

**ĐIỀU KHIỂN ĐỒNG BỘ TỐC ĐỘ
NHIỀU ĐỘNG CƠ THEO PHƯƠNG PHÁP ELS
SYNCHRIZING MULTI-MOTORS CONTROL WITH ELECTRONIC LINESHAFT**

**TS. HOÀNG XUÂN BÌNH
KS. TRẦN TIẾN LƯƠNG**
Khoa Điện – ĐTTB trường ĐHHH

Tóm tắt:

Bài báo giới thiệu giải pháp đồng bộ vị trí, tốc độ nhiều động cơ theo phương pháp ELS (Electronic Lineshaft), và phương pháp tổng hợp hệ thống bằng mô phỏng.

Abstract:

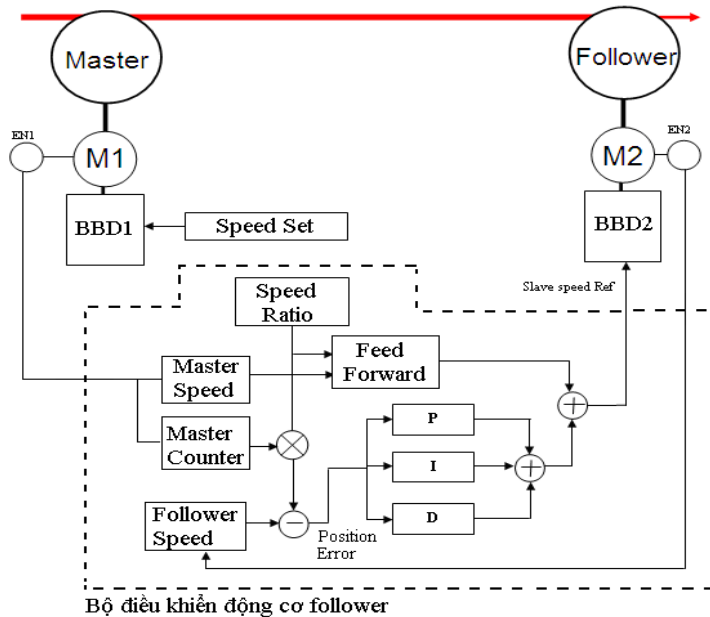
The article introduces a solution of position and speed synchriding for multi-motor system based on Electronic Lineshaft method and simultaneously stimulates a method of system synthesis.

1. Đặt vấn đề

Điều khiển tốc độ, vị trí các hệ thống truyền động điện dùng nhiều động cơ truyền động cho nhiều trục để thực hiện công nghệ trong các lĩnh vực: (i) Nhóm công nghệ cán thép bao gồm: Cán thép thanh, thép tấm, cán ống [1;5]; (ii) Nhóm công nghệ gia công sản phẩm từ hạt nhựa: Các máy sản xuất sợi từ hạt nhựa, các máy tráng, các máy sản xuất ống nhựa...[1; 5]; (iii) Nhóm công nghệ sản xuất cáp điện các loại như máy kéo dây nguyên liệu, máy bọc cách điện [2;5;6]; (iiii) Nhóm công nghệ sản xuất giấy bao gồm các máy xeo giấy, các truyền động quán – tháo[1;2]. Đặc điểm nổi bật về cấu trúc của các hệ thống thực hiện công nghệ là phải dùng nhiều trục truyền động bằng nhiều động cơ điện. Yêu cầu điều khiển truyền động điện cho các hệ thống: (1) Đồng bộ hoá tốc độ các trục truyền động; (2) Điều chỉnh mômen các động cơ truyền động để giữ sức căng không đổi; (3) Điều khiển và giám sát công nghệ bằng mạng máy tính [5;6]. Trong đó, một trong những phương pháp truyền động đồng bộ vị trí và tốc độ nhiều động cơ đang được sử dụng rộng rãi là phương pháp Electronic Lineshaft.

2. Cấu trúc điều khiển hệ thống truyền động nhiều động cơ theo nguyên lý ELS (Electronic Lineshaft)

Trên hình 1, biểu diễn cấu trúc điều khiển đồng bộ vị trí và tốc độ theo phương pháp Electronic Lineshaft (ELS). Phương pháp Electronic Lineshaft (ELS) cho phép bộ điều khiển bám chính xác với tín hiệu tốc độ, chiều và pha từ Encoder của động cơ chủ (Master). Hệ số tỉ lệ giữa động cơ truyền động chủ (Master) và động cơ tớ (Follower) có thể điều chỉnh độc lập bằng tín hiệu tương tự, số hay đặt qua mạng truyền thông cho các bộ điều khiển [5]. Động cơ M1 đóng vai trò chủ đạo (Master), động cơ M2 là tớ (Follower), hệ thống duy trì vị trí, tốc độ của hai động cơ theo tỷ lệ cho trước. Cấu trúc của bộ điều khiển ELS được trình bày như hình 1, gồm hai phần chính FEED FORWARD và FEEDBACK.

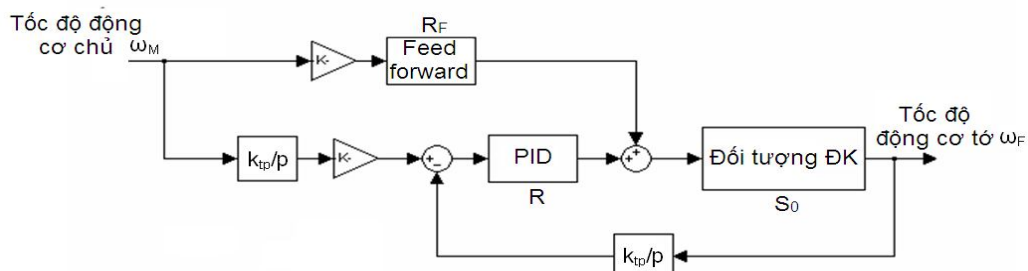


Hình 1: Sơ đồ cấu trúc điều khiển Electronic Lineshaft.

- FEEDBACK: Trước tiên đọc vị trí của động cơ MASTER thông qua encoder và nhân với tỷ lệ tốc độ của động cơ Follower đã đặt trước, sau đó đọc vị trí của động cơ Follower và tính toán sai lệch vị trí, sai lệch này đưa vào bộ điều khiển PID, tín hiệu đầu ra của bộ PID chính là tín hiệu phản hồi của Follower.

- FEED FORWARD: Là tích của tín hiệu tốc độ động cơ MASTER nhân với tỷ lệ tốc độ đặt trước, kết quả đưa vào bộ điều khiển tốc độ của động cơ Follower. Trong chế độ điều khiển vị trí thì bộ điều khiển này có vai trò như là bộ điều khiển bù nhiễu nhằm bù lại các sai lệch bậc cao về vị trí cho động cơ Follower.

Để tìm được hàm truyền tốc độ động cơ Follower theo động cơ Master, cấu trúc điều khiển động cơ Follower được đề xuất như hình 2.



Hình 2: Sơ đồ cấu trúc tốc độ động cơ Follower theo động cơ Master.

Trong đó, hàm truyền đối tượng điều khiển S_0 là hàm truyền động cơ với mạch vòng điều khiển tốc độ. Tín hiệu đưa vào bao gồm: tín hiệu từ đầu ra bộ điều khiển vị trí R kết hợp với tín hiệu tốc độ từ bộ phản hồi trước R_F . Hàm truyền cho toàn bộ mạch vòng sẽ được thiết lập:

$$\frac{\omega_F}{\omega_M} = \left(R_F + R \cdot \frac{k_{tp}}{p} \right) \cdot \frac{S_0}{1 + R \cdot k_{tp}/p} \quad (1)$$

Để tốc độ động cơ Follower và tốc độ động cơ Master bằng nhau thì tỉ lệ $\omega_F/\omega_M = 1$. Phương trình (1) được viết lại:

$$\frac{\omega_F}{\omega_M} = \left(R_F + R \cdot \frac{k_{tp}}{p} \right) \cdot \frac{S_0}{1 + R \cdot k_{tp} / p} = 1 \quad (2)$$

Suy ra: $\Rightarrow R_F = \frac{1}{S_0}$ (3)

3. Tổng hợp hệ truyền động đồng bộ tốc độ cho nhiều động cơ một chiều theo phương pháp ELS bằng mô phỏng trên phần mềm Matlab

Để minh họa cho phương pháp ELS ta tiến hành xây dựng một hệ thống đồng bộ tốc độ giữa 2 động cơ một chiều. Phương trình toán của động cơ một chiều được mô tả như sau[4]:

- Phương trình mạch kích từ:

$$U_k(p) = I_k(p) \cdot R_k + N_k \cdot p \cdot \phi(p) \quad (4)$$

- Phương trình mạch phần ứng:

$$U(p) = I(p) \cdot R_u + L_u \cdot p \cdot I(p) + E(p) \quad (5)$$

- Phương trình chuyển động của hệ thống

$$M(p) - M_c(p) = J \cdot p \cdot \omega(p) \quad (6)$$

trong đó: N_k : số vòng cuộn dây kích từ;
 R_k : Điện trở cuộn dây kích từ;
 R_u : Điện trở mạch phần ứng;
 L_u : Điện kháng mạch phần ứng;
 J : Mô men quán tính của động cơ.

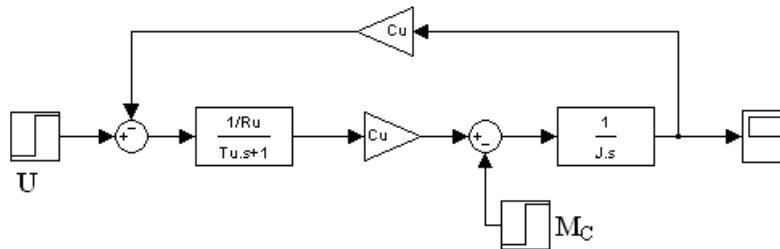
Trong chế độ kích từ động cơ không đổi ta được phương trình toán động cơ như sau [4]:

$$K\Phi = \text{const} = C_u \quad (7)$$

$$U(p) = I(p) \cdot R_u (1 + T_u p) + C_u \cdot \omega(p) \quad (8)$$

$$C_u \cdot I(p) - M_c(p) = J \cdot p \cdot \omega(p) \quad (9)$$

Từ các phương trình mô tả động cơ một chiều (1) ÷ (9), sơ đồ cấu trúc động cơ được thiết lập như hình 3.

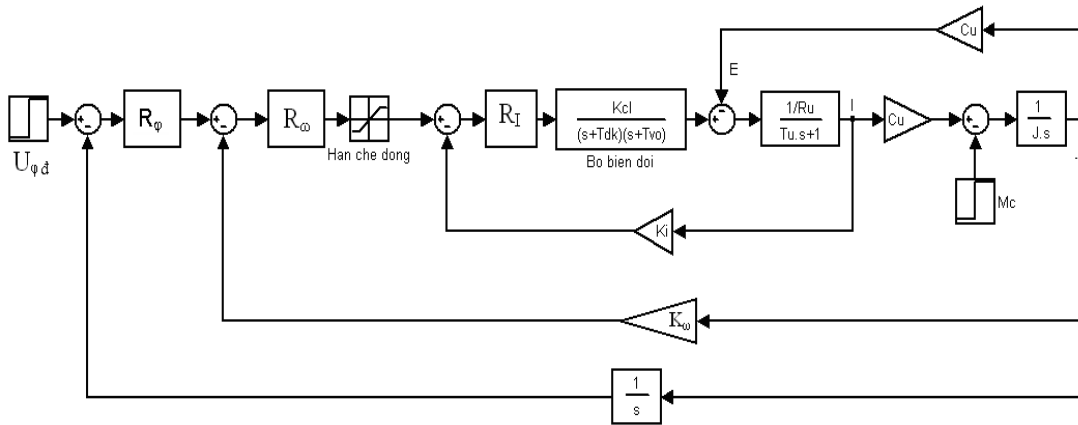


Hình 3: Mô hình động cơ một chiều kích từ không đổi.

Để triển khai công tác thiết kế hệ thống điều khiển truyền động điện theo nguyên lý ELS nhanh chóng theo các nguyên lý tối ưu truyền thống. Các phương pháp này đòi hỏi tham số “Rõ” của đối tượng điều khiển[1;4]. Các hệ thống truyền động điện nhiều động cơ cho các lĩnh vực công nghệ như: Sản xuất sản phẩm nhựa, cán kéo dây đồng, bọc cáp điện ... thường sử dụng các động cơ công suất trung bình. Xuất phát từ tham số danh định của động cơ của hãng LZ Leroy Somer theo nhãn máy: $P_{dm} = 40,5 \text{ kW}$; $n_{dm} = 2100 \text{ v/p}$ ($\omega_{dm} = 220 \text{ rad/s}$); $U_{dm} = 440 \text{ VDC}$; $I_{dm} = 95 \text{ A}$. Theo [2], tính toán được các thông số động cơ: $L_u = 0.015 \text{ H}$ - điện cảm phần ứng; $R_u = 0,5238 \Omega$ - Điện trở phần ứng; $K \cdot \Phi = C_u = 1.75$ - Hệ số máy điện.

Các thông số mạch của thiết bị quan sát theo [6], được xác định: $K_i = 0.1$ - hệ số phản hồi của sensor dòng; $K_{ci} = 15.5$ - Hệ số khuếch đại bộ chỉnh lưu; $K_w = 0.0455$ - Hệ số phản hồi của cảm biến tốc độ; $T_{dk} = 0.01$ - Hằng số thời gian mạch điều khiển Thyristor; $T_{vo} = 0.01$ - Hằng số thời gian mở van Thyristor.

Cấu trúc mô phỏng hệ truyền động điện một chiều có 3 vòng điều khiển, với bộ điều khiển dòng điện R_i , bộ điều khiển tốc độ R_w và bộ điều khiển vị trí R_φ nối tầng, cấu trúc như hình 4. Với các thông số của đối tượng điều khiển đã được xác định. R_φ



Hình 4: Mạch vòng điều khiển nối tầng dòng điện, tốc độ và vị trí.

Trình tự xác định tham số cho các bộ điều khiển thực hiện như sau:

Theo chuẩn tối ưu module ta dễ dàng tìm được hàm truyền bộ điều khiển dòng là PI

$$R_I = \frac{1 + T_u \cdot p}{\frac{K_{cl} \cdot K_i}{R_u} \cdot 2 \cdot T_s \cdot p} \quad (10)$$

Bộ điều khiển tốc độ theo chuẩn tối ưu module

$$R_\omega = \frac{K_i \cdot J}{C_u \cdot K_\omega} \cdot \frac{1}{4 \cdot T_s} \quad (11)$$

Để cho vị trí của động cơ Follower đạt vô sai cấp 2, việc tổng hợp bộ điều khiển vị trí theo chuẩn module tối ưu đối xứng:

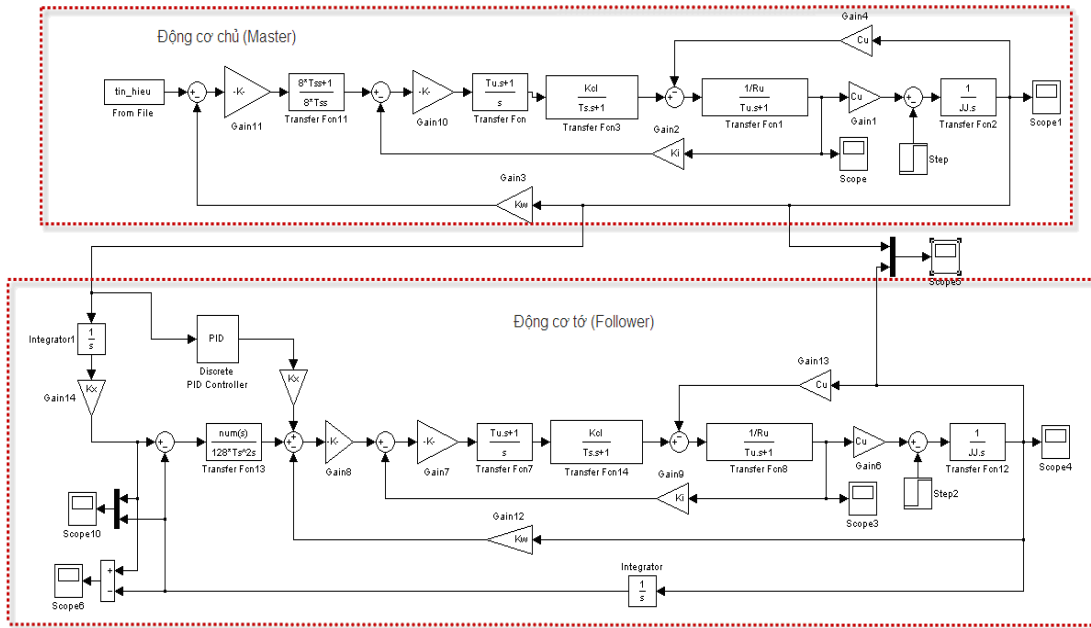
$$R_\phi = \frac{K_\omega}{K_3} \cdot \frac{1 + 16T_s \cdot p}{128 \cdot T_s^2 \cdot p} \quad (12)$$

Với các bộ điều khiển đã tổng hợp được theo phương trình (10) ÷ (12), ta dễ dàng tổng hợp được tham số các bộ điều khiển ở sơ đồ cấu trúc như hình 4. Trong sơ đồ cấu trúc tốc độ động cơ Follower sẽ bám theo vị trí của động cơ Master với tín hiệu tốc độ được lấy từ encoder của động cơ Master.

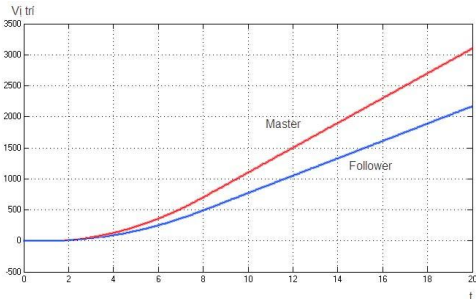
Khi đã tổng hợp được cấu trúc điều khiển một trục, với các hệ thống thực hiện công nghệ có nhiều trục truyền động, giải pháp mô phỏng hệ thống có cấu trúc như hình 1, tương đương với cấu trúc mô phỏng trên hình 5. Nguyên tắc này trong thực tế có thể áp dụng cho các hệ thống thực hiện công nghệ với số trục truyền động lên đến 50 [5;6]. Vấn đề đặt tỷ lệ tốc độ giữa các trục của động cơ truyền động được thực hiện một cách hết sức thuận tiện.

Tiến hành chạy thử hệ thống bằng mô phỏng, với tỉ lệ về vị trí và vận tốc $K_x = 0.7$. Kết quả thực hiện vị trí và tốc độ của các động cơ Master và Follower thu được trên hình 6,7. Giá trị sai lệch tuyệt đối về vị trí và tốc độ của các động cơ Master và Follower thể hiện trên hình 8,9.

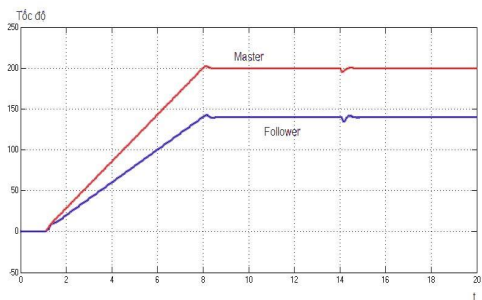
Từ hình 8 và 9 ta thấy kết quả thu được là một tỉ lệ gần như không sai lệch giữa tín hiệu từ encoder của động cơ Master và vị trí (tốc độ) của động cơ Follower. Giá trị vị trí và tốc độ của động cơ Follower gần như tỉ lệ hoàn toàn với tốc độ động cơ Master ngay cả ở trong chế độ khởi động hay với nhiễu ngẫu nhiên của tải. Sai lệch vị trí chỉ là 0.15 trong một khoảng thời gian rất ngắn, sai lệch tốc độ vào khoảng 0.6% khi có nhiễu tải bằng 120% tải định mức và sai lệch này được bộ điều khiển triệt tiêu một cách nhanh chóng.



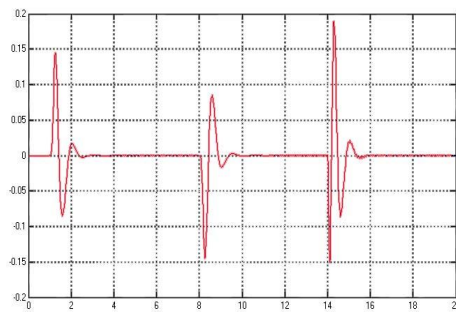
Hình 5: Truyền động đồng bộ vị trí hai động cơ một chiều theo phương pháp ELS



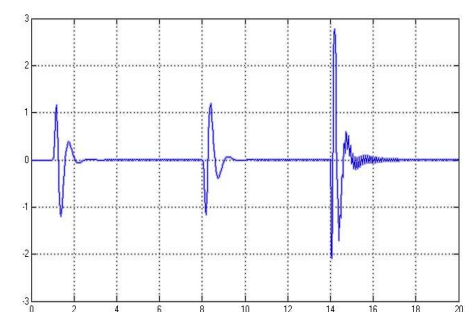
Hình 6: Vị trí thực hiện của động cơ Master và Follower



Hình 7: Tốc độ động cơ Master và Follower



Hình 8: Sai lệch vị trí động cơ Follower theo giá trị đặt từ encoder động cơ Master



Hình 9: Sai lệch tốc độ động cơ Follower theo giá trị đặt giá trị đặt từ encoder động cơ Master

4. Kết luận

Điều khiển hệ thống truyền động điện nhiều động cơ theo phương pháp ELS, đã được tổng hợp mô phỏng cho phép rút ra một số kết luận sau đây: (1): Có thể điều khiển nhiều động cơ trong hệ thống thực hiện công nghệ theo Encoder trên động cơ Master; (2): Thực hiện điều chỉnh tốc độ, vị trí theo một tỷ lệ bất kỳ giữa động cơ Master và các động cơ Follower; (3): Phương pháp ELS đồng bộ hoá tốc độ, vị trí trong mọi chế độ công tác của hệ thống truyền động điện nhiều động cơ; (4): Giá trị sai lệch tính về vị trí và tốc độ nhỏ hơn 1%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bùi Quốc Khánh... “*Điều chỉnh truyền động điện tự động*” – Nhà xuất bản Khoa học & Kỹ thuật – Hà nội – 1996.
- [2]. Ngô Xuân Hưng - Luận văn thạc sỹ “ *Nghiên cứu nâng cao chất lượng hệ thống điều khiển truyền động nhiều động cơ*” - Đại học Hàng hải Việt Nam – 2008.
- [3]. PGS. TS. Nguyễn Thương Ngô – “*Lý thuyết điều khiển tự động thông thường và hiện đại - Quyển 1: Hệ tuyến tính*”– Nhà xuất bản Khoa học & Kỹ thuật – Hà nội – 2004.
- [4]. Phạm Công Ngô – “*Lý thuyết điều khiển tự động*” - Nhà xuất bản Khoa học & Kỹ thuật – Hà nội – 2004.
- [5]. SIEI – DGFC – *ELS Electric line shaft instruction manual*.
- [6]. LS – Cable – *Technical Transfer Document*.

Người phản biện: TS. Trần Anh Dũng
