

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN THÔNG MINH TRÊN NỀN DSPIC33F DESIGN OF AN INTELLIGENT CONTROLLER BASED ON DSPIC33F

Phạm Xuân Khánh
Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Nguyễn Việt Hưng, Phạm Tuấn Anh
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về thiết kế bộ điều khiển thông minh trên nền dsPIC33F của Microchip. Nhiều thuật toán điều khiển dựa trên lý thuyết điều khiển kinh điển và hiện đại được cài đặt. Bố cục bài báo có thể chia thành 3 phần. Phần 1: Cơ sở lý thuyết thiết kế bộ điều khiển, trình bày cụ thể về các thuật toán được cài đặt: PID, mờ động, PID-Fuzzy Intervention và PID-Fuzzy Self – Tunning. Phần 2: Cơ sở thiết kế phần cứng bộ điều khiển, đưa ra những ưu điểm của dòng DSPIC33F và các modules cần thiết cho ứng dụng công nghiệp. Phần 3: Ứng dụng bộ điều khiển thiết kế cho đối tượng thực là bình mức, tất cả các thuật toán đều được cài đặt và có xét đến ảnh hưởng của nhiễu, qua đó thể hiện được ưu nhược điểm của từng thuật toán và khả năng ứng dụng đa dạng của bộ điều khiển. Từ thiết kế phần cứng và phần mềm của bộ điều khiển, và những kết quả thực nghiệm đã chứng tỏ khả năng thay thế hiệu quả của bộ điều khiển này cho các bộ điều khiển chuyên dụng đã có trong công nghiệp.

ABSTRACT

The paper presents the design of an intelligent controller based on dsPIC33F (Microchip). Several Control Algorithms, based on conventional and modern theory, are installed. The paper includes three main parts. Part 1: Theoretical basis, focusing on introduction of four Algorithms: PID, Dynamic Fuzzy, PID – Fuzzy Intervention, and PID – Fuzzy Self – Tunning. Part 2: Hardware basis, stating noticeable advantages of DSPIC 33F Microcontroller and the design of modules, necessary for industrial purpose. Part 3: Implementation of this controller for water level system. All Algorithms, introduced above, are built up and cases under impacts of noise are considered. Experimental results proved strong and weak points of Algorithms and flexible ability of the controller for diverse applications. In general, the design of Software and Hardware of the Controllers, and experimental results have shown the Controller's capability for control applications in which other controllers are used.

Chữ viết tắt

I	Integral
PD	Proportional – Derivative
PI	Proportional – Integral
PID	Proportional - Integral - Derivative
PWM	Pulse Width Modulation

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phương pháp điều khiển kinh điển PID là phương pháp được áp dụng phổ biến nhất trong các bộ điều khiển công nghiệp. Sự phổ biến này là do tính đơn giản của phương pháp và yêu cầu về chất lượng điều khiển không quá cao của hệ thống. Phương pháp điều khiển thông minh, mà mờ là một đại diện tiêu biểu đang được khai thác và ứng dụng bởi khả năng hoạt động một cách độc lập hoặc kết hợp với thuật toán PID để đem lại chất lượng cao cho hệ thống điều khiển

. Thiết kế một bộ điều khiển thông minh có khả năng thực hiện các thuật toán PID, Fuzzy động, PID-Fuzzy Intervention, PID-Fuzzy Self-tuning là một hướng đi hứa hẹn trong tương lai.

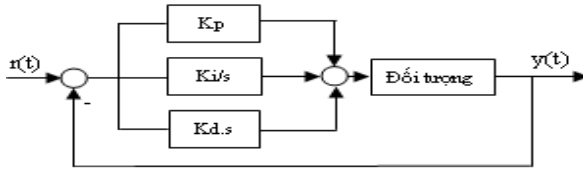
Để xây dựng một bộ điều khiển như vậy, thiết kế phần cứng đòi hỏi việc sử dụng dòng vi điều khiển có dung lượng nhớ lớn, tần số hoạt động cao và các yêu cầu cần thiết khác về ngoại vi. Dòng dsPIC33F - một trong những dòng vi điều khiển mạnh nhất hiện nay của Microchip với nhiều tính năng ưu việt - là sự lựa chọn phù hợp, đáp ứng được yêu cầu.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN

2.1 Thuật toán điều khiển PID

Thuật toán PID[1,2] là sự kết hợp của ba thành phần: Khuếch đại (P), vi phân (I) và vi phân (D) của sai lệch đầu vào.

Ưu điểm lớn đem lại ứng dụng rộng rãi cho thuật toán này là tính đơn giản về cấu trúc và nguyên lý làm việc. Với hệ thống làm việc trong môi trường ít bị ảnh hưởng của nhiễu, thông số của đối tượng chỉ thay đổi nhỏ trong quá trình làm việc và yêu cầu về độ chính xác và ổn định không cao thì PID là một giải pháp điều khiển hữu hiệu.



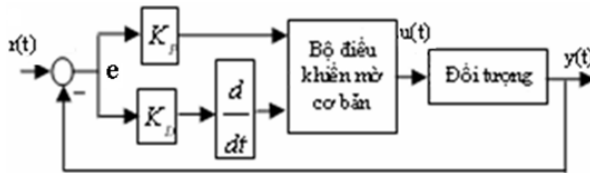
Hình 1. Hệ điều khiển thực hiện thuật toán PID

2.2 Thuật toán điều khiển mờ động

Thuật toán mờ động [1,3] là thuật toán kết hợp giữa hệ kinh điển và hệ mờ, cụ thể là sự kết hợp của thuật toán điều khiển mờ cơ bản và các thành phần P, I, D. Các thành phần P, D thường là các thành phần của sai lệch đầu vào, còn I là thành phần của đầu ra bộ điều khiển mờ cơ bản.

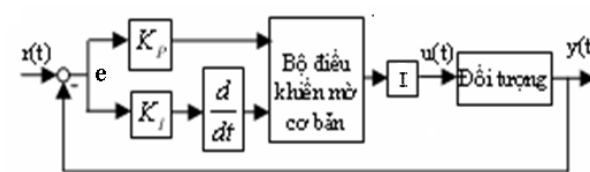
Một số cấu trúc hệ thực hiện thuật toán mờ động

Thuật toán mờ động PD



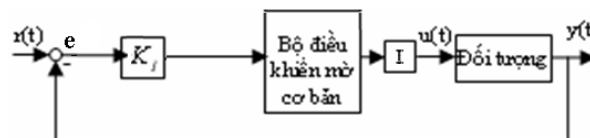
Hình 2. Hệ điều khiển thực hiện thuật toán mờ PD

Thuật toán mờ động PI



Hình 3. Hệ điều khiển thực hiện thuật toán mờ PI

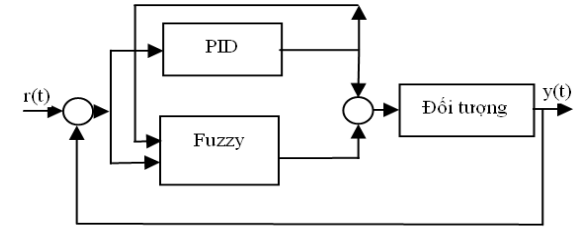
Thuật toán mờ động I



Hình 4. Hệ điều khiển thực hiện thuật toán mờ I

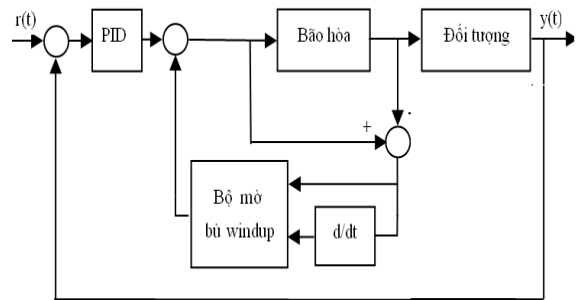
2.3 Thuật toán điều khiển PID-Fuzzy Intervention

Sơ đồ tổng quát một hệ thực hiện thuật toán PID-Fuzzy Intervention [4]:



Hình 5. Hệ điều khiển thực hiện thuật toán PID-Fuzzy Intervention

Dựa trên sơ đồ tổng quát này, có nhiều thuật toán khác nhau có thể hình thành. Nhóm tác giả bài báo tập trung vào thuật toán trong đó hệ mờ cho phép cải thiện chất lượng điều khiển khi hiện tượng Windup xảy ra:



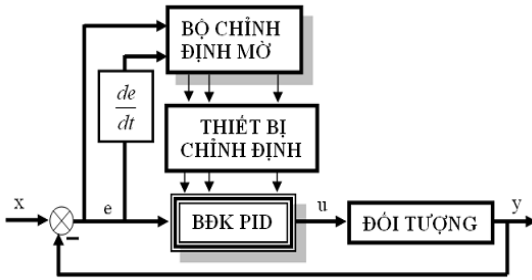
Hình 6. Hệ điều khiển thực hiện thuật toán PID-Fuzzy Intervention bù windup

Khi xảy ra hiện tượng windup, tín hiệu ra bộ điều khiển PID có giá trị lớn hơn giá trị bão hòa và tiếp tục tăng do tác động của khâu tích phân, điều này tiềm tàng khả năng gây quá điều chỉnh lớn và tăng thời gian quá độ. Bộ mờ bù windup có tác dụng giảm thiểu ảnh hưởng của hiện tượng này. Khi xảy ra windup, sai lệch giữa tín hiệu ra bộ điều khiển PID và giá trị bão hòa sẽ được đưa vào bộ mờ bù, bộ mờ bù đưa ra tín hiệu bù đến đầu ra bộ PID, tác động này làm cải thiện đáng kể chất lượng điều khiển.

2.4 Thuật toán điều khiển PID-Fuzzy Self-tuning [5]

Đây là thuật toán mà ở đó tham số bộ PID trong quá trình điều khiển được chỉnh định bằng hệ mờ. Thuật toán đem lại chất lượng điều khiển tốt, trong cả trường hợp có nhiễu đáng kể tác động lên hệ thống

Sơ đồ tổng quát hệ thống điều khiển trong đó các tham số PID được chỉnh định bằng hệ mờ:



Hình 7. Hệ điều khiển chỉnh định tham số PID bằng hệ mờ

Phương pháp chỉnh định được nhóm tác giả thực hiện là phương pháp chỉnh định mờ của Zhao, Tomizuka và Isaka:

Với giả thiết các tham số K_p , K_d bị chặn, tức:

$$K_p \in [K_{p_Min}, K_{p_Max}] ;$$

$$K_d \in [K_{d_Min}, K_{d_Max}]$$

Các tham số này được chuẩn hóa theo công thức:

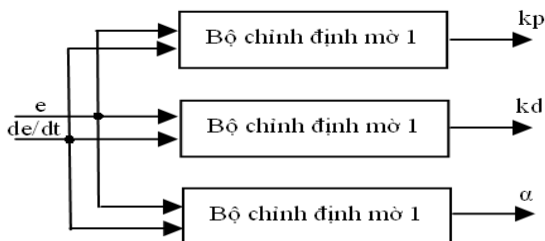
$$k_p = \frac{K_p - K_{p_Min}}{K_{p_Max} - K_{p_Min}} ; \rightarrow k_p \in [0, 1]$$

$$k_d = \frac{K_d - K_{d_Min}}{K_{d_Max} - K_{d_Min}} ; \rightarrow k_d \in [0, 1]$$

Bộ chỉnh định có hai đầu vào là $e(t)$ và $de(t)/dt$ và ba đầu ra là k_p , k_d và α trong đó

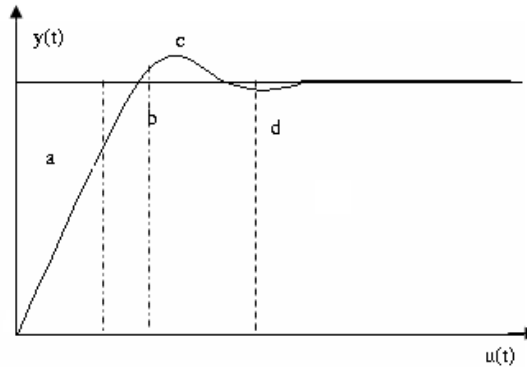
$$\alpha = \frac{K_p^2}{K_i \cdot K_d} ; \rightarrow K_i = \frac{K_p^2}{\alpha \cdot K_d}$$

Bên trong bộ chỉnh định mờ theo phương pháp Zhao, Tomizuka, và Isaka:



Hình 8. Bên trong bộ chỉnh định mờ

Luật điều khiển để chỉnh định được thực hiện dựa trên phân tích đáp ứng bước tiêu biểu của quá trình



Hình 9. Đáp ứng bước tiêu biểu của quá trình

Khi bắt đầu khởi động, ở khoảng thời gian a, lúc này cần tín hiệu điều khiển lớn để tín hiệu ra tăng nhanh, suy ra lúc này K_p lớn, K_d nhỏ, và K_i lớn (α lớn). Xung quanh khoảng thời gian b ta muốn tín hiệu điều khiển nhỏ để không quá điều chỉnh, nghĩa là K_p nhỏ, K_d lớn còn K_i lớn (α lớn). Các tác động điều khiển xung quanh khoảng thời gian c và d tương tự như ở a và b.

III. CẤU TRÚC PHẦN CỨNG

3.1 Giới thiệu vi điều khiển dsPIC33F [6]

Microchip là một trong những hãng sản xuất vi điều khiển lớn nhất thế giới hiện nay, dòng DSC (Digital signal controllers) 16 bits là sản phẩm mới nhất và thu hút được nhiều sự quan tâm của các nhà phát triển. Như tên gọi của nó, theo một cách hiểu nào đó, dòng này là sản phẩm kết hợp giữa vi xử lý tín hiệu số DSP và vi điều khiển. dsPIC33F, một trong những dòng DSC mạnh nhất của Microchip, sở hữu rất nhiều đặc tính ưu việt phù hợp cho ứng dụng xây dựng bộ điều khiển:

Tần số hoạt động lên tới 40MIPS

Tiêu thụ năng lượng thấp: điện áp nguồn cấp cỡ 3.0-3.6V

CPU tính năng DSC cho phép thực hiện các phép tính toán phức tạp một cách nhanh chóng

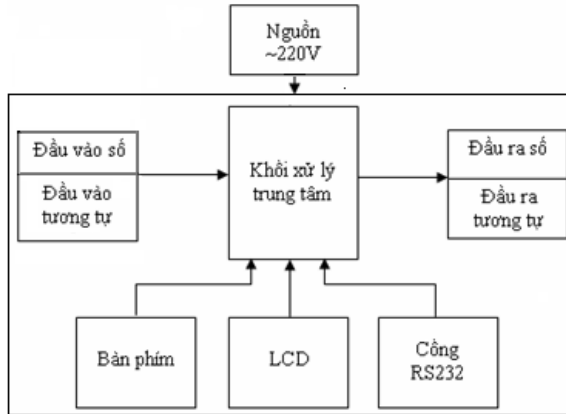
Có đầy đủ các ngoại vi cần thiết như những dòng vi điều khiển khác: Cổng và/ra số, bộ định thời, ADC, PWM, UART,...đặc biệt có hỗ trợ 8 kênh DMA phân cứng.

Bộ nhớ chương trình 256Kbytes và bộ nhớ dữ liệu 30Kbytes được tích hợp ngay trên chip.

Hỗ trợ tính năng In-circuit Debug and Programing đem đến sự tiện dụng to lớn cho các nhà phát triển hệ thống.

Có nhiều công cụ hỗ trợ lập trình bằng ngôn ngữ C với thư viện phong phú và dễ sử dụng

3.2 Bộ điều khiển



Hình 10. Sơ đồ cấu trúc bộ điều khiển

Khối xử lý trung tâm là vi điều khiển dspic33F

Đầu vào số: Digital & Counter

Đầu vào tương tự: 0-20mA, 4-20mA, 0-5V, 0-10V

Đầu ra số: Digital & PWM

Đầu ra tương tự: 0-20mA, 4-20mA, 0-5V, 0-10V

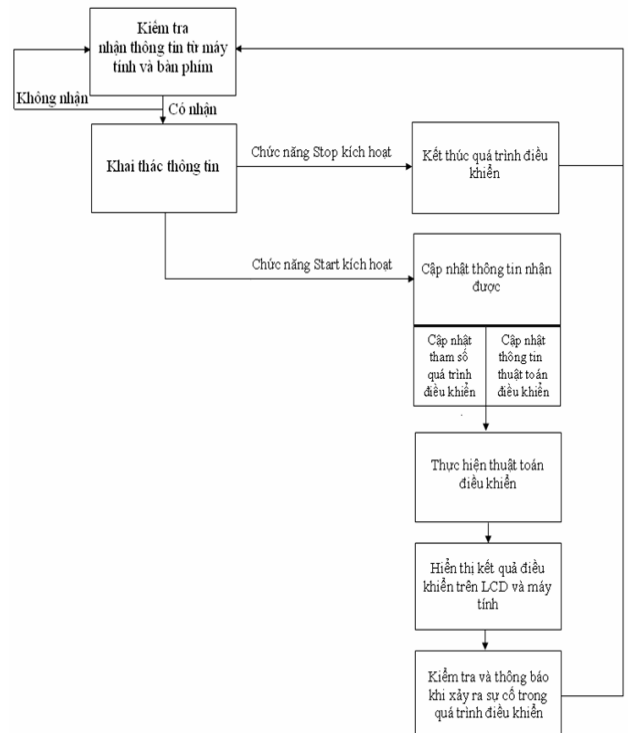
Bàn phím cho phép nhập các tham số, chế độ điều khiển trực tiếp ngay trên bộ điều khiển

LCD cho phép hiển thị các tham số chính trong quá trình thiết lập bước đầu và các biến quá trình

Giao tiếp RS232 cho phép bộ điều khiển kết nối với máy tính, truyền nhận các tham số, chế độ điều khiển và hiển thị quá trình điều khiển

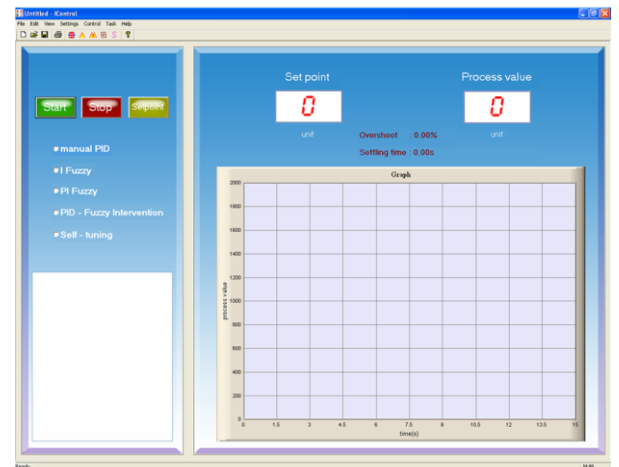
Nhờ thiết kế đa dạng đầu vào và ra theo các chuẩn công nghiệp như trên, bộ điều khiển có khả năng giao tiếp với nhiều loại thiết bị cảm biến và chấp hành khác nhau.

Chương trình vi điều khiển được viết bằng phần mềm MPLAB 8.0, C30 (Microchip) theo sơ đồ khối sau:



Hình 11. Sơ đồ khối thuật toán vi điều khiển

Phần giao diện người dùng được viết bằng phần mềm Visual C++ 6.0 (Microsoft). Hình vẽ sau minh họa cửa sổ giao diện chính:



Hình 12. Cửa sổ giao diện chính của chương trình giao diện người dùng

IV. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MỨC NƯỚC

Đối tượng điều khiển mức như Hình 13

Thiết bị đo mức là cảm biến áp suất đặt tại đáy của bình, đầu ra cảm biến dưới dạng chuẩn dòng công nghiệp: 4-20mA, Adapter

biến đổi tuyến tính tín hiệu này thành tín hiệu điện áp được đưa vào ADC của dsPIC33F.

Cơ cấu chấp hành là van tỉ lệ được điều khiển theo phương pháp PWM

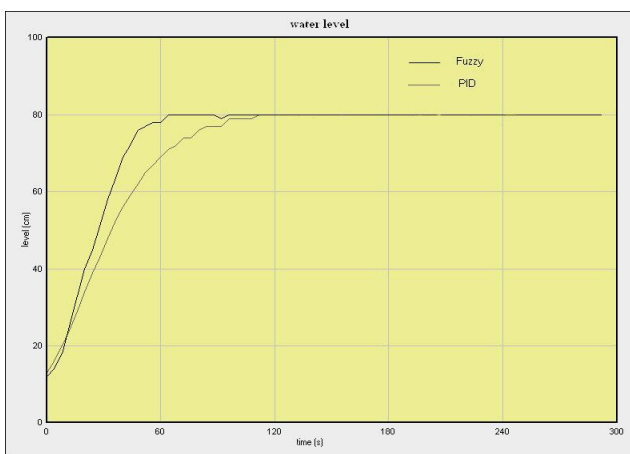


Hình 13. Đối tượng điều khiển mức nước

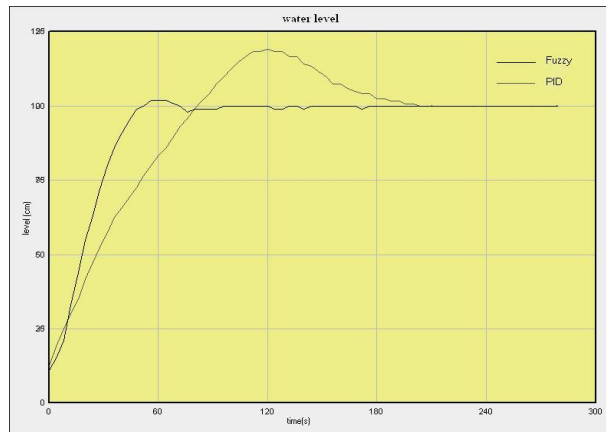
V. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Nhóm tác giả tiến hành thí nghiệm trên cơ sở khảo sát đáp ứng của hệ thống với các thuật toán điều khiển khác nhau khi thay đổi giá trị đặt đồng thời có xem xét đến ảnh hưởng của nhiễu:

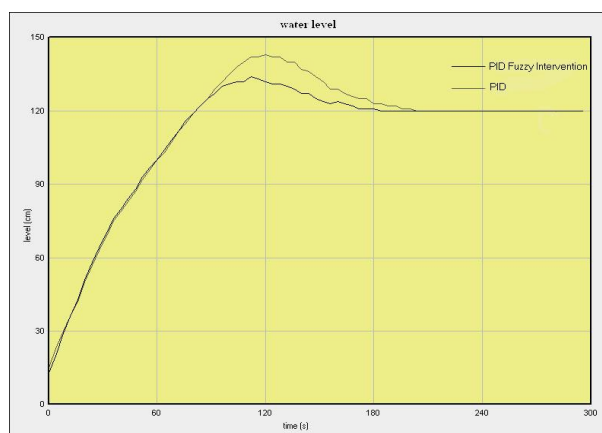
5.1 Kết quả



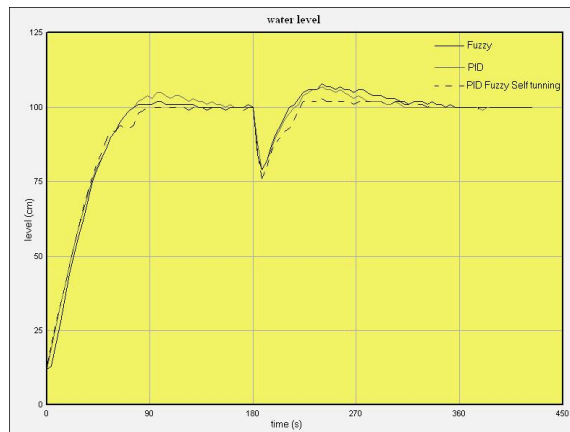
Hình 14. Thuật toán PID và Fuzzy động Setpoint=80mm, không nhiễu



Hình 15. Thuật toán PID, Fuzzy động Setpoint=120mm, không nhiễu



Hình 16. Thuật toán PID và PID-FUZZY Intervention; Setpoint=120mm, không nhiễu



Hình 17. Thuật toán PID, Fuzzy động và PID-FUZZY Self-Tuning Setpoint=100mm, nhiễu hằng tác động trong thời gian 5s bắt đầu từ thời điểm $t=180s$

5.2 Nhận xét

Thuật toán PID có chất lượng điều khiển phụ thuộc vào giá trị đặt, như trên các hình vẽ H.14, H.15, H.16, H. 17, khi thay đổi giá trị đặt, chất lượng điều khiển kém dần khi giá trị đặt tăng dần, đồng thời chịu ảnh hưởng khá rõ của nhiễu

Thuật toán Fuzzy động đem lại chất lượng điều khiển tốt cả khi giá trị đặt thay đổi, đồng thời khi không có ảnh hưởng của nhiễu thì thuật toán này là thuật toán hiệu quả nhất: gần như triệt tiêu quá điều chỉnh và giảm thời gian quá độ. Tuy nhiên thuật toán không đem lại chất lượng tốt khi nhiễu tác động

Thuật toán PID-Fuzzy Intervention cải thiện đáng kể chất lượng điều khiển trong trường hợp xảy ra hiện tượng Windup, dẫn đến quá điều chỉnh lớn trong hệ thống (H. 16).

Thuật toán PID-FUZZY Self-Tuning có khả năng đem lại chất lượng điều khiển khá tốt khi không có ảnh hưởng của nhiễu, mặt khác thể hiện được ưu điểm so với các thuật toán khác trong trường hợp hệ thống có nhiễu tác động (H. 17, đường nét đứt).

VI. KẾT LUẬN

Bộ điều khiển được thiết kế dựa trên dòng vi điều khiển DSC dsPIC33F cho phép tăng hiệu quả tính toán, mặt khác lại có khả năng kết nối vào ra theo các chuẩn công nghiệp phổ biến, qua đó góp phần đem lại khả năng điều khiển đa dạng các đối tượng công nghiệp có chu kỳ điều khiển lớn nhỏ khác nhau,

Bộ điều khiển thông minh (thực hiện các thuật toán PID, Fuzzy động, PID-Fuzzy Intervention, PID-Fuzzy Self-tuning) có khả năng ứng dụng linh hoạt, cho chất lượng điều khiển tốt khi thay đổi giá trị đặt và ngay cả khi hệ thống chịu ảnh hưởng của nhiễu. Điều này khắc phục hạn chế của bộ điều khiển PID kinh điển, thường không đem lại chất lượng mong muốn khi hệ thống có giá trị đặt thay đổi trong khoảng rộng hoặc có nhiễu tác động.

Phương pháp điều khiển mờ độc lập hoặc kết hợp với phương pháp điều khiển PID kinh điển dựa trên nền vi điều khiển mạnh, như dsPIC33F hứa hẹn khả năng xây dựng bộ điều khiển công nghiệp trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Xuân Minh, Nguyễn Doãn Phước; Lý thuyết điều khiển mờ; NXB KHKT, 2004
2. Aidan O'Dwyer; Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules; Imperial College Press, 2003
3. K. M. Passino, Stephen Yurkovich; Fuzzy Control; Addison Wesley
4. E. Chakir El Alaoui, H. Ayad and S. Doubabi; Fuzzy Anti-Windup Schemes for PID Controllers; ISSN 0973-4562 Volume 1 Number 3 (2006) pp. 295-306 International Journal of Applied Engineering Research
5. L. X. Wang; A course in Fuzzy Systems and Control; Prentice Hall International, Inc
6. Microchip Technology Incorporated; dsPIC33F Family Data Sheet; DS70165A, 2005.
7. Nguyễn Doãn Phước; Lý thuyết điều khiển tuyến tính; NXB KHKT, 2002

Địa chỉ liên hệ: Phạm Xuân Khánh - Tel: 0913.050.173, Email: khanhpx.hau@gmail.com
Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội