lệch vị trí góc mà dẫn đến giao thoa các phân tử lực theo phương x và y. Các nguyên nhân có thể gây nên giao thoa như sau [3]:

a. Từ thông do các dòng điện xoáy (dòng điện phụco) có thể sinh ra một độ trễ trong lực hướng tâm. Tại vận vận tốc quay cao và với một rotor đặc, các dòng xoáy phân bố trên bề mặt một rotor, gây nên các phần tử trễ pha trong sự phân bố sóng từ thông tương

ứng với rotor. Độ trễ pha này trong từ thông dẫn đến sai lệch hướng đối với các lực hướng tâm sinh ra.

b. Hiệu ứng hồi chuyển (hiệu ứng con quay) là biểu hiện bằng chuyển vị hướng tâm ngăn làm việc với các rotor hướng kính lớn. Hiệu ứng hồi chuyển sinh ra lực hướng tâm giao thoa.

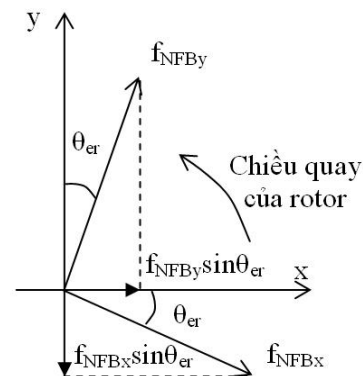
c. Trong động cơ không dùng ô, phương của lực hướng tâm chứa các sai lệch nếu như bộ điều khiển có các sai lệch trong vị trí góc được ước lượng hoặc tìm thấy được của từ trường quay. Các sai lệch phương cũng có thể gây nên bởi sự thay đổi điều hoà trong không gian của lực từ động và sự phân bố độ dẫn từ. Giao thoa giữa các lực hướng tâm theo phương x và y có thể gây ra một vấn đề nghiêm trọng. Trong phần này, giao thoa hướng tâm và ảnh hưởng của nó trong hệ thống ô đỡ từ với điều khiển phản hồi sẽ được nghiên cứu.

Hình 2 trình bày hai trục vuông góc x và y cũng như các lực hướng tâm phản hồi f_{NFBx} và f_{NFBy} với vị trí góc bị trễ. Roto quay ngược chiều kim đồng hồ. Sai lệch góc hướng được định nghĩa là θ_{er} và các lực hướng tâm giao thoa có thể được viết như sau:

$$\begin{aligned} f_{dmy} &= K_{mx} f_{NFBx} \\ f_{dmx} &= K_{my} f_{NFBy} \end{aligned} \tag{4}$$

Với

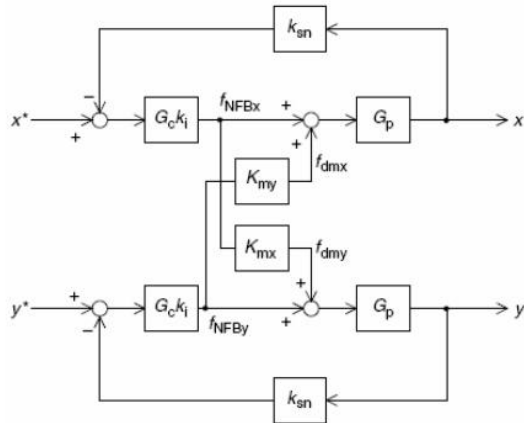
$$K_{mx} = -\sin \theta_{er}, \quad K_{my} = \sin \theta_{er}$$



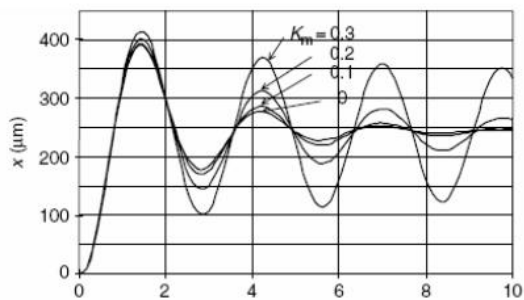
Hình 2. Sai lệch vị trí góc

Hình 3 trình bày một sơ đồ khối mà bao gồm sự giao thoa của hai hệ lực hướng tâm vuông góc. Các đầu ra là các vị trí hướng tâm và các đầu vào là các giá trị đặt. Các khối trên và

dưới là các mô hình động lực học theo phương x và phương y. Sự giao thoa được gây ra bởi K_{mx} và K_{my} . Lực hướng tâm giảm xuống do $\cos\theta_{er}$ được bỏ qua vì θ_{er} nhỏ.



Hình 3. Nhiễu trong ổ đỡ từ theo phương x và y



Hình 4. Đáp ứng chuyển vị với độ biến thiên của hệ số khuếch đại

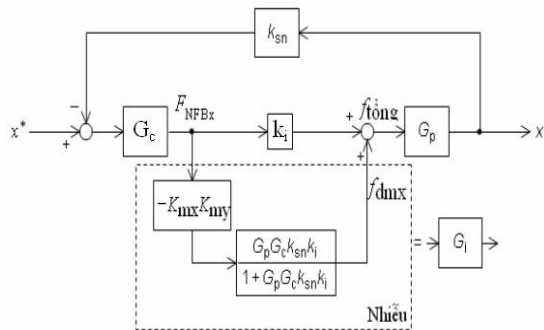
Đặt giá trị chuyển vị là x^* và quan sát đáp ứng của chuyển vị x . Hình 4 trình bày các đáp ứng chuyển vị của hệ điều khiển tự động. Tham số K_m được đặt là $K_{mx} = -K_m$ và $K_{my} = K_m$. Quan sát ta thấy dao động của hệ tăng lên khi K_m tăng lên. Nếu K_m lớn hơn 0.3 , tương ứng với một sai lệch chiều 17° , thì phản hồi âm sẽ kém hiệu quả trong việc giảm chấn hệ thống.

Để nhận được kết quả của mô phỏng số, phân tích ảnh hưởng của sự giao thoa cũng là quan trọng. Trong hình 5, tham khảo vị trí hướng tâm x^* được so sánh với chuyển vị hướng tâm x , sau đó được khuếch đại bởi bộ điều khiển PID là G_c và k_i . f_{dmx} là lực nhiễu được thêm vào và tổng của các lực hướng tâm được đặt lên hệ thống ổ từ G_p , tạo ra chuyển vị hướng tâm. Với trục y cũng sử dụng cấu trúc hoàn toàn tương tự. Bằng cách đó có thể bù được những nguyên nhân gây ra sự giao thoa làm lệch góc của hai hệ lực hướng tâm vuông góc trong ổ từ.

Giả sử rằng đại lượng điều khiển vị trí y^* theo phương y bằng 0, giả sử này hợp lý trong phần lớn các trường hợp trong thực tế bởi vậy sơ đồ khối của nhiễu từ f_{NFBx} đến f_{NFBy} được rút gọn như trên hình 5. Có thể thấy rằng giao thoa được biểu diễn bởi hai khối nối tiếp mà có các đầu vào f_{NFBx} và f_{dmx} . Hàm truyền của khối là:

$$\frac{f_{dmx}}{f_{NFBx}} = -K_{mx}K_{my} \frac{G_p G_c K_{sn} K_i}{1 + G_p G_c K_{sn} K_i}$$

Việc khảo sát hàm truyền của f_{dmx}/f_{NFBx} là quan trọng. Ta định nghĩa $G_i = f_{dmx}/f_{NFBx}$. G_i là hàm truyền của giao thoa. Nếu $K_m = 0$ và $K_{mx} = K_{my} = 0$ thì $G_i = 0$, do đó không có giao thoa. Phần phân số là phần đáng quan tâm: $G_p G_c k_{sn} k_i$ là hàm truyền lặp của ổ đỡ từ không có giao thoa bởi vậy $G_p G_c k_{sn} k_i$ là cao tại giá trị tần số thấp. Hàm truyền của phân số gần bằng thành phần đơn vị tại tần số thấp.



Hình 5. Sơ đồ khối theo phương x và giao thoa

Lực giao thoa f_{dmz} được cộng thêm với lực phản hồi pháp tuyến f_{NFBx} một cách song song. Cho nên hàm truyền từ f_{NFBx} tới tổng các lực hướng tâm f_{sum} được viết như sau:

$$\frac{f_{sum}}{f_{NFBx}} = 1 + (-K_{mx} K_{my}) \frac{G_p G_c K_{sn} K_i}{1 + G_p G_c K_{sn} K_i} \quad (5)$$

KẾT LUẬN

SUMMARY

STUDY ON THE EFFECTS OF DISTURBANCES TO THE TWO CENTRIFUGAL FORCE SYSTEMS IN THE MAGNETIC BEARING

Nguyễn Thị Thanh Bình*

College of Technology - TNU

The mathematic model of a magnetic bearing with the influence of one direction centrifugal force is the same as that of an electromagnetic suspension which is presented as a SISO control system. This problem has been published in [5] and [6]. In fact, a magnetic bearing is always influenced by two pairs of centripetal forces which are perpendicular to each other (\bar{x} , $-\bar{x}$; \bar{y} , $-\bar{y}$ where the “-“ indicates the opposite direction of the force). Whenever the four centrifugal forces are not on the x and y axis as a consequence of the disturbances, there occur inferences between the two force systems. In this case, a MIMO model is employed to study the magnetic bearing system.

Key words: centrifugal force, inferences between the two force systems

Khi có giao thoa trong hai hệ lực hướng tâm vuông góc, bằng cách tìm hàm truyền nhiễu G_i như (5) như minh họa trên hình 5, có thể khảo sát ổ từ như hệ SISO một cách tiện lợi và nhanh chóng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Phùng Quang (2006), *Matlab & Simulink*, nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
 [2]. Hoàng Minh Sơn (2006), *Điều khiển quá trình*, nhà xuất bản Bách khoa- Hà Nội
 [3]. Akira Chiba, Tadashi Fukao, Osamu Ichikawa, Masahide Oshima, atsugu Takemoto and David G. Dorrell, *Magnetic Bearings and Bearingless Drives*.
 [4]. C. Colin Roberts, *The multiple attractions of magnetic bearings*, World pumps December 2006, 0262 1762/06.
 [5]. Nguyễn Thanh Bình (2009), *Tổng quan về ổ đỡ từ và những vấn đề điều khiển chúng*, tạp chí KHCN của ĐH Thái Nguyên số T4-2009.
 [6]. Nguyễn thị Thanh Nga (2009), *Khảo sát các đặc tính của bộ treo từ tĩnh*, tạp chí KHCN của ĐH Thái Nguyên số T11-2009.
 [7]. K. D. Do (2009), *Control of Nonlinear Systems with Output Tracking Error Constraints and its Application to Magnetic Bearings*.

* Tel:0989846989