
CHƯƠNG I

ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH NỘI

(Internal model control - IMC)

NỘI DUNG

- 1.1 Các phương pháp đã có trong vấn đề điều khiển động cơ không đồng bộ.
- 1.2 Tổng quát về phương pháp Điều khiển dùng mô hình nội.
 - a) Ưu khuyết điểm.
 - b) Mô hình tổng quát.
- 1.3 Cấu trúc IMC đối với động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc.

Ưu điểm của phương pháp dùng mô hình nội là thuật toán đơn giản. Các điều kiện về ổn định nội và tính bền vững được diễn tả một cách đơn giản thông qua các hàm truyền đạt của hệ thống nên dễ sử dụng trong thiết kế.

1.1 Các phương pháp đã có trong vấn đề điều khiển động cơ không đồng bộ.

Động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc là loại máy điện quay được dùng phổ biến nhất trong kỹ thuật truyền động điện do các ưu điểm sau:

- Khả năng quá tải về moment lớn.
- Có thể làm việc ở tốc độ rất thấp hoặc rất cao.
- Đặc biệt rotor lồng sóc có kết cấu đơn giản chắc chắn.
- Ở phần quay không có yêu cầu về cách điện và có thể làm việc ở cả môi trường có hoạt tính cao do không có tia lửa điện như ở động cơ một chiều.

Việc điều khiển tốc độ động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc rất phức tạp do phương trình động không tuyến tính.

Do những đặc điểm trên mà thời gian gần đây xuất hiện rất nhiều phương pháp điều khiển vận tốc của động cơ không đồng bộ được giới thiệu trên tạp chí IEEE.

a) Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng phương pháp định hướng trường (field-oriented control) viết tắt FOC.

b) Phương pháp điều khiển tuyến tính hóa mô hình vào ra (input-output linearization).

c) Phương pháp điều khiển chế độ trượt (Non linear sliding mode).

d) Phương pháp điều khiển dựa trên tính thụ động (passivity based control).

e) Phương pháp điều khiển toàn phương tuyến tính hồi tiếp trạng thái (linear quadratic state feedback).

Trong đó phương pháp điều khiển định hướng trường (FOC) được áp dụng rộng rãi và ngày càng hoàn thiện hơn nhờ sự phát triển của kỹ thuật vi tính và kỹ thuật vi xử lý. Nhưng phương pháp định hướng trường có khuyết điểm chính là nhạy cảm đối với sự thay đổi thông số của động cơ. Để khắc phục nhược

Chương I : Điều khiển động cơ không đồng bộ bằng phương pháp mô hình nội

điểm này đòi hỏi phải cần sự hỗ trợ của mạng Neuron hay fuzzy, chúng đòi hỏi một lượng tính toán lớn nên cần vi xử lý có tốc độ cao.

Các phương pháp khác khắc phục một phần tính bền vững (Robust) nhưng thuật toán phức tạp, các thông số điều khiển khó xác định.

1.2 Tổng quát về phương pháp Điều khiển dùng mô hình nội.

a) Ưu khuyết điểm.

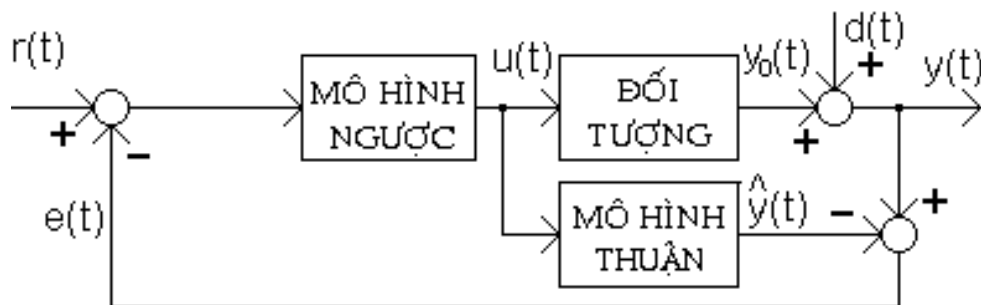
Ưu điểm của phương pháp dùng mô hình nội là thuật toán đơn giản. Các điều kiện về ổn định nội và tính bền vững được diễn tả một cách đơn giản thông qua các hàm truyền đạt của hệ thống nên dễ sử dụng trong thiết kế.

Đặc biệt trong lĩnh vực điều khiển động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc thì điện trở của rotor rất khó đo một cách chính xác. Chưa kể đến việc khi động cơ làm việc thì nhiệt độ tăng lên làm điện trở của dây quấn stator, rotor tăng theo. điện cảm của dây quấn stator (L_s), rotor (L_r) và hổ cảm giữa stator và rotor (L_m) ... v.v thay đổi theo tải và theo nhiệt độ của động cơ.

Khuyết điểm của phương pháp dùng mô hình nội để điều khiển động cơ không đồng bộ rotor lồng sóc là phương pháp này được áp dụng rộng rãi cho hệ tuyến tính, nhưng đối với hệ phi tuyến thì còn nhiều hạn chế, đặc biệt là hệ phi tuyến của đối tượng đa biến (Multi-input multi output-MIMO).

b) Mô hình tổng quát.

Nguyên lý điều khiển mô hình nội (Internal model control-IMC) được Garcia & Moran đề xuất 1985 như hình 1.1.



Hình 1.1 :Nguyên lý điều khiển mô hình nội

Trong đó:

Đối tượng điều khiển được ký hiệu là P.
Mô hình của đối tượng được ký hiệu là \hat{P} .
Mô hình ngược của \hat{p} gọi bộ điều khiển Q.
 $r(t)$: Là các tín hiệu đặt (set points).
 $y(t)$: Là các tín hiệu ngõ ra tương ứng.
 $d(t)$: Là nhiễu tác động lên hệ thống.

Trong trường hợp lý tưởng: ($\hat{p} = p$; $d = 0$).

Ta có: $y - \hat{y} = 0$.

Trường hợp này không có tín hiệu hồi tiếp về do đó:

$$y = p^* u = p^* (Q^* r) = p^* Q^* r.$$

Chọn $Q = \hat{p}^{-1} = p^{-1}$ nên $p.Q = I$ (với I là ma trận đơn vị).

$\Rightarrow y = r$: giá trị ngõ ra mong muốn. (1.0)

Trong trường hợp không lý tưởng: (trường hợp phải gặp trong thực tế ($p \neq \hat{p}$) – còn gọi là trường hợp có sai số).

Theo sơ đồ hàm truyền ta có:

$$u = Q^* (r - \varepsilon) \tag{1.1}$$

$$= Q^* [r - (y - \hat{y})] = Q^* r - Q^* [p.u - \hat{p} u]$$

$$\Rightarrow u = Q^* r - Q^* [p - \hat{p}] u.$$

$$\Rightarrow [I + Q^* (p - \hat{p})]^* u = Q^* r$$

$$\Rightarrow u = [I + Q^* (p - \hat{p})]^{-1} Q^* r \tag{1.2}$$

Thông số ngõ ra:

$$y = p^* u \quad (1.3)$$

Thay (1.2) vào (1.3) :

$$y = p[I + Q(p - \hat{p})]^{-1} Q^* r \quad (1.4)$$

Chọn $Q = \hat{p}^{-1}$.

$$\Rightarrow y = p[I + \hat{p}^{-1} p - \hat{p}^{-1} \hat{p}]^{-1} \hat{Q}^{-1} . r$$

$$\Rightarrow y = p[I + \hat{p}^{-1} p - I]^{-1} \hat{Q}^{-1} . r$$

$$\Rightarrow y = p[\hat{p}^{-1} p]^{-1} \hat{p}^{-1} . r$$

$$\Rightarrow y = p \cdot p^{-1} \hat{p} \cdot \hat{p}^{-1} . r$$

$$\Rightarrow y = r \text{ (giá trị mong muốn)} \quad (1.5)$$

Nhận xét: Nếu vì lý do nào đó $p \neq \hat{p}$ hay tồn tại nhiều để $\hat{y} \neq y$ thì giá trị ra y vẫn đạt được giá trị mong muốn (giá trị đặt).

Tuy nhiên khi tìm ma trận $Q = \hat{p}^{-1}$ ta thường gặp hai vấn đề sau:

- * Xuất hiện thừa số $(s - \alpha)$ ($\alpha > 0$) ở mẫu số làm cho hệ thống làm việc mất ổn định.
- * Bậc tử lớn hơn bậc mẫu nên hệ không có tính khả thi.

Để khắc phục vấn đề trên ta chọn ma trận Q :

$$Q = \hat{p}^{-1} \frac{k(s - a)}{(s + \lambda)^n} \quad (1.6)$$

Trong đó :

- * Giá trị n được chọn sau cho ma trận Q có bậc tử bằng với bậc mẫu.
- * $K, \lambda > 0$ là hai hằng số thực.

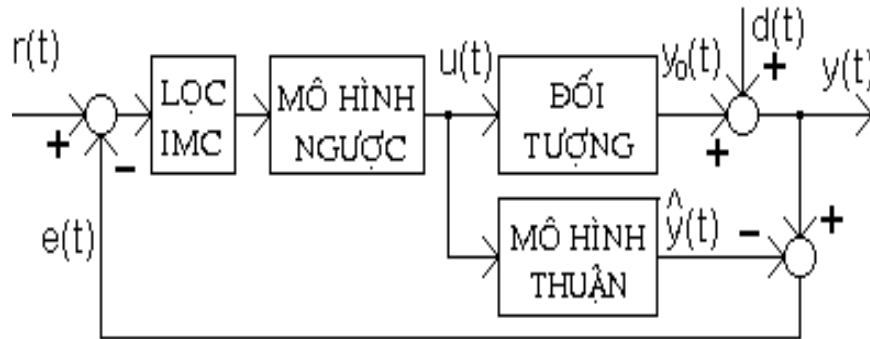
Thế (1.6) vào (1.4):

$$\Rightarrow y = P * u = P \left[I - \hat{P}^{-1} \frac{k(s-a)}{(s+\lambda)^n} (P - \hat{P}) \right]^{-1} \hat{P}^{-1} \frac{k(s-a)}{(s+\lambda)^n} r$$

$$\Rightarrow y = P \left[\left(1 - \frac{k(s-a)}{(s+\lambda)^n} \right) I - \hat{P}^{-1} P \frac{k(s-a)}{(s+\lambda)^n} \right]^{-1} \hat{P}^{-1} \frac{k(s-a)}{(s+\lambda)^n} r$$

k và λ được chọn sao cho sai số xác lập là nhỏ nhất.

Nhận xét: Tín hiệu đầu vào của bộ điều khiển Q là tín hiệu đặt thường có giá trị lớn, mặt khác khi có nhiều hay thông số của đối tượng thay đổi $p \neq \hat{p}$ thì sai số ε lớn làm tín hiệu đưa vào bộ điều khiển thay đổi đột ngột nên hệ dễ mất ổn định trong quá trình quá độ. Để khắc phục vấn đề này Zafiriou và Moran đưa ra thủ tục thiết kế 2 bước (two-step design procedure) và cấu trúc IMC khi có sai số như sau:

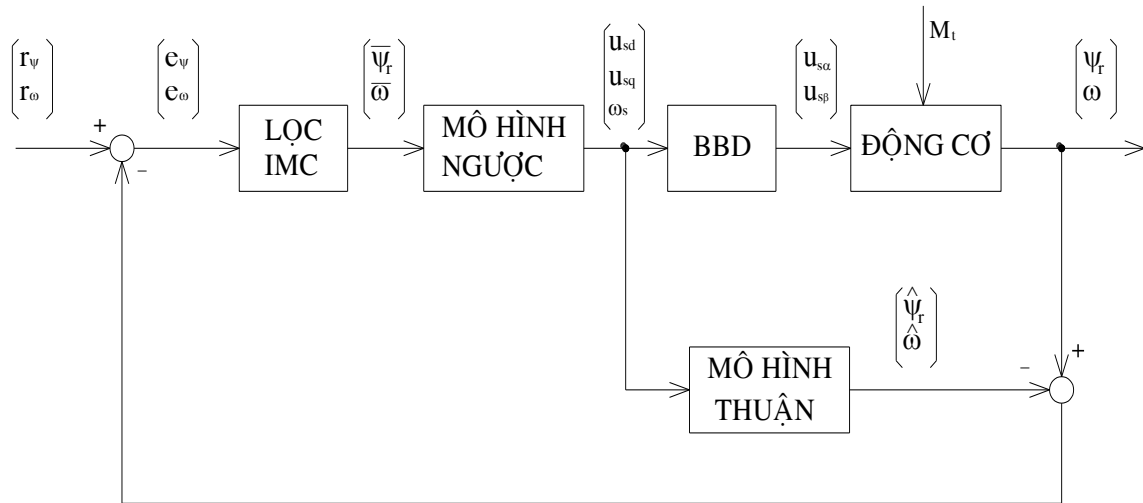


Hình 1.2: Cấu trúc IMC khi mô hình có sai số.

Bước 1: Thiết kế bộ điều khiển danh định Q cho trường hợp mô hình hoàn toàn chính xác ($p = \hat{p}$; $d=0$).

Bước 2: Thiết kế bộ lọc IMC dựa vào đặc tính vòng kín mong muốn và sai số của mô hình $p \neq \hat{p}$.

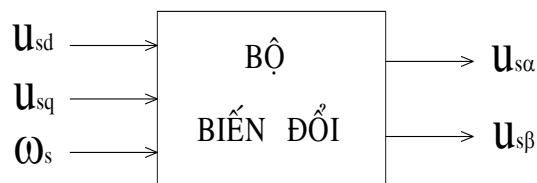
1.3 Cấu trúc IMC đối với động cơ không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc (Hình 1.3).



Hình 1.3: Hệ thống điều khiển động cơ không đồng bộ dùng mô hình nội.

Trong đó:

- * Tín hiệu điều khiển là tốc độ và thông.
- * Khối đối tượng cần điều khiển gồm động cơ và bộ biến đổi.
- * Động cơ không đồng bộ 3 pha bằng hệ phương trình toán học trong hệ tọa độ từ thông stator, được qui đổi về hai pha.
- * Bộ biến đổi: biến đổi điện áp từ u_{sd}, u_{sq} là ω_s - là tín hiệu ngõ ra của mô hình ngược cũng chính là giá trị điện áp mong muốn đặt vào động cơ nhưng ở hệ tọa độ từ thông rotor - sang điện áp hai pha $u_{s\alpha}, u_{s\beta}$ để đưa vào động cơ.



Hình 1.4 Bộ biến đổi.

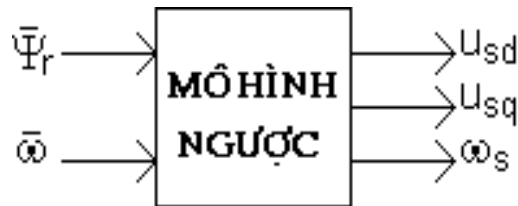
* Khối mô hình thuận: được mô phỏng bằng hệ phương trình toán học trong hệ tọa độ từ thông rotor. Tín hiệu vào $[u_{sd}, u_{sq}, \omega_s]$ và tín hiệu ra $[\hat{\Psi}_r, \hat{\omega}]^T$ - từ thông rotor và tốc độ động cơ. Trong tập luận văn này khối mô hình thuận được mô phỏng bởi:



Hình 1.5: Mô hình thuận.

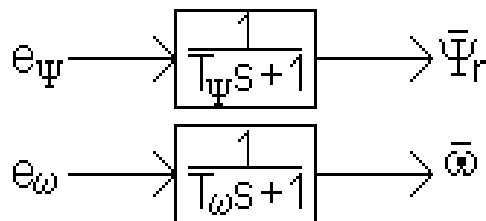
- Hệ phương trình đúng - là một hệ phi tuyến.
- Hệ phương trình đơn giản - hệ phương trình được đơn giản hóa (mô hình gần đúng tuyến tính) - để làm giảm đi tính phi tuyến của hệ phương trình toán mô tả động cơ.

* Mô hình ngược: được xây dựng trên hệ tọa độ từ thông rotor, tín hiệu vào Ψ_{r-ref} và ω_{ref} sau khi qua bộ lọc nó phản ánh đúng sự nghịch đảo của mô hình thuận nên cũng được mô tả:



Hình 1.6: Mô hình ngược.

- Hệ phương trình đúng - phi tuyến.
 - Hệ phương trình đơn giản hóa – tuyến tính gần đúng.
- * Bộ lọc IMC là bộ lọc thông thấp.



Hình 1.7: Bộ lọc IMC

* Ở chương sau ta lần lượt xây dựng phương trình toán học và minh họa bằng chương trình Matlab với công cụ simulink.