

THUẬT TOÁN LỰA CHỌN HỆ PHƯƠNG TRÌNH TRONG MÔ PHỎNG MÔ HÌNH BA PHA CỦA HỆ THYRISTOR - ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ THE ALGORITHM OF SELECTING EQUATIONS IN SIMULATING THREE PHASES OF THYRISTOR- ASYNCHRONOUS MOTOR

TS. LƯU KIM THÀNH

Khoa Điện - Điện tử tàu biển, Trường ĐHHH

Tóm tắt:

Bài báo đề cập đến một số vấn đề liên quan tới việc đưa ra thuật toán lựa chọn hệ phương trình trong quá trình mô phỏng hệ truyền động Thyristor – Động cơ không đồng bộ với mô hình 3 pha.

Abstract:

This paper presents some problems relating to the algorithm of selecting the equations in simulating 3 phases of thyristor-asynchronous motor.

1. Đặt vấn đề

Mô hình 3 pha của động cơ không đồng bộ vốn dĩ đã mang theo mình nhiều sự rắc rối khi sử dụng nó trong nghiên cứu [1]. Khi gắn vào nó một bộ biến đổi điện áp thyristor thì việc nghiên cứu mô hình của hệ còn khó khăn, phức tạp hơn nhiều [2]. Vì vậy trong nhiều công trình nghiên cứu thường phải né tránh việc sử dụng mô hình 3 pha, thay cho chúng là mô hình trong hệ tọa độ Đề các. Tuy nhiên trong một số trường hợp cụ thể [3] buộc phải sử dụng mô hình 3 pha. Khi đó số hệ phương trình và số phương trình trong mỗi hệ đều tăng. Khó khăn không phải ở chỗ giải hệ nhiều phương trình vi phân, mà là sử dụng hệ nào trong các trường hợp cụ thể - Được xác định bởi các thời điểm tức thời của nguồn cấp, góc mở thyristor và trạng thái dẫn của nó. Vấn đề cần được giải quyết ở đây là làm sao để lựa chọn đúng hệ phương trình nào cần thiết để đảm bảo kết quả mô phỏng chính xác trong từng tình huống cụ thể.

Phương pháp giải quyết vấn đề đặt ra là đưa ra biến trạng thái (hay hàm chức năng), mà nhờ đó cho phép chúng ta xây dựng được lưu đồ thuật toán lựa chọn hệ phương trình trong mô hình 3 pha của hệ thyristor – động cơ không đồng bộ (T – ĐCKĐB).

2. Nội dung

Như các thiết bị điện xoay chiều khác, động cơ không đồng bộ xoay chiều ba pha (ĐCKĐB) được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp bởi tính ưu việt của nó (Tin cậy trong quá trình làm việc; Tính bền vững dưới tác động của yếu tố ngoại cảnh; Dễ bảo quản bảo dưỡng; Giá thành thấp; Dễ dàng tự động hoá; Đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật khi có sự trợ giúp của công nghệ điện tử và tin học...)[1]. Việc nghiên cứu các hệ thống truyền động điện sử dụng động cơ không đồng bộ ba pha là vấn đề được chúng ta đặc biệt quan tâm. Nhờ phương pháp mô hình hoá mà việc nghiên cứu các hệ thống truyền động điện trở nên thuận tiện và kinh tế hơn [2]. Tuy nhiên để đơn giản hoá truyền động điện nói chung, ĐCKĐB nói riêng chúng ta luôn phải chấp nhận một số giả thiết cụ thể.

Mô hình 3 pha (theo 3 trục của cuộn dây stator) thể hiện tính đúng đắn, phản ánh đích thực hơn về cấu trúc ĐCKĐB 3 pha. Do vậy trong mô hình 3 pha các tham số luôn thay đổi ở chế độ động - Điều này gây trở ngại lớn khi sử dụng mô hình 3 pha. Có thể nói đây là nhược điểm của mô hình 3 pha.

Để khắc phục nhược điểm nói trên của mô hình 3 pha, trong nhiều trường hợp cụ thể chúng ta có thể chuyển mô hình đó về mô hình đơn giản hơn – Mô hình theo tọa độ vuông góc hoặc đơn cực [1], [4]. Việc sử dụng mô hình đơn giản không phải lúc nào cũng mang lại kết quả. Việc nghiên cứu hệ thống truyền động điện dị bộ có sử dụng bộ biến đổi điện áp thyristor là một trong những trường hợp như vậy.

Mô hình hoá hệ thống truyền động điện dị bộ có sử dụng bộ biến đổi điện áp thyristor (T – ĐCKĐB) sẽ đơn giản hơn khi chúng ta coi thyristor như một khoá lý tưởng, có nghĩa là bỏ qua điện trở và điện cảm của nó ở trạng thái dẫn điện. Khi này sơ đồ mạch điện của hệ thống T – ĐCKĐB có thể mô tả như hình 1

Trong quá trình điều khiển các thyristor, có thể xuất hiện 5 trường hợp sau:

1. Có thể dẫn điện trong cả 3 pha (các khoá K_A , K_B , K_C ở trạng thái đóng);

2. Có thể dẫn điện trong 2 pha A và B (các khoá K_A, K_B ở trạng thái đóng);
3. Có thể dẫn điện trong 2 pha B và C (các khoá K_B, K_C ở trạng thái đóng);
4. Có thể dẫn điện trong 2 pha A và B (các khoá K_A, K_C ở trạng thái đóng);
5. Không có dòng điện trong cả 3 pha (các khoá K_A, K_B, K_C ở trạng thái mở);

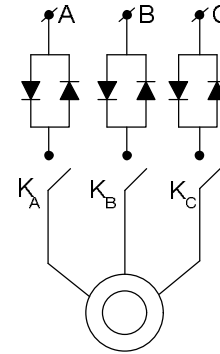
Tương ứng với 5 trường hợp ấy chúng ta sẽ nhận được 5 hệ phương trình vi phân mô hình hoá hệ thống. Số phương trình trong mỗi hệ phụ thuộc vào sự hiện diện của các dòng pha của stator động cơ.

Nếu chúng ta quy ước:

A, B, C - Chỉ số ký hiệu ứng với 3 pha stator của động cơ;

a, b, c - Chỉ số ký hiệu ứng với 3 pha rotor của động cơ;

ψ - Từ thông; U - Điện áp dây; H- Tham số phản ánh sự thay đổi các thông số của động cơ; M, M_C - Mômen điện từ và mômen cản của động cơ; ω - Tốc độ góc của rotor; J - Mômen quán tính; thì hệ thống T – ĐCKĐB được mô tả bởi 5 hệ phương trình dưới đây tương ứng với 5 trường hợp nêu trên [3]:
+ Hệ phương trình khi có dòng điện trong cả 3 pha



Hình 1. Sơ đồ mô tả hệ thống T- ĐCKĐB

$$d\psi_{AB}/dt = U_{AB} - H_{S1}(2\psi_{AB} - \psi_{BC} - \psi_{CA}) + H_{S2}(2\psi_{ab} - \psi_{bc} - \psi_{ca})$$

$$d\psi_{BC}/dt = U_{BC} - H_{S1}(-\psi_{AB} + 2\psi_{BC} - \psi_{CA}) + H_{S2}(-\psi_{ab} + 2\psi_{bc} - \psi_{ca})$$

$$d\psi_{CA}/dt = U_{CA} - H_{S1}(-\psi_{AB} - \psi_{BC} + 2\psi_{CA}) + H_{S2}(-\psi_{ab} - \psi_{bc} + 2\psi_{ca})$$

(1)

$$d\psi_{ab}/dt = H_{S3}(2\psi_{AB} - \psi_{BC} - \psi_{CA}) - H_{S4}(2\psi_{ab} - \psi_{bc} - \psi_{ca}) + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ca} - \psi_{bc})$$

$$d\psi_{bc}/dt = H_{S3}(-\psi_{AB} + 2\psi_{BC} - \psi_{CA}) - H_{S4}(-\psi_{ab} + 2\psi_{bc} - \psi_{ca}) + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ab} - \psi_{ca})$$

$$d\psi_{ca}/dt = H_{S3}(-\psi_{AB} - \psi_{BC} + 2\psi_{CA}) - H_{S4}(-\psi_{ab} - \psi_{bc} + 2\psi_{ca}) + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{bc} - \psi_{ab})$$

$$d\omega_d/dt = (M - M_C)/J$$

Trong đó:

$$M = (\psi_{AB} \psi_{ca} + \psi_{BC} \psi_{ab} + \psi_{CA} \psi_{bc} - \psi_{AB} \psi_{bc} - \psi_{BC} \psi_{ca} - \psi_{CA} \psi_{ab}) \cdot 2X_{mt}/(3/\sqrt{3}) + \text{Hệ phương trình khi có sự dẫn điện trong 2 pha A và B}$$

$$d\psi_{BC}/dt = U_{BC} - 3H_{S1} \cdot \psi_{BC} + 3H_{S2} \cdot \psi_{bc}$$

$$d\psi_{ab}/dt = \frac{3H_{S3}}{2} \left[\frac{H_{S2}}{H_{S1}} (\psi_{ab} - \psi_{ca}) - \psi_{BC} \right] - 3H_{S4} \cdot \psi_{ab} + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ca} - \psi_{bc})$$

$$d\psi_{bc}/dt = 3H_{S3} \cdot \psi_{BC} - 3H_{S4} \cdot \psi_{bc} + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ab} - \psi_{ca})$$

(2)

$$d\psi_{ca}/dt = \frac{3H_{S3}}{2} \left[\frac{H_{S2}}{H_{S1}} (\psi_{ca} - \psi_{ab}) - \psi_{BC} \right] - 3H_{S4} \cdot \psi_{ca} + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{bc} - \psi_{ab})$$

$$d\omega_d/dt = \left[\frac{X_{mt}}{\sqrt{3}} (\psi_{bc} - \psi_{ca}) \cdot \left(\psi_{BC} - \frac{H_{S2}}{H_{S1}} \psi_{bc} \right) - M_C \right] / J$$

+ Hệ phương trình khi có sự dẫn điện trong 2 pha B và C

$$d\psi_{CA}/dt = U_{CA} - 3H_{S1} \cdot \psi_{CA} + 3H_{S2} \cdot \psi_{ca}$$

$$d\psi_{ab}/dt = \frac{3H_{S3}}{2} \left[\frac{H_{S2}}{H_{S1}} (\psi_{ab} - \psi_{bc}) - \psi_{CA} \right] - 3H_{S4} \cdot \psi_{ab} + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ca} - \psi_{bc})$$

$$d\psi_{bc}'/dt = \frac{3.H_{S3}}{2} \left[\frac{H_{S2}}{H_{S1}} (\psi_{bc}' - \psi_{ab}') - \psi_{CA} \right] - 3H_{S4} \cdot \psi_{bc}' + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ab}' - \psi_{ca}') \quad (3)$$

$$d\psi_{ca}'/dt = 3H_{S3} \cdot \psi_{CA} - 3H_{S4} \cdot \psi_{ca}' + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{bc}' - \psi_{ab}')$$

$$d\omega_d'/dt = \left[\frac{X_{mt}}{\sqrt{3}} (\psi_{bc}' - \psi_{ab}') \left(\psi_{CA} - \frac{H_{S2}}{H_{S1}} \psi_{ca}' \right) - M_C \right] / J$$

+ Hệ phương trình khi có sự dẫn điện giữa 2 pha A và C

$$d\psi_{AB}'/dt = U_{AB} - 3H_{S1} \cdot \psi_{AB}' + 3.H_{S2} \cdot \psi_{ab}'$$

$$d\psi_{ab}'/dt = 3H_{S3} \cdot \psi_{AB}' - 3H_{S4} \cdot \psi_{ab}' + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ca}' - \psi_{bc}')$$

$$d\psi_{bc}'/dt = \frac{3.H_{S3}}{2} \left[\frac{H_{S2}}{H_{S1}} (\psi_{ab}' - \psi_{ca}') - \psi_{AB} \right] - 3H_{S4} \cdot \psi_{bc}' + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ab}' - \psi_{ca}') \quad (4)$$

$$d\psi_{ca}'/dt = \frac{3.H_{S3}}{2} \left[\frac{H_{S2}}{H_{S1}} (\psi_{ca}' - \psi_{bc}') - \psi_{AB} \right] - 3H_{S4} \cdot \psi_{ca}' + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{bc}' - \psi_{ab}')$$

$$d\omega_d'/dt = \left[\frac{X_{mt}}{\sqrt{3}} (\psi_{ca}' - \psi_{bc}') \left(\psi_{AB} - \frac{H_{S2}}{H_{S1}} \psi_{ab}' \right) - M_C \right] / J$$

+ Hệ phương trình khi không có dòng điện trong cả 3 pha

$$d\psi_{ab}'/dt = \frac{3}{H_{S1}} [H_{S2} \cdot H_{S3} - H_{S1} \cdot H_{S4}] \psi_{ab}' + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ca}' - \psi_{bc}')$$

$$d\psi_{bc}'/dt = \frac{3}{H_{S1}} [H_{S2} \cdot H_{S3} - H_{S1} \cdot H_{S4}] \psi_{bc}' + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{ab}' - \psi_{ca}') \quad (5)$$

$$d\psi_{ca}'/dt = \frac{3}{H_{S1}} [H_{S2} \cdot H_{S3} - H_{S1} \cdot H_{S4}] \psi_{ca}' + H_{S5} \cdot \omega_d (\psi_{bc}' - \psi_{ab}')$$

$$d\omega_d'/dt = -M_C/J$$

Như vậy vấn đề đặt ra cho chúng ta là ở chỗ: Nếu như một hệ phương trình nào đó đang được sử dụng ở bước tính thứ n, thì khi chuyển sang bước tính n + 1 hệ phương trình đó còn được sử dụng tiếp hay phải lựa chọn hệ phương trình khác trong số 4 hệ còn lại? Điều này đặc biệt có ý nghĩa khi đưa thêm vào mô hình hệ thống T – ĐCKĐB điều kiện tự khoá của thyristor ($i_T < I_{DUY\ TR\grave{I}}$) hay dòng giữ thyristor ở trạng thái dẫn i_G).

Để giải quyết vấn đề nêu trên nhất thiết phải xây dựng thuật toán lựa chọn hệ phương trình một cách chuẩn xác. Trình tự thuật toán đó phải được tiến hành qua 3 bước :

- + Thứ nhất là bước dự đoán;
- + Thứ hai là lựa chọn, giải hệ phương trình vi phân là tính toán số liệu;
- + Cuối cùng là bước kiểm nghiệm kết quả nhận được;

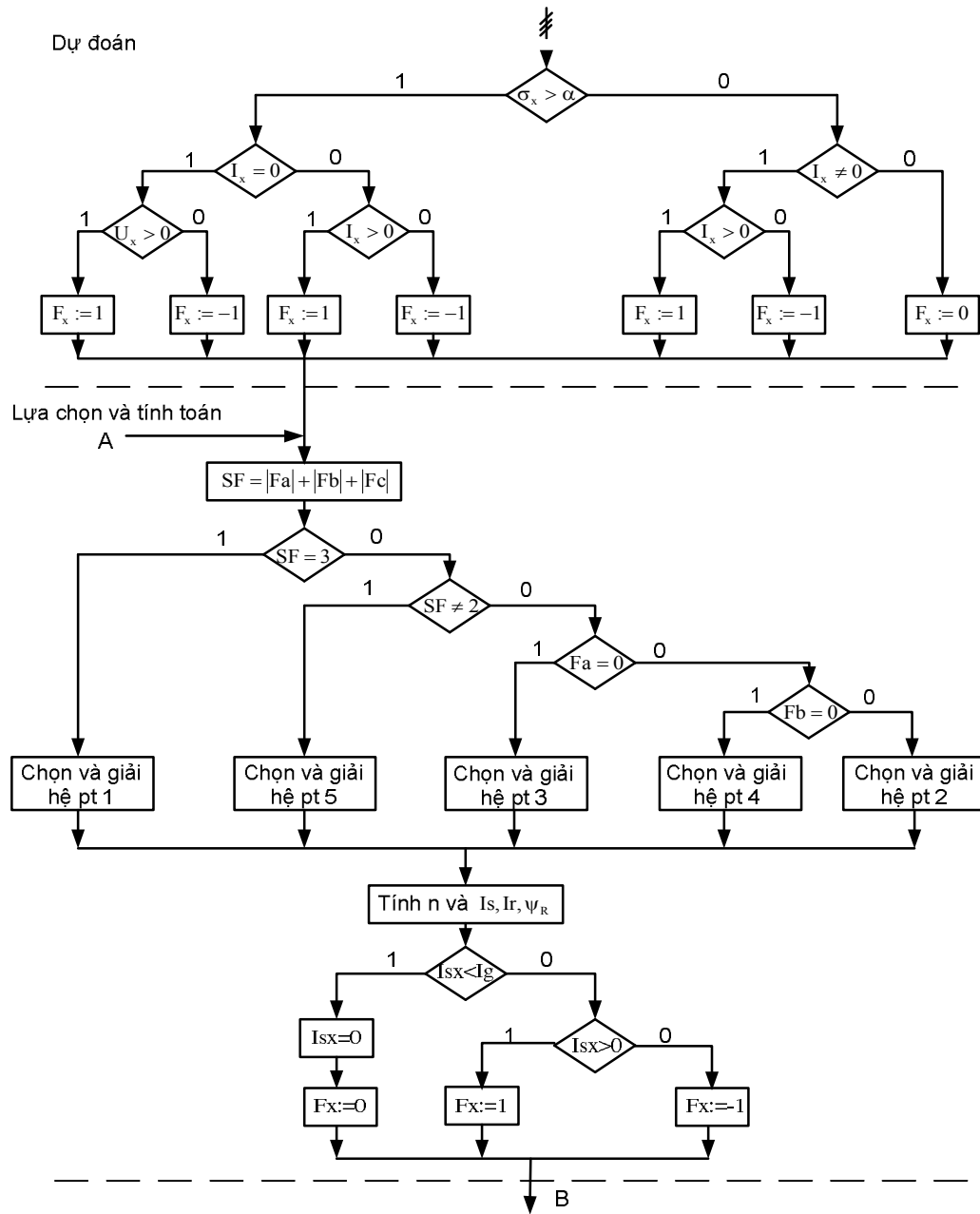
1/ *Bước dự đoán* : Nhiệm vụ của bước này là xác định sơ bộ trạng thái đóng mở của các thyristor 3 pha dựa theo:

+ Thời điểm ωt (Radian) của điện áp so với góc điều khiển α . Để đơn giản chúng ta chỉ xét nửa chu kỳ của điện áp pha bằng thông số $\sigma_x = \text{mod}[(\omega t + \varphi_x) / \pi]$ (ở đây φ_x - góc lệch pha ban đầu; x – Ký hiệu hình thức của các pha A, B, C).

+ Thyristor đang ở trạng thái nào (dựa theo giá trị dòng điện pha của bước tính trước)

Để phản ánh trạng thái của các thyristor chúng ta đưa ra các biến trạng thái hay các hàm chuyển mạch F_x . Nó sẽ nhận giá trị 0 khi dòng pha tại bước tính thứ n là $I_{x(n)} = 0$ (hoặc $I_{x(n)} < I_G$); $F_x = 1$ khi dòng pha $I_{x(n)} > 0$ (Thyristor trong nhóm anot chung ở trạng thái dẫn); $F_x = -1$ khi dòng pha $I_{x(n)} < 0$ (Thyristor trong nhóm katốt chung ở trạng thái dẫn).

Trên cơ sở phân tích các đặc tính chuẩn của hệ T – ĐCKĐB ở chế độ xác lập, trong [3] đã xây dựng biểu thức logic xác định sơ bộ hàm chuyển mạch F_x như sau:



$$F_{x(n+1)} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{Khi } (\sigma_x < \alpha) \& (I_{x(n)} = 0) \\ 1.\text{Sign}U_{x(n)} & \text{Khi } (\sigma_x \geq \alpha) \\ 1.\text{Sign}I_{x(n)} & \text{Khi } (\sigma_x < \alpha) \& (I_{x(n)} = 0) \end{array} \right\} \quad (6)$$

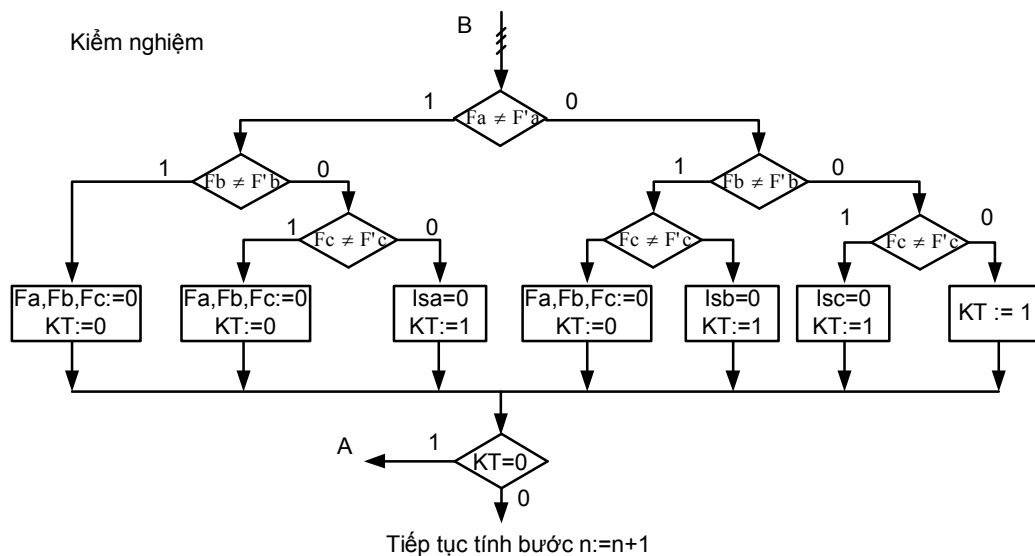
hoặc:

$$F_{x(n+1)} = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & \text{Khi } (\sigma_x < \alpha) \& (I_{x(n)} = 0) \\ 1.\text{Sign}U_{x(n)} & \text{Khi } (\sigma_x \geq \alpha) \& (I_{x(n)} = 0) \\ 1.\text{Sign}I_{x(n)} & \text{Khi } (I_{x(n)} \neq 0) \end{array} \right\} \quad (7)$$

Như vậy kết thúc bước thứ nhất nhận được kết quả dự đoán giá trị hàm chuyển mạch sơ bộ $F_{x(n)}$ của 3 pha, nhờ đó có thể tiến hành bước thứ hai.

2/ *Bước lựa chọn và tính toán* : Dựa theo kết quả của bước một chúng ta tiến hành lựa chọn hệ phương trình thông qua tổng SF của 3 giá trị tuyệt đối hàm chuyển mạch $F_{x(n)}$. Giải hệ phương trình vừa được đề xuất lựa chọn cho ta các giá trị từ thông stator. Tiếp theo sẽ tính được các thông số khác như từ thông rotor, dòng pha stator và rotor tại thời điểm $n+1$. Tuy nhiên đây mới chỉ là kết quả tính được theo dự đoán, chúng ta cần kiểm tra lại tính đúng đắn của sự lựa chọn trên. Muốn vậy ta phải đưa ra các hàm chuyển mạch khác $F'_{x(n+1)}$, giá trị của chúng cũng được xác định theo dòng điện pha (như đã nói trên – Theo công thức 7), nhưng ở thời điểm $n+1$. Cần chú ý rằng việc xác định các giá trị $F'_{x(n+1)}$ được tiến hành sau khi đã kiểm tra điều kiện tự động khóa của thyristor.

3/ *Bước kiểm nghiệm* sẽ quyết định việc cho phép tiếp tục tính toán ở thời điểm thứ $n+2$, hay phải thực hiện lại việc lựa chọn và giải hệ phương trình ở thời điểm $n+1$



Hình 2. Lưu đồ thuật toán lựa chọn hệ phương trình vi phân khi sử dụng mô hình 3 pha của hệ thống T - ĐCKĐB

Tại đây sẽ so sánh các cặp hàm chức năng $F_{x(n+1)}$ & $F'_{x(n+1)}$ cùng pha theo nguyên tắc:

+ Nếu tồn tại 3 hoặc 2 cặp có cùng giá trị, thì sẽ gán giá trị của $F'_{x(n+1)}$ cho $F_{x(n+1)}$ để làm cơ sở cho việc lựa chọn hệ phương trình của bước tiếp theo ($n+2$);

+ Nếu chỉ có 1 cặp, hoặc không có cặp nào cùng giá trị (tức là có từ 2 cặp trở lên sai khác nhau), thì buộc chúng ta phải lựa chọn lại hệ phương trình cho bước $n+1$. Trong trường hợp này sẽ gán giá trị 0 cho hàm chức năng sơ bộ của cặp có sự sai khác ($F_{x(n+1)} = 0$).

Việc đưa ra biến KT (Boole) được gán một trong 2 giá trị “0” hoặc “1” để quyết định việc thực hiện tính toán tiếp theo hay phải tính lại.

Hình 2 giới thiệu Lưu đồ thuật toán lựa chọn hệ phương trình vi phân khi sử dụng mô hình 3 pha của hệ thống T – ĐCKĐB (lưu đồ này sẽ được gắn kết vào lưu đồ tổng thể của mô hình hệ thống).

3. Kết luận

Việc đưa ra các hàm chức năng dự đoán F_n , kiểm nghiệm F'_n (cùng được xác định theo biểu thức 7) và biến KT giúp chúng ta xây dựng được lưu đồ thuật toán lựa chọn 1 trong 5 hệ phương trình trong mô hình 3 pha của hệ thống truyền động điện T- ĐCKĐB để nghiên cứu nó

nhiều trường hợp cụ thể, như:

- + Các quá trình quá độ của hệ thống khi điều khiển thyristor bằng phương pháp đồng bộ theo điện áp, cũng như đồng bộ theo dòng;
- + Ảnh hưởng của nguồn điện 3 pha không đối xứng đến hệ thống khi điều khiển theo một trong hai phương pháp trên;
- + Đưa ra các giải pháp để tự động điều chỉnh đối xứng dòng pha khi cấp từ nguồn không đối xứng;
- + Tác dụng của phản hồi âm tốc độ đến các đặc tính tĩnh và động của hệ thống;
- + Xây dựng cấu hình bộ điều khiển hệ thống khi không sử dụng máy phát tốc;
- + Khi đấu thêm R, X làm mất đối xứng các cuộn dây stator hoặc rotor của hệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] L.P. Pêtrôv; O.A. Anđriuxencô; V.I. Kapinox; R.G. Pôđzolôv; P.E. Khepyntsev. *Các bộ biến đổi điện áp thyristor*. Nhà xuất bản Enhergoatomidđat, 1986 (Tiếng Nga)
- [2]. L.P. Pêtrôv; P.E. Khepyntsev. *Mô hình tự động truyền động điện trên máy tính số*. Nhà xuất bản Kiev, 1991 (Tiếng Nga)
- [3]. Lưu Kim Thành. *Truyền động điện T – ĐCKDB với việc tự động đối xứng dòng điện stator khi cấp từ nguồn không đối xứng*. Luận văn TS – Odessa 1995 (Tiếng Nga).
- [4] Nguyễn Phùng Quang. *Matlab & Simulink*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật 2004.

Người phản biện: TS. Trần Sinh Biên