

# ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN MỜ ĐỂ NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG HỆ THỐNG BÙ COSPHI CHO TẢI BA PHA KHÔNG ĐỐI XỨNG

Hà Quốc Tuấn

Trường Đại học sư phạm kỹ thuật Vinh

**Tóm tắt:** Hiện nay việc ứng dụng nguồn điện ba pha vào sản xuất cũng như đời sống ngày càng phát triển dẫn đến việc đảm bảo chất lượng ổn định nguồn điện là vấn đề cần thiết. Tuy nhiên, trong quá trình truyền tải điện thường gặp phải các vấn đề nghiêm trọng như là công suất phản kháng không ổn định, tăng tổn hao trên các phụ tải, giảm hệ số công suất, giảm chất lượng điện năng. Nội dung chính của bài báo là ứng dụng điều khiển mờ để nâng cao chất lượng công suất cho tải ba pha không đối xứng.

Giáo trình ngôn ngữ Verilog HDL

**Từ khóa:** Công suất phản kháng; điều khiển mờ; tải ba pha; bù công suất cosphi.

## APPLICATION OF FUZZY CONTROL METHOD TO IMPROVE THE QUALITY OF THE COSPHI COMPENSATION SYSTEM FOR UNSYMMETRICAL THREE-PHASE LOADS

Ha Quoc Tuan

Vinh University of Technology Education

**Abstract:** Currently, the application of three-phase power sources in production as well as daily life is increasingly developing, leading to ensuring the stable quality of power sources is a necessary issue. However, in the process of power transmission, there are often serious problems such as unstable reactive power, increased losses on loads, reduced power factor, and reduced power quality. The main content of this article is the application of fuzzy control to improve power quality for unbalanced three-phase loads.

**Keywords:** Reactive power; fuzzy control; three-phase load; cosphi power compensation.

Nhận bài: 01/02/2025

Phản biện: 15/02/2025

Duyệt đăng: 20/02/2025

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khái niệm về Logic mờ được giáo sư L.A Zadeh đưa ra lần đầu tiên năm 1965, tại trường Đại học Berkeley, bang California – Mỹ. Từ đó lý thuyết mờ được phát triển và ứng dụng rộng rãi.

Năm 1970 tại trường Mary Queen, London – Anh, Ebrahim Mamdani đã dùng logic mờ để điều khiển một máy hơi nước mà ông không thể điều khiển được bằng kỹ thuật cổ điển. Tại Đức Hann Zimmermann đã dùng logic mờ cho các hệ ra quyết định. Tại Nhật logic mờ được ứng dụng vào nhà máy xử lý nước của Fuji Electronic vào 1983, hệ thống xe điện ngầm của Hitachi năm 1987.

Ngày nay các hệ thống điện, trong đó nổi bật là điện ba pha đóng một vai trò quan trọng trong việc phát triển kinh tế xã hội của mỗi quốc gia. Tuy nhiên, trong quá trình truyền tải điện thường gặp phải các vấn đề nghiêm trọng như là công suất phản kháng không ổn định, tăng tổn hao trên các phụ tải, giảm hệ số công suất, giảm chất lượng điện năng. Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật điện tử, công nghiệp chế tạo các linh kiện công suất lớn và kỹ thuật đo lường điều khiển trong hệ thống điện, các thiết bị bù dọc và bù ngang có điều khiển bằng thyristor hay triac (SVC: Static Var Compensator) đã được ứng dụng

và mang lại hiệu quả cao trong việc nâng cao ổn định chất lượng điện áp, giảm tổn thất điện năng qua đó giảm chi phí sản xuất.

### II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

#### 2.1. Bộ điều khiển mờ

##### 2.1.1. Bộ điều khiển mờ cơ bản

Là bộ điều khiển mờ có quan hệ vào - ra  $y(x)$  liên hệ nhau theo một phương trình đại số (phi tuyến). Các bộ điều khiển mờ tĩnh điển hình là bộ khuếch đại P, bộ điều khiển Relay hai vị trí, ba vị trí...

Một trong các dạng hay dùng của bộ điều khiển mờ tĩnh là bộ điều khiển mờ tuyến tính từng đoạn, nó cho phép ta thay đổi mức độ điều khiển trong các phạm vi khác nhau của quá trình, do đó nâng cao được chất lượng điều khiển.

Bộ điều khiển mờ tĩnh có ưu điểm là đơn giản, dễ thiết kế, song nó có nhược điểm là chất lượng điều khiển không cao vì chưa đề cập đến các trạng thái động (vận tốc, gia tốc...) của quá trình, do đó nó chỉ được sử dụng trong các trường hợp đơn giản.

##### 2.1.2. Bộ điều khiển mờ động

Là bộ điều khiển mờ mà đầu vào có xét tới các trạng thái động của đối tượng. Ví dụ với hệ điều khiển theo sai lệch thì đầu vào của bộ điều khiển

mờ ngoài tín hiệu sai lệch  $e$  theo thời gian còn có các đạo hàm của sai lệch giúp cho bộ điều khiển phản ứng kịp thời với các biến động đột xuất của đối tượng.

Các bộ điều khiển mờ động hay được dùng hiện nay là bộ điều khiển mờ theo luật tỉ lệ tích phân, tỉ lệ vi phân và tỉ lệ vi tích phân (PI: Proportional and Integral Controller, PD: Proportional and Derivative, PID: Proportional Integral and Derivative).

Một bộ điều khiển mờ theo luật I có thể thiết kế từ một bộ mờ theo luật P (bộ điều khiển mờ tuyến tính) bằng cách mắc nối tiếp một khâu tích phân kinh điển vào trước hoặc sau khối mờ đó. Do tính phi tuyến của hệ mờ, nên việc mắc khâu tích phân trước hay sau hệ mờ hoàn toàn khác nhau.

Khi mắc nối tiếp ở đầu vào của một bộ điều khiển mờ theo luật tỉ lệ một khâu vi phân sẽ được một bộ điều khiển mờ theo luật tỉ lệ vi phân PD.

Thành phần của bộ điều khiển này cũng giống như bộ điều khiển theo luật PD thông thường bao gồm sai lệch giữa tín hiệu chủ đạo và tín hiệu ra của hệ thống  $e$  và đạo hàm của sai lệch  $e'$ . Thành phần vi phân giúp cho hệ thống phản ứng chính xác hơn với những biến đổi lớn của sai lệch theo thời gian. Phát triển tiếp từ ví dụ về bộ điều khiển mờ theo luật P thành bộ điều khiển mờ theo luật PD hoàn toàn đơn giản.

Trong kĩ thuật điều khiển kinh điển, bộ điều khiển PID được biết đến như là một giải pháp đa năng và có miền ứng dụng rộng lớn. Định nghĩa về bộ điều khiển theo luật PID kinh điển trước đây vẫn có thể sử dụng cho một bộ điều khiển mờ theo luật PID được thiết kế theo hai thuật toán:

- Thuật toán chỉnh định PID.
- Thuật toán PID tốc độ.

Bộ điều khiển mờ được thiết kế theo thuật toán chỉnh định PID có ba đầu vào gồm sai lệch  $e$  giữa tín hiệu chủ đạo và tín hiệu ra, đạo hàm và tích phân của sai lệch. Đầu ra của bộ điều khiển mờ chính là tín hiệu điều khiển  $u(t)$ .

$$u(t) = K \left[ e + \frac{1}{T_I} \int_0^t e dt + T_D \frac{d}{dt} e \right]$$

Với thuật toán PID tốc độ, bộ điều khiển PID có 3 đầu vào: sai lệch  $e$  giữa tín hiệu đầu vào và tín hiệu chủ đạo, đạo hàm bậc nhất  $e'$ , và đạo hàm bậc hai  $e''$  của sai lệch. Đầu ra của hệ mờ là đạo hàm  $du/dt$  của tín hiệu điều khiển  $u(t)$ .

$$\frac{du}{dt} = K \left[ \frac{d}{dt} e + \frac{1}{T_I} e + \frac{d^2}{(dt)^2} e \right]$$

Do trong thực tế thường có một trong hai thành

phần được bỏ qua nên thay vì thiết kế bộ điều khiển PID hoàn chỉnh người ta thường tổng hợp các bộ điều khiển PI hoặc PD.

Bộ điều khiển PID mờ được thiết kế trên cơ sở của bộ điều khiển PD mờ, bằng cách mắc nối tiếp ở đầu ra của bộ điều khiển PD mờ một khâu tích phân.

Cho đến nay, nhiều dạng cấu trúc của PID mờ còn được gọi là bộ điều chỉnh mờ ba thành phần đã được nghiên cứu. Các dạng cấu trúc này thường được thiết kế trên cơ sở tách bộ điều khiển PID thành hai bộ điều chỉnh PD và PI. Việc phân chia này chỉ nhằm mục đích thiết lập các hệ luật cho PI và PD gồm hai biến vào, một biến ra, thay vì phải thiết lập ba biến vào.

## 2.2. Các nguyên tắc điều khiển mờ

Với một miền compact  $X \times R^n$  ( $n$  là số đầu vào) các giá trị vật lý của biến ngôn ngữ đầu vào và một đường phi tuyến  $g(x)$  tùy ý nhưng liên tục cùng các đạo hàm của nó trên  $X$  thì bao giờ cũng tồn tại một bộ điều khiển mờ cơ bản có quan hệ:

$$\sup_{x \in X} |y(x) - g(x)| < \varepsilon$$

với  $\varepsilon$  là một số thực dương bất kỳ cho trước. Điều đó cho thấy kỹ thuật điều khiển mờ có thể giải quyết được một bài toán tổng hợp điều khiển (tính) phi tuyến bất kỳ. Để tổng hợp được các bộ Điều khiển mờ và cho nó hoạt động một cách hoàn thiện ta cần thực hiện qua các bước sau:

- Khảo sát đối tượng, từ đó định nghĩa tất cả các biến ngôn ngữ vào, ra và miền xác định của chúng. Trong bước này chúng ta cần chú ý một số đặc điểm cơ bản của đối tượng điều khiển như: Đối tượng biến đổi nhanh hay chậm? có trễ hay không? Tính phi tuyến nhiều hay ít?... Đây là những thông tin rất quan trọng để quyết định miền xác định của các biến ngôn ngữ đầu vào, nhất là các biến động học (vận tốc, gia tốc,...). Đối với tín hiệu biến thiên nhanh cần chọn miền xác định của vận tốc và gia tốc lớn và ngược lại.

- Mờ hoá các biến ngôn ngữ vào/ra: Trong bước này chúng ta cần xác định số lượng tập mờ và hình dạng các hàm liên thuộc cho mỗi biến ngôn ngữ. Số lượng các tập mờ cho mỗi biến ngôn ngữ được chọn tùy ý. Tuy nhiên nếu chọn ít quá thì việc điều chỉnh sẽ không mịn, chọn nhiều quá sẽ khó khăn khi cài đặt luật hợp thành, quá trình tính toán lâu, hệ thống dễ mất ổn định. Hình dạng các hàm liên thuộc có thể chọn hình tam giác, hình thang, hàm Gaus,...

- Xây dựng các luật điều khiển (mệnh đề hợp

thành): Đây là bước quan trọng nhất và khó khăn nhất trong quá trình thiết kế bộ điều khiển mờ. Việc xây dựng luật điều khiển phụ thuộc rất nhiều vào tri thức và kinh nghiệm vận hành hệ thống của các chuyên gia. Hiện nay ta thường sử dụng một vài nguyên tắc xây dựng luật hợp thành đủ để hệ thống làm việc, sau đó mô phỏng và chỉnh định dần các luật hoặc áp dụng một số thuật toán tối ưu (được trình bày ở phần sau).

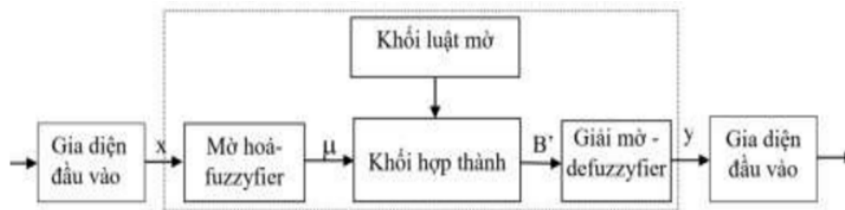
- Chọn thiết bị hợp thành (MAX-MIN hoặc MAX-PROD hoặc SUMMIN hoặc SUM-PROD) và chọn nguyên tắc giải mờ (Trung bình, cận trái, cận phải, điểm trọng tâm, độ cao).

- Tối ưu hệ thống: Sau khi thiết kế xong bộ điều khiển mờ, ta cần mô hình hoá và mô phỏng

hệ thống để kiểm tra kết quả, đồng thời chỉnh định lại một số tham số để có chế độ làm việc tối ưu. Các tham số có thể điều chỉnh trong bước này là: Thêm, bớt luật điều khiển; thay đổi trọng số các luật; thay đổi hình dạng và miền xác định của các hàm liên thuộc.

**2.3. Cấu trúc bộ điều khiển mờ**

Hoạt động của một bộ điều khiển mờ phụ thuộc vào kinh nghiệm và phương pháp rút ra kết luận theo tư duy của con người sau đó được cài đặt vào máy tính trên cơ sở logic mờ. Một bộ điều khiển mờ bao gồm 3 khối cơ bản: Khối mờ hoá, thiết bị hợp thành và khối giải mờ. Ngoài ra còn có khối giao diện vào và giao diện ra thể hiện như hình 1



Hình 1: Cấu trúc bộ điều khiển mờ cơ bản

Khối mờ hoá có chức năng chuyển mỗi giá trị rõ của biến ngôn ngữ đầu vào thành vectơ  $\mu$  có số phần tử bằng số tập mờ đầu vào.

- Thiết bị hợp thành mà bản chất của nó sự triển khai luật hợp thành R được xây dựng trên cơ sở luật điều khiển.

- Khối giải mờ có nhiệm vụ chuyển tập mờ đầu ra thành giá trị rõ  $y_0$  (ứng với mỗi giá trị rõ  $x_0$  để điều khiển đối tượng).

- Giao diện đầu vào thực hiện việc tổng hợp và chuyển đổi tín hiệu vào (từ tương tự sang số), ngoài ra còn có thể có thêm các khâu phụ trợ để thực hiện bài toán động như tích phân, vi phân....

- Giao diện đầu ra thực hiện chuyển đổi tín hiệu ra (từ số sang tương tự) để điều khiển đối tượng.

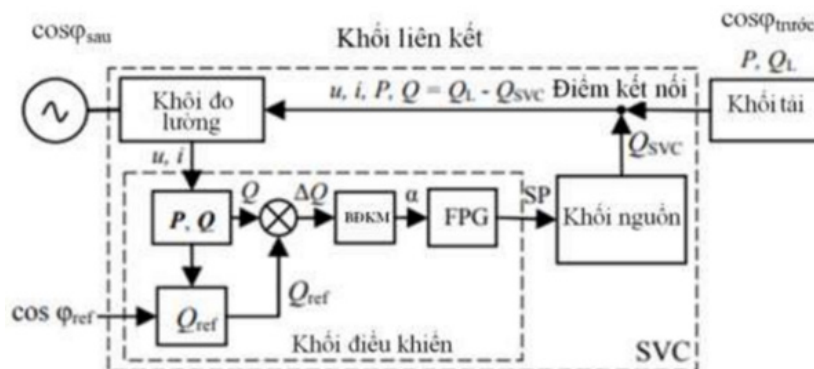
Nguyên tắc tổng hợp một bộ điều khiển mờ hoàn toàn dựa vào những phương pháp toán học

trên cơ sở định nghĩa các biến ngôn ngữ vào/ra và sự lựa chọn những luật điều khiển. Do các bộ điều khiển mờ có khả năng xử lý các giá trị vào/ra biểu diễn dưới dạng dấu phẩy động với độ chính xác cao nên chúng hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu của một bài toán điều khiển "rõ ràng" và "chính xác".

**2.4. Mô phỏng hệ thống điều khiển SVC trên Simulink**

**2.4.1. Xây dựng bộ điều khiển mờ**

Cấu trúc hệ điều khiển cosphi với bộ điều khiển mờ gồm: Một đầu vào là công suất đặt  $Q_{ref}$  và công suất thực trên thanh cái SVC:  $\Delta Q = Q_{ref} - Q$  và đầu ra là điện áp điều khiển đưa đến mạch phát xung điều khiển của bộ biến đổi xoay chiều – xoay chiều cấp nguồn cho cuộn kháng của TCR như hình 2.

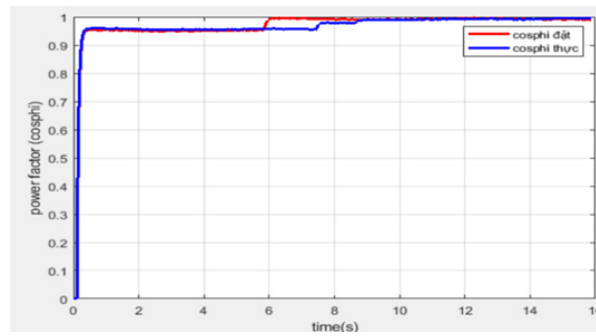


Hình 2: Sơ đồ cấu trúc hệ điều khiển cosphi với bộ điều khiển mờ.

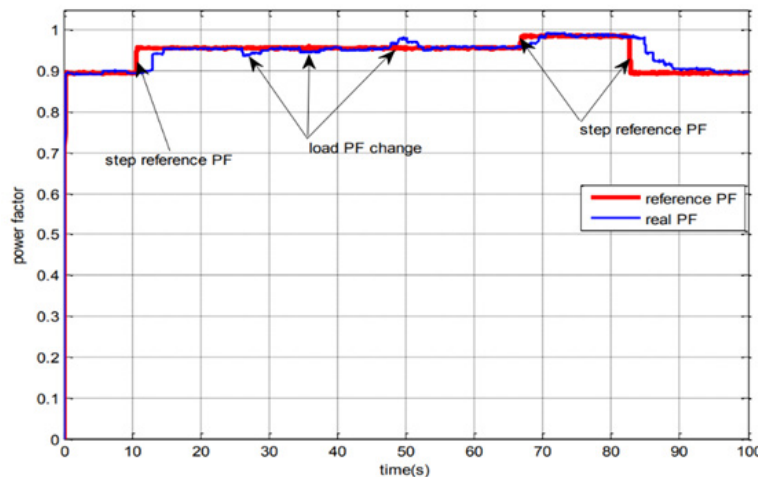
### 2.4.2. Kết quả mô phỏng

Ta đi tiến hành mô phỏng cho hệ thống bù

cosphi tự động với lượng đặt cosphi ban đầu là 0.95. Tại 6s ta tăng lượng đặt lên 0.99.



Hình 3: Đặc tính điều chỉnh và bám  $\cos\phi$  theo giá trị đặt khi sử dụng bộ điều khiển mờ có các thời điểm thay đổi thông số tải tại thời điểm 6s



Hình 4: Đặc tính điều chỉnh và bám  $\cos\phi$  theo giá trị đặt khi sử dụng bộ điều khiển mờ có các thời điểm thay đổi thông số tải

Nhận xét: Khi áp dụng mô hình bù cho phụ tải dải hệ số công suất được điều chỉnh và có thể giữ ổn định từ  $\cos\phi = (0,9 \div 1.0)$ . Thay đổi  $\cos\phi$  của tải, hệ thống tự động điều chỉnh và bám giá trị  $\cos\phi$  đặt không có sai lệch và thời gian đáp ứng nhanh sau 1,5s.

### III. KẾT LUẬN

Với kết quả mô phỏng ở trên ta nhận thấy rằng việc ứng dụng điều khiển mờ như đã thiết kế và

mô phỏng thì cosphi của hệ thống luôn luôn được đảm bảo, dải hệ số công suất được điều chỉnh và có thể giữ ổn định từ  $\cos\phi = (0,9 \div 1.0)$ , khi thay đổi  $\cos\phi$  của tải, hệ thống tự động điều chỉnh và bám giá trị  $\cos\phi$  đặt không có sai lệch và thời gian đáp ứng nhanh điều này chứng tỏ rằng việc ứng dụng điều khiển mờ đã nâng cao được chất lượng hệ thống bù cosphi cho phụ tải ba pha không đối xứng là đúng và chính xác.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Ngọc Kiên, *Thiết kế, chế tạo, lắp đặt hệ thống bù cosphi vô cấp cho phụ tải 3 pha không đối xứng*, Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên 2017.
- [2]. Nguyễn Thế Vĩnh, *Điều khiển thiết bị bù tĩnh (SVC) và ứng dụng trong việc nâng cao ổn định chất lượng hệ thống điện*, Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên 2007.
- [3]. Đào Đức Huy, *Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị bù  $\cos\phi$  kết hợp lọc sóng hài*, Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên.
- [4]. Lê Văn Minh, *Nghiên cứu ứng dụng bộ bù SVC với thuật toán điều khiển mờ cho lưới truyền tải ở nước ta*, Đại học Bách Khoa Hà nội 2011.
- [5]. Phan Xuân Minh & Nguyễn Doãn Phước, *Lý thuyết điều khiển mờ*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật 1999