

**GIẢI PHÁP NÂNG CAO ĐỘ CHÍNH XÁC TRONG THIẾT KẾ
CHẾ TẠO LA BÀN CON QUAY HỒI CHUYỂN**
SOLUTION TO IMPROVE THE ACCURACY IN DESIGNING
AND MAKING GYROCOMPASS

TS. VŨ ĐỨC LẬP

Trường Cao đẳng Nghề Bách Nghệ Hải Phòng

Tóm tắt

Hệ thống tự động điều chỉnh trong la bàn con quay là một bộ phận có ảnh hưởng đến việc nâng cao độ chính xác, giảm năng lượng tiêu thụ, cấu trúc gọn nhẹ, tăng độ bền của la bàn con quay. Thiết kế và chế tạo hệ thống này đóng vai trò quan trọng trong chế tạo la bàn con quay phục vụ ngành công nghiệp đóng tàu Việt Nam.

Abstract

The automatic adjustment system in the gyrocompass is a part which affects the improving of the accuracy, reducing consumed power, producing neat structure and increasing the durability of the gyrocompass. Designing and making this system take an important role in producing gyrocompass for Vietnamese ship building industry.

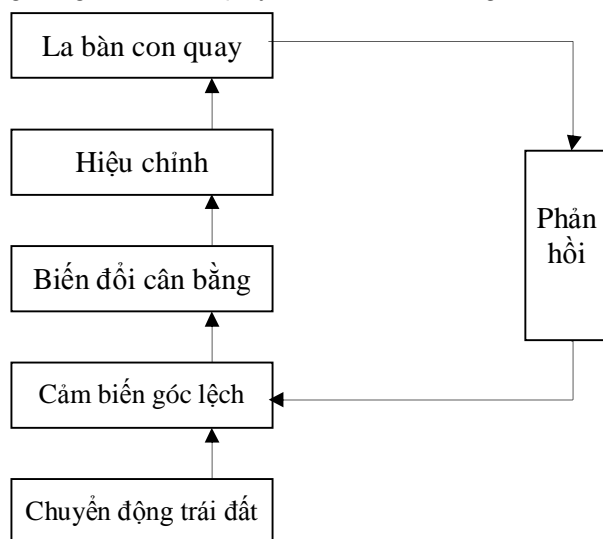
1. Đặt vấn đề

Ngành công nghiệp đóng tàu của nước ta hiện nay đã và đang có những bước tiến bộ vượt bậc, nhiều chủng loại tàu cỡ lớn đã được đóng tại Việt Nam. Nhưng hầu hết các thiết bị máy móc trên buồng lái đều phải nhập của nước ngoài, do vậy, giá thành sản phẩm cao, ít có lãi. Để có một sản phẩm thiết bị công nghệ cao la bàn con quay hồi chuyển, đủ đáp ứng được yêu cầu của tổ chức hàng hải quốc tế IMO được chế tạo tại Việt Nam thì việc chế tạo hệ thống tự động điều chỉnh cân bằng động trong la bàn con quay là hết sức cần thiết và quan trọng. Trong đó giải pháp nâng cao độ chính xác của hệ thống là vấn đề mấu chốt nhất.

2. Nội dung

2.1. Tổng quan về hệ thống tự động trong la bàn con quay hồi chuyển

La bàn con quay là một thiết bị định hướng bắt buộc phải được trang bị trên tàu biển. Để la bàn có thể truy theo bám sát hướng Bắc - Nam (NS) địa lý, thì chuyển động của la bàn sao cho vận tốc tương đối giữa (NS) la bàn với hướng (NS) địa lý phải bằng không. Hệ thống tự động trong la bàn sẽ luôn đưa ra tín hiệu làm trục chính con quay hồi chuyển tiến về hướng (NS) địa lý và duy trì sự chuyển động của nó trong quy đạo chuyển động của quả đất. Dưới đây là sơ đồ nguyên lý hệ thống tự động trong la bàn con quay được thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Nguyên lý hệ thống tự động trong la bàn con quay.

2.2. Phương trình tự động điều chỉnh cân bằng động la bàn.

Ta đã biết hệ phương trình biểu thị quỹ đạo chuyển động của la bàn con quay hồi chuyển lý tưởng:

$$\begin{cases} H(\alpha - \omega_d \sin \varphi) + C_\beta = 0 \\ H(\beta - \omega_d \cos \alpha) + D_\beta = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Đây là hệ phương trình không tính đến các điều kiện trong chế tạo. Nếu có tính đến các yếu tố này thì hệ phương trình (1) sẽ là:

$$\begin{cases} H(\alpha - \omega_d \sin \varphi) + (C - L_{By} - L_{dy} - L_{dc} - L_{Hc})\beta = 0 \\ H(\beta - \omega_d \cos \alpha) + (D - \square_{Bz} - \square_{3d} - \square_{3x} - \square_{3T})\beta = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó:

C_β, D_β : Hai tham số tự động điều chỉnh

L_{By} : Mô men trượt ổ bi ngang (E, W)

L_{dy} : Mô men xoắn dây mềm (E, W)

L_{dc} : Mô men dịch chuyển trọng tâm con quay

L_{Hc} : Mô men hiệu chỉnh (N, S)

\square_{Bz} : Mô men trượt ổ bi đứng

\square_{3d} : Mô men xoắn dây treo

\square_{3x} : Mô men xoắn dây dẫn mềm

\square_{3T} : Mô men dịch chuyển hệ số truyền

Từ phương trình (2) ta thấy để trục chính con quay có thể tự động hiệu chỉnh bám sát được hướng (NS) địa lý thì:

$$C > L_{By} + L_{dy} + L_{dc} + L_{Hc} = C'$$

$$D > \square_{Bz} + \square_{3d} + \square_{3x} + \square_{3T} = D'$$

Do vậy, trong kỹ thuật chế tạo la bàn người ta chọn các đại lượng $L_{By}, L_{dy}, L_{dc}, L_{Hc}, \square_{Bz}, \square_{3d}, \square_{3x}, \square_{3T}$ sao cho có giá trị nhỏ nhất. Các số hạng trên được tính theo các yếu tố gây dao động không tắt.

$$L_{dy} = F_y \cdot \cos \beta (E) + F_y \cdot \cos \beta (W) + n_2$$

Trong đó:

β : là góc trượt ổ bi, được tính từ $50^\circ - 90^\circ$

n_2 : là số hiệu chỉnh, trong trường hợp lý tưởng $\beta = 90^\circ$ thì $n_2 = 0$

Với những loại la bàn Sperry Mark 37, Sperry Mark 37 VT có cấu tạo dây dẫn đặc biệt nên đã giảm tối đa thành phần L_{dy}

Với loại la bàn TOKYOKEIKY – TG 6000 có thiết kế gối đỡ từ nên thành phần n_2 nhanh chóng bị loại bỏ trong quá trình khởi động.

$$\square_{3d} = \square_{3d} \int_0^t \alpha_t dt + \square_{3d} \int_0^t \alpha_t dt + n_3$$

Mô men trượt ổ bi đứng nó phụ thuộc vào 2 yếu tố chủ yếu là chất lượng ổ bi và chất lượng hệ thống trục theo. Thông thường trong thiết kế chọn và điều chỉnh sao cho độ chênh lệch không quá 0.3° tại vị trí **cân bằng**. n_3 là hệ số điều chỉnh mô men trên trục z

$$\square_{3d} = L_{\square d} \sin \alpha + n_4$$

$L_{\square d}$: Mô men xoắn của dây treo

α : Góc xoắn tương quan

n_4 : Hệ số điều chỉnh trọng tâm quả cầu theo chiều cao

Trong thiết kế sử dụng dây xoắn định vị trọng tâm của con quay theo chiều cao. Đồng thời kết hợp với hệ thống vòng các đấng chân trời và các hệ thống khác tạo cho con quay hồi chuyển chuyển động tự do dưới sự kiểm soát của hệ thống tự động điều chỉnh. Trong thực tế để làm giảm sự ảnh hưởng của phần tử này như trong la bàn TG - 5000 Sperry Mark 37 người ta sử dụng chất lỏng nặng, tạo nên sự mất trọng tâm đặt lên dây treo, làm dây treo từ 6 tao chỉ còn 2 tao mảnh hơn nhiều. Trường hợp này nhà chế tạo phải chọn hợp chất lỏng có độ nhớt sao cho chuyển động của con quay trong hệ thống có chu kỳ $T_0 = 84,4$ phút. (T_0 là chu kỳ dao động của con lắc vật lý).

$3_x = \square L_{\square x} \sin \alpha + n_5$	$3_T = nL_f \cos \alpha + n_6$
$L_{\square x}$: Là mô men xoắn của dây mềm	L_f : Là mô men dịch chuyển
α : Góc lệch tương quan	a : Hệ số
n_5 : Hệ số điều chỉnh	α : Góc lệch tương quan
	n_6 : Hệ số điều chỉnh

Tóm lại hệ phương trình (2) biểu diễn quy luật hồi chuyển của con quay trong quá trình tự động điều chỉnh tìm kiếm hướng Bắc thật (N_t) có dạng:

$$\begin{cases} H(x - \omega_2 \sin \varphi) + (C - L_{B_y} - F_f \cos \beta(E, W) - L_{M_z} - n_2) \beta = 0 \\ H(\beta - \omega_2 \cos \alpha) + (D - \sum_{p_1} \int_0^t \alpha_t d_t - \sum_{p_2} \int_0^t \alpha_t d_t - L_{S_x} \sin \alpha - \sum L_{S_x} \sin \alpha - nL_f \cos \alpha - n_2 - n_4 - n_5 - n_6) \beta = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Hệ phương trình (3) là phương trình đầy đủ biểu diễn quy luật hồi chuyển của con quay trong quá trình hồi chuyển đến hướng Bắc - Nam (trong thiết kế chế tạo). Để có thể tính toán được các chi tiết cho từng phần tử ta lập thành bảng tính để lựa chọn sao cho thỏa mãn với quy luật chuyển động nói trên.

Tùy theo điều kiện thiết kế, khả năng và công nghệ chế tạo, để loại trừ hoặc lựa chọn các thành phần trong C' và D' sao cho phù hợp với hệ phương trình (3).

Thông thường chọn $D > D'$ khoảng $1,5 \div 2$ lần;
và $C > C'$ khoảng $2 \div 3$ lần.

2.3. Các thành phần hiệu chỉnh

Các thành phần hiệu chỉnh được thực hiện sau khi đã lắp ráp theo thiết kế. Các vị trí điều chỉnh $n_2 \div n_6$ được đặt trước theo số liệu tính toán. Số hiệu chỉnh theo các phương Bắc, Nam, Đông, Tây. Riêng thành phần n_4 được điều chỉnh bằng 2 vít hãm trên đầu trục treo con quay. Phần hiệu chỉnh này phải kết hợp với khả năng tương quan trong hệ trục theo. Nếu điều chỉnh không tốt sẽ gây nghiêng cho trục chính con quay, làm cho chu kỳ dao động của trục chính con quay $\neq 84,4$ phút. Nếu điều chỉnh tốt tại vị trí cân bằng động ở vĩ độ 20° , độ nghiêng của trục chính con quay khoảng $0,5^\circ$ tương ứng với 1,5 vạch trên thước đo độ nghiêng. Điều này thỏa mãn chu kỳ dao động tắt dần lớn hơn chu kỳ dao động không tắt. Các phần tử hiệu chỉnh phải được đặt trong điều kiện hết sức cẩn trọng. Bởi vì bất kỳ sự mất cân bằng đều dẫn đến sai số trong hồi chuyển định hướng. Hiệu chỉnh theo các hướng đảm bảo cho la bàn hoạt động theo đúng chu kỳ dao động tính sẵn.

Hiệu chỉnh cân bằng động phải đảm bảo rằng các thông số kỹ thuật như điện áp, tần số, dòng khởi động, độ lệch pha ... phải đảm bảo đúng tiêu chuẩn kỹ thuật. Trong quá trình chạy thử, việc chỉnh sai số phải đảm bảo chắc chắn quy luật hoạt động của la bàn, phải phù hợp với yếu tố tắt dần. Hay nói cách khác hoạt động của la bàn phải tuân theo hệ số tắt dần là:

$$f = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_4} = \dots = \frac{\alpha_n}{\alpha_{(n-1)}} = -f^{-k \frac{n+1}{2}} \quad (4)$$

Để hiệu chỉnh sai số tại vị trí cân bằng động, cho la bàn có độ chính xác cao, công việc này hết sức quan trọng vì nó đảm bảo độ chính xác của thiết bị chế tạo.

Trước khi tiến hành hiệu chỉnh sản phẩm trong quá trình chế tạo, thử nghiệm, phải theo dõi chặt chẽ các yếu tố trên. Trong quá trình hoạt động của la bàn và đảm bảo chắc chắn rằng trục

chính con quay đã hoàn toàn ổn định hướng. Thông thường la bàn được ổn định sau khi khởi động từ 4 ÷ 6 giờ, nhưng trên thực tế thời gian này có thể kéo dài hơn.

Để khẳng định được sự ổn định của trục chính con quay ta nên đọc kiểm tra chỉ số la bàn 7 ÷ 10 lần trong điều kiện la bàn được đặt trên nền cố định. Nguyên nhân của sai số này là do chuyển động của trục chính con quay trong quá trình hồi chuyển với vận tốc khác với vận tốc chuyển động của kinh tuyến Bắc - Nam ($\neq \omega_d \sin \varphi$).

Sai số này gọi là sai số tắt dần ký hiệu α_r .

$$\alpha_r = -\frac{D + D'}{C + C'} \operatorname{tg} \varphi \quad (5)$$

Muốn khử sai số này ta dịch chuyển trọng tâm của con quay dọc theo hướng (Bắc - Nam) sao cho vận tốc chuyển động của trục chính con quay chuyển động với vận tốc $= \omega_d \sin \varphi$.

Tất nhiên sai số này còn phụ thuộc vào độ nhạy của la bàn, hay nói khác đi đó là phần tử tự động trong tự động điều chỉnh đủ khả năng điều chỉnh ở góc độ sai lệch nào.

Nếu sau khi hiệu chỉnh mà $D' \geq D, C' \geq C$ thì α_r sẽ luôn thay đổi cho từng lần khởi động. Thậm chí la bàn không đủ khả năng tìm kiếm hướng (Bắc - Nam) địa lý.

Để kiểm tra yếu tố này một cách đơn giản, ta đặt la bàn ở các hướng khác nhau với góc nghiêng $< 10^\circ$ để khởi động.

Nếu trong các lần khởi động đều thu được kết quả như nhau thì tốt. Nếu không, cần phải được điều chỉnh và xác định lại yếu tố D', D và C', C .

Như vậy, để nâng cao tính chính xác của thiết kế chế tạo la bàn con quay hồi chuyển, thì việc xác định các yếu tố D', D, C', C là hết sức quan trọng cho sự thành công. Nếu xác định được yếu tố D', D, C', C phù hợp có thể rút nhỏ trọng lượng, khối lượng, kích thước, năng lượng tiêu thụ của la bàn. Hay nói cách khác, việc điều chỉnh các thông số của hệ thống tự động điều chỉnh trong la bàn sẽ góp phần nâng cao độ chính xác. Đây chính là giải pháp để thiết kế, chế tạo la bàn con quay tại Việt Nam.

3. Kết luận

Trong giai đoạn hiện nay, khi mà khả năng chế tạo cơ khí cho các bộ phận tinh xảo của la bàn con quay tại Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế so với các nước tiên tiến trên thế giới thì việc can thiệp vào khâu tự động điều chỉnh nhằm nâng cao độ chính xác cho la bàn con quay là một giải pháp phù hợp về công nghệ.

Để nâng cao độ chính xác của la bàn con quay thông qua hệ thống tự động điều chỉnh ta có thể điều chỉnh các thông số D', D, C', C phù hợp mà tương ứng với nó ta có thể rút nhỏ trọng lượng, khối lượng, kích thước, năng lượng tiêu thụ của la bàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TS. Vũ Đức Lập, "Nghiên cứu chế tạo thiết bị con quay hồi chuyển trong tự động điều khiển tàu trên biển", Đề tài cấp bộ Mã số: DT094019, 2010.
- [2] Hokushin, *Gyrocompass Model CMZ 300*, 1995.
- [3] Tokyo Keiki, *ES110 Gyrocompass Operational Manual*, 1997.
- [4] Hokushin, *Gyrocompass Model CMZ 500*, 2002.
- [5] Hokushin, *Gyrocompass Model CMZ 27003*, 2002.
- [6] Sperry Marine, *Gyrocompass Model MK37VT*, 2004.

Người phản biện: TS. Phạm Văn Thuận