

$$\phi_3^{(0)} \approx \frac{100}{N} \quad (\text{khi } d=1, \alpha = \pi/2) \quad (13)$$

4. Kết luận

Từ (12) và (13), rút ra kết luận :

- Độ rộng búp sóng của hệ anten thẳng ULA tỷ lệ nghịch với số phần tử N , N càng lớn, khẩu độ anten càng lớn, búp sóng càng hẹp. Đó chính là một trong các ứng dụng của hệ anten ULA. Công thức (12) và (13) tuy là các công thức gần đúng, nhưng có định dạng rất đơn giản khi ứng dụng tính độ rộng búp sóng của hệ anten ULA., đặc biệt ở hướng *Broadside* (hướng $\alpha = \pi/2$).

- Độ rộng búp sóng tỷ lệ nghịch với giá trị sin của hướng lái tia α , ở hướng lái tia $\alpha = \pi/2$, $\sin \alpha = 1$, độ rộng búp sóng hẹp nhất. Ở các hướng lái tia nhỏ, theo (12), độ rộng búp sóng sẽ có giá trị rất lớn, tuy nhiên các kết quả đưa ra trong [3] chưa luận giải được các điểm bất thường này.

- Khi sử dụng hệ anten ULA để tạo búp sóng hẹp và điều khiển hướng lái tia, thì muốn giữ độ rộng búp sóng ở một hướng lái tia α (không quá nhỏ) được như theo hướng lái tia $\alpha = \pi/2$, thì phải tăng số phần tử N bằng đúng số lần suy giảm của giá trị sin α .

- Độ rộng búp sóng tỷ lệ nghịch với khoảng cách giữa các phần tử, khi d tăng, cùng một số lượng phần tử, khẩu độ của hệ anten tăng lên, độ rộng búp sóng hẹp đi. Một số công trình nghiên cứu cho thấy nhận xét như vậy cũng chỉ được chấp nhận trong một phạm vi biến đổi nhất định của giá trị d . Tuy nhiên trong nhiều ứng dụng cụ thể, nếu chọn $d > 1$, tức là khoảng cách giữa các phần tử lớn hơn nửa bước sóng thì dễ gặp giảm độ hướng có xuất hiện nhiều búp sóng, tuy nhiên nếu chọn $d < 1$ tức là làm giảm khẩu độ anten, sẽ làm tăng độ rộng búp sóng chính. Do đó thường chọn $d=1$ (tức là khoảng cách giữa các phần tử thường chọn bằng nửa bước sóng).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phan Anh (2003), *Lý thuyết và kỹ thuật anten*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2] Godara L. C. (2004), *Smart Antennas*, CRC Press.
- [3] Hancen R. C. (1998), *Phased array antennas*, John Wiley & Sons, Inc.
- [4] Tran Xuan Nam (2003), *Subband adaptive array for mobile communications with application to CDMA systems*, PhD Thesis, The University of Electro-communications, Tokyo.
- [5] Wu J., Sheng W. X. (2002), "Smart Antenna System Implementation based on Digital Beamforming and Software Radio Technologies", *IEEE MTT-S Digest*, pp. 323-326.
- [6] Zhou P. Y., Ingram M. A., Anderson P. D. (1998), "Synthesis of Minimax Sidelobes for Arbitrary Arrays", *IEEE transactions on antennas and propagation*, 46(11), pp. 1759-1760.

Người phản biện: TS. Phạm Văn Phước

ĐIỀU KHIỂN TỰA PHẪNG HỆ TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN MỘT CHIỀU TRÊN MIỀN THỜI GIAN THỰC

REALTIME FLATNESS-BASED CONTROL OF A DC ELECTRICAL DRIVE SYSTEM

PGS.TS. TRẦN ANH DŨNG, KS. PHẠM VĂN AN

Khoa Điện-Điện tử, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Bài báo trình bày việc xây dựng mô hình thực nghiệm hệ điều khiển truyền động điện một chiều sử dụng nguyên lý phẳng. Thuật toán điều khiển này được thực hiện trên phần mềm Matlab-Simulink thông qua card ghép nối máy tính PCI – 1711. Bộ điều khiển phẳng với khả năng quan sát tải đã đem lại các chỉ tiêu chất lượng tốt với một đối tượng phi tuyến trong chế độ làm việc không tải cũng như có tải. Các kết quả thực nghiệm thu được chứng tỏ điều khiển phẳng mang lại ưu thế vượt trội về khả năng thiết lập và bám quỹ đạo đặt so với các bộ điều khiển truyền thống.

Abstract

The paper presents about building a DC electrical drive system empirical model using flatness principle. This control algorithm are implemented by Matlab-Simulink software via PCI – 1711 coupling computer card. Flatness-based controller with load observing capability has brought well quality criteria with a nonlinear object in with load and without load working mode. The experimental results obtained demonstrate the flatness control bringing more dominance about ability planning and tracking reference trajectory than traditional controllers.

1. Đặt vấn đề

Cho đến nay động cơ điện một chiều vẫn đóng một vai trò quan trọng trong các ngành công nghiệp bởi khả năng điều khiển dễ dàng. Nhiều lý thuyết điều khiển tuyến tính được áp dụng cho đối tượng này đã đem lại kết quả tốt. Tuy nhiên trong các chế độ quá độ, tính phi tuyến của đối tượng được bộc lộ rõ rệt làm giảm chất lượng điều khiển. Vì vậy, bài báo đặt vấn đề nghiên cứu lý thuyết điều khiển phi tuyến – điều khiển tựa phẳng nhằm nâng cao chất lượng điều khiển trong các chế độ quá độ. Tính phẳng có lợi ích vô cùng to lớn trong việc thiết lập và bám quỹ đạo đặt.

Bố cục của bài báo gồm các phần: phần đầu là khái niệm hệ phẳng và tính phẳng của động cơ điện một chiều; thiết kế các bộ điều khiển dòng điện, tốc độ và bộ quan sát tải; phần cuối là các kết quả thực nghiệm.

2. Khái niệm hệ phẳng

Tính phẳng vi phân là một thuộc tính cấu trúc quan trọng của nhiều hệ thống điều khiển [1]. Xét một hệ thống phi tuyến được biểu diễn bởi phương trình trạng thái (1):

$$\dot{x} = f(x, u) \tag{1}$$

Trong đó $u = (u_1, \dots, u_m)^T$ là vector đầu vào và $x = (x_1, \dots, x_n)^T$ là vector trạng thái. Hệ thống (1) được gọi là *hệ phẳng* khi và chỉ khi tồn tại một tập hợp m các biến $y = (y_1, \dots, y_m)^T$ thỏa mãn 3 tính chất sau:

$$y = h(x, u, \dots, u^{(\gamma)}). \tag{2}$$

- Mọi biến của biểu thức (1) có thể được biểu thị trong quan hệ của y và một số hữu hạn đạo hàm theo thời gian, cụ thể:

$$x = A(y, \dot{y}, \dots, y^{(\alpha)}); \quad u = B(y, \dot{y}, \dots, y^{(\beta)}). \tag{3a,b}$$

- Các thành phần của tập biến phẳng là vi phân độc lập, tức là không tồn tại hàm g nào để

$$g(y_1, \dots, y_m) = 0. \tag{4}$$

Như vậy một tập hợp các biến $y = (y_1, \dots, y_m)^T$ được gọi là đầu ra phẳng hay đầu ra tuyến tính của hệ thống (1). Có một số lượng đáng kể các mô hình trong thực tế là có tính phẳng: các động cơ điện, cần trục, cầu trục, các khâu điều khiển chuyển động, các lò phản ứng hóa học,...

3. Động cơ điện một chiều kích thích vĩnh cửu (ĐCMC) và tính phẳng

Mô hình toán học của ĐCMC được chỉ ra trong phương trình (5):

$$\begin{cases} \frac{di_a}{dt} = -\frac{1}{T_a} i_a - \frac{60K_e}{2\pi L_a} \omega + \frac{1}{L_a} u_a \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{K_t}{J} i_a - \frac{B_m}{J} \omega - \frac{1}{J} T_L - \frac{1}{J} T_f \end{cases} \tag{5a,b}$$

Trong đó: u_a : điện áp phần ứng; R_a, L_a : điện trở và điện cảm mạch phần ứng; e : sức điện động phần ứng; K_e : hằng số điện áp; K_t : hằng số mômen; J : mômen quán tính; T_e : mômen điện của động cơ; T_L : mômen tải; B_m : hệ số nhớt; T_f : mômen ma sát.

Mô hình (5) của ĐCMC là phẳng với $y = \omega$ là đầu ra phẳng. Chứng minh ĐCMC thỏa mãn tính phẳng bằng cách kiểm tra các điều kiện liên quan. Một tính chất quan trọng của tính phẳng vì phân là các biến trạng thái và biến đầu vào có thể được biểu diễn trực tiếp thông qua tập đầu ra phẳng và 1 số hữu hạn các đạo hàm của chúng. Tính chất này có thể vô cùng hữu ích trong thực nghiệm khi đặt trong quan hệ với các quỹ đạo: từ quỹ đạo của y , quỹ đạo của x và u được suy luận ngay.

4. Thiết kế bộ điều khiển phẳng

4.1 Bộ điều khiển dòng điện

Đầu tiên, ta sẽ xây dựng bộ điều khiển dòng điện. Nhờ vào tính chất 2 của hệ phẳng, ta sẽ sử dụng các biến đầu ra mong muốn để tính toán giá trị tín hiệu ra của bộ điều khiển.

$$U_a = R_a i_a^* + L_a \frac{di_a^*}{dt} + \frac{60}{2\pi} K_e \omega^* \quad (6)$$

Các giá trị có dấu (*) thể hiện các đại lượng đặt. Bộ điều khiển dòng điện ở đây chính là khâu tính toán đại lượng U_a .

4.2 Bộ điều khiển tốc độ

Giả định rằng bộ điều khiển dòng đã đảm bảo hoạt động tốt, có $i_a \rightarrow i_a^*$ đủ nhanh, hệ (5b) có thể được xem như là 1 hệ thống với biến điều khiển i_a^* và nhiễu T_L . Bộ điều khiển tốc độ dựa trên nguyên lý phẳng sẽ là:

$$i_a^* = \frac{J \frac{d\omega^*}{dt} + \hat{T}_L + B_m \omega^* + T_f}{K_t} \quad (7)$$

4.3 Bộ quan sát mômen tải

Dựa trên cấu trúc của bộ điều khiển phẳng tốc độ ta thấy tải là nhiễu đầu vào cần biết, nó được sử dụng để tính toán giá trị đặt của dòng điện phần ứng i_a^* . Do vậy, cần thiết kế một bộ quan sát tải để cung cấp thông tin đầu vào cho bộ điều khiển tốc độ. Giá trị tải quan sát càng bám sát tải thực thì chất lượng điều khiển đem lại càng tăng. Bộ quan sát tải được thực hiện dựa trên sự đo lường tốc độ quay của động cơ.

Ta có hệ phương trình sai lệch quan sát:

$$\begin{cases} \dot{\hat{e}}_\omega = \left(-\frac{B_m}{J} - l_1\right) \hat{e}_\omega - \frac{1}{J} \hat{e}_{T_L} + \frac{K_t}{J} \hat{e}_{i_a} - \frac{1}{J} \hat{e}_{T_f} \\ \dot{\hat{e}}_{T_L} = -l_2 \hat{e}_\omega \end{cases} \quad (8)$$

Trong đó: $\hat{e}_{i_a} = i_a - \hat{i}_a$: sai lệch quan sát dòng điện phần ứng; $\hat{e}_{T_f} = T_f - \hat{T}_f$: sai lệch quan sát mômen ma sát; $\hat{e}_\omega = \omega - \hat{\omega}$: sai lệch quan sát tốc độ; $\hat{e}_{T_L} = T_L - \hat{T}_L$: sai lệch quan sát mômen tải.

Hệ phương trình sai lệch quan sát có thể được viết lại dưới dạng ma trận như sau:

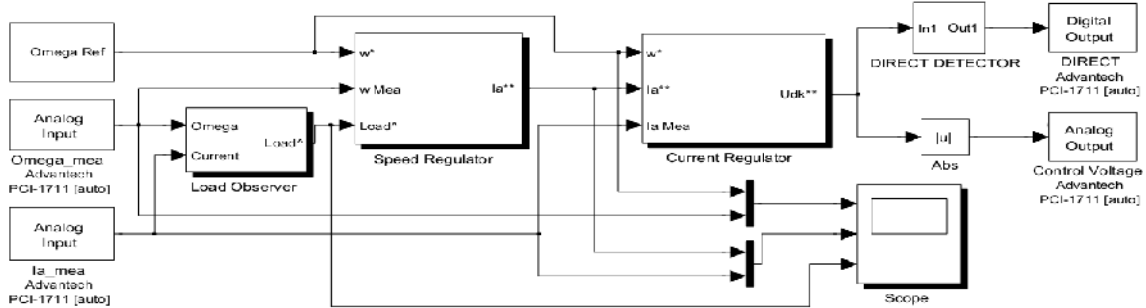
$$\begin{bmatrix} \dot{\hat{e}}_\omega \\ \dot{\hat{e}}_{T_L} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{B_m}{J} - l_1 & -\frac{1}{J} \\ -l_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{e}_\omega \\ \hat{e}_{T_L} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{K_t}{J} & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{e}_{i_a} \\ \hat{e}_{T_f} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Khảo sát tính ổn định theo tiêu chuẩn Routh: hệ thống sẽ ổn định khi và chỉ khi:

$$I_1 > -\frac{B_m}{J}; I_2 < 0.$$

Các bộ điều khiển phẳng có nhiệm vụ tính toán đại lượng điều khiển từ quỹ đạo tín hiệu ra mong muốn. Do vậy khi sử dụng điều khiển phẳng cần sử dụng kết hợp bộ bù sai lệch hoạt động song song nhằm nâng cao độ chính xác.

5. Xây dựng chương trình điều khiển hệ truyền động điện một chiều trên miền thời gian thực



Hình 1. Cấu trúc điều khiển tựa phẳng trong chế độ thời gian thực

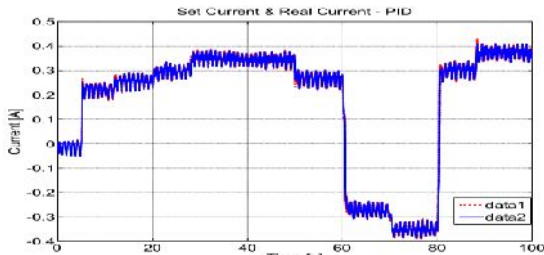
Cấu trúc thực nghiệm điều khiển phẳng cho ĐCMC qua card PCI-1711 được chỉ ra trong hình 1. Tham số ĐCMC như sau: công suất định mức 23W; điện áp định mức 20VDC; dòng điện định mức 1,8A; mô men định mức 0,074Nm; tốc độ định mức 3000v/ph. Tham số bộ điều khiển: $K_p_i=0,01$; $K_i_i=30,97$; $K_p_w=0,0262$; $K_i_w=0,0588$. Tham số bộ quan sát tải: $I_1 = 882,8$; $I_2 = -0,93$.



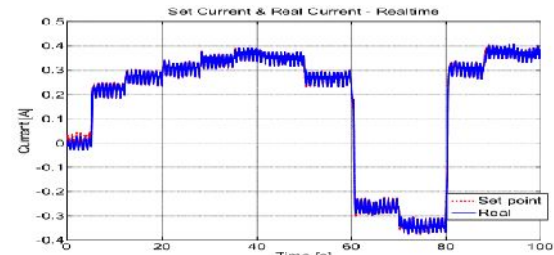
a. Đáp ứng tốc độ đặt và tốc độ thực



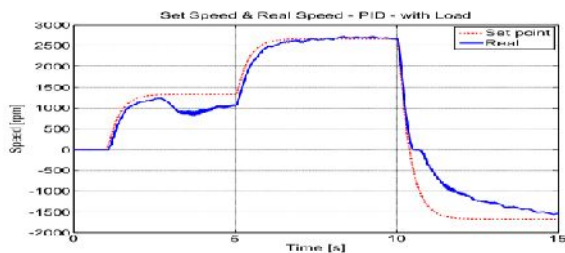
a. Đáp ứng tốc độ đặt và tốc độ thực



b. Đáp ứng dòng điện đặt và dòng điện thực
Hình 2. Điều khiển PID khi không tải



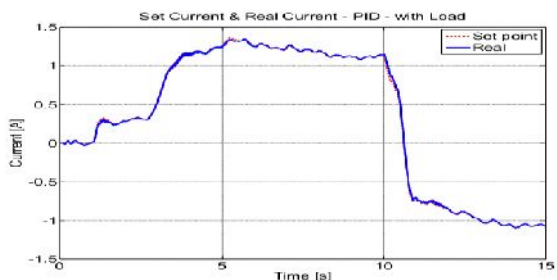
b. Đáp ứng dòng điện đặt và dòng điện thực
Hình 3. Điều khiển tựa phẳng khi không tải



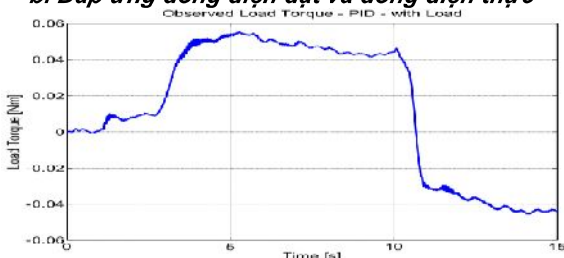
a. Đáp ứng tốc độ đặt và tốc độ thực



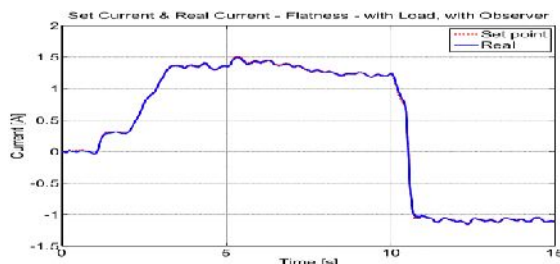
a. Đáp ứng tốc độ đặt và tốc độ thực



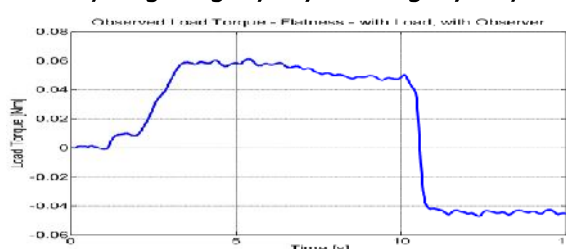
b. Đáp ứng dòng điện đặt và dòng điện thực



c. Đáp ứng tải quan sát được
Hình 4: Điều khiển PID khi có tải



b. Đáp ứng dòng điện đặt và dòng điện thực



c. Đáp ứng tải quan sát được
Hình 5: Điều khiển tựa phẳng khi có tải

Các hình 2, 3, 4 và 5 lần lượt chỉ ra các kết quả thực nghiệm của điều khiển PID và điều khiển phẳng. Các hình 2(a,b), 3(a,b) là kết quả thực nghiệm trong trường hợp động cơ chạy không tải; các hình 4(a,b,c), 5(a,b,c) là kết quả thực nghiệm trong trường hợp động cơ chạy có tải. Sự khác biệt về chất lượng trong 2 phương án điều khiển là không rõ rệt khi động cơ chạy không tải. Tuy nhiên khi chạy có tải, điều khiển phẳng thể hiện ưu điểm vượt trội khi vẫn áp đặt được tốc độ động cơ và dòng điện phản ứng bám sát các quỹ đạo đặt. Điều này cũng cho thấy bộ quan sát tải hoạt động tốt, cung cấp thông tin chính xác và kịp thời của tải cho bộ điều khiển tốc độ.

6. Kết luận

Nguyên lý phẳng được sử dụng trong hệ truyền động điện một chiều đem lại kết quả tốt, chứng tỏ tính đúng đắn của lý thuyết này trong việc điều khiển các đối tượng phi tuyến. Đặc biệt khả năng điều khiển kết hợp thiết lập quỹ đạo đặt giúp cho điều khiển phẳng phù hợp trong các ứng dụng cần bám đầu ra theo một quỹ đạo cho trước, mặc dù cấu trúc điều khiển còn phức tạp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Michel Fliess, Jean Lévine, Philippe Martin, Pierre Rouchon - *Flatness and defect of nonlinear systems: introductory theory and examples* - CAS internal report A-284, January, 1994.
- [2] Ph. Martin - R.M. Murray - P. Rouchon - *Flat systems, equivalence and trajectory generation* - Technical report, April, 2003.
- [3] Jean Lévine - *Flatness based control of some classes of mechanical systems and chemical processes* - CAS École des Mines de Paris, 2005.

Người phản biện: TS. Trần Sinh Biên

ỨNG DỤNG KỸ THUẬT SIÊU ÂM ĐO ĐỘ DÀY ỐNG NHỰA HDPE APPLICATION OF ULTRASONIC TECHNIC TO MEASURE THICKNESS OF HDPE PIPE

PGS.TS. LÊ QUỐC VƯỢNG

Khoa Điện – Điện tử, Trường ĐHHH Việt Nam

KS. NGUYỄN VĂN NHÂN

Công ty Cổ phần Nhựa Tiền Phong

Tóm tắt

Kỹ thuật siêu âm đã được biết đến từ lâu và được ứng dụng rất rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như y học, công nghiệp,... Một ứng dụng mới nữa xin được đề cập đến là dùng siêu âm để đo độ dày và kiểm tra chất lượng sản phẩm trong công nghiệp sản xuất ống nhựa