

# THIẾT KẾ, TÍCH HỢP BỘ CẢM BIẾN MỨC SIÊU ÂM TRONG HỆ THỐNG SCADA

## DESIGN, INTEGRATE ULTRASONIC LEVEL SENSOR IN SCADA SYSTEM

Nguyễn Đức Dương

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày việc nghiên cứu, xây dựng một bộ cảm biến mức dùng sóng siêu âm với tín hiệu đầu ra dạng chuẩn 4 - 20mA. Bộ cảm biến được tích hợp với tính linh động, độ tin cậy cao và không phải tiếp xúc trực tiếp với môi trường dẫn điện. Bài báo cũng trình bày một giải pháp điều khiển và giám sát mức nước sử dụng bộ cảm biến trên kết hợp giải pháp truyền thông Modbus RTU để nâng cao độ ổn định, độ chính xác khi điều khiển và đảm bảo an toàn cho hệ thống điều khiển. Các nghiên cứu này sẽ là cơ sở để hoàn thiện bộ cảm biến mức dùng sóng siêu âm cũng như các thuật toán điều khiển để có thể áp dụng trong công nghiệp và quân sự.

**Từ khóa:** Cảm biến siêu âm, hệ thống điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu, vi điều khiển STM32.

### ABSTRACT

The paper aims at the research, building of an ultrasonic level sensor with standard output ranging 4 - 20 mA. This sensor is integrated with high flexibility, reliability and does not have direct contact with the conductive environment. The paper also presents a solution to control and supervise the water level which uses this sensor and is combined with communication solution Modbus RTU to improve the stability, accuracy when controlling and ensuring safety for the control system. The research results will be the basis for improvement of the ultrasonic level sensor and the establishment of control algorithms to apply in the industry and army.

**Keywords:** Ultrasonic sensor, Supervisory Control And Data Acquisition, STM32 microchip.

Khoa Điện, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Email: ndduong86.ddt@uneti.edu.vn

Ngày nhận bài: 25/7/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/8/2020

Ngày chấp nhận đăng: 21/10/2020

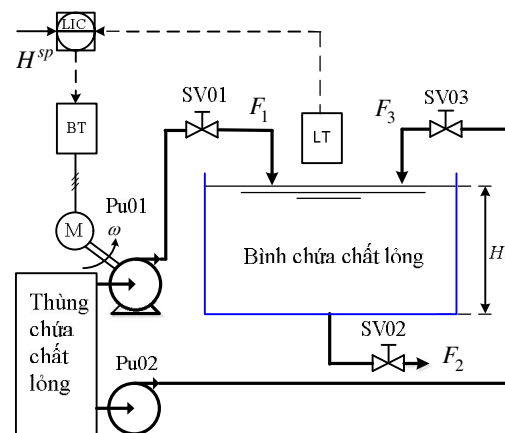
### 1. GIỚI THIỆU

Trong hệ thống SCADA của dây chuyền sản xuất công nghiệp cũng như trong đời sống thường nhật, với các chất lỏng, để lưu trữ cũng như vận chuyển, đòi hỏi việc hiển thị mức chất lỏng. Có nhiều công nghệ được dùng để đo mức trong điều khiển quá trình và việc chọn lựa loại cảm biến thích hợp là yêu cầu thiết yếu. Một lưu chất làm ẩm ướt hay bám vào cảm biến sẽ có thể dẫn đến việc hiển thị sai giá trị quá trình. Do đó các nhà máy công nghiệp sử dụng khá

phổ biến phương pháp đo mức chất lỏng mà không cần tiếp xúc với chất lỏng cần đo, cần kể đến là phương pháp đo mức chất lỏng bằng sóng siêu âm. Phương pháp này dựa trên sóng âm thanh tần số cao (40kHz ÷ 50kHz) [1].

Hiện nay, các trường đại học kỹ thuật đang từng bước trang bị các mô hình điều khiển điều khiển quá trình để sinh viên có thể nâng cao trình độ và kỹ năng thực hành và để đáp ứng cuộc cách mạng công nghiệp. Tuy nhiên nhiều trường đại học chưa trang bị được các mô hình này do các mô hình này thường phải nhập khẩu và có giá thành khá cao. Gần đây, một số nhóm nghiên cứu chế tạo bộ cảm biến siêu âm dùng bộ vi xử lý Arduino Uno R3 cho thiết bị đo mưa [2]. Tuy nhiên những nhóm này chưa kết nối bộ cảm biến với các thiết bị công nghiệp và phần mềm công nghiệp để tạo hành một hệ thống điều khiển quá trình hoàn chỉnh. Nắm bắt được nhu cầu này, tác giả mạnh dạn nghiên cứu, chế tạo bộ cảm biến mức bằng sóng siêu âm dùng bộ vi xử lý STM32F091RC NUCLEO với tín hiệu đầu ra dạng chuẩn 4 ÷ 20mA và tích hợp vào mô hình mạch vòng kín điều chỉnh mức chất lỏng mà tác giả tự lắp.

Sơ đồ công nghệ của mô hình điều chỉnh mức nước được minh họa như trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ mô hình điều chỉnh mức

Các thông số và các biến quá trình của mô hình bao gồm:

- $F_1$  : Lưu lượng thể tích của nước cấp ( $m^3/h$ )
- $F_2$  : Lưu lượng thể tích của nước đầu ra ( $m^3/h$ )
- $H$  : Chiều cao mức nước bồn;  $H_{max} = 0,6$  (m)

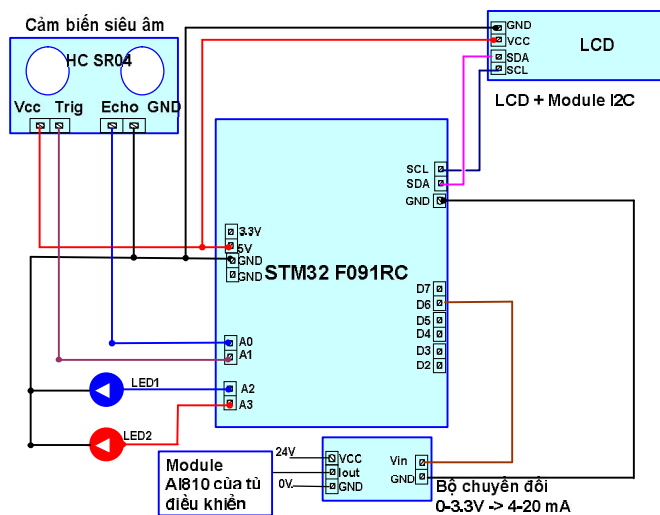
- $\rho$  : Khối lượng riêng của nước;  $\rho = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
- $V$  : Thể tích lượng nước trong bình
- $R$  : Bán kính của bình;  $R = 0,3 \text{ (m)}$
- $\omega$  : Tốc độ của bơm Pu01 (rad/s)

Nguyên lý hoạt động: cấp nước từ thùng vào bình trụ tròn thẳng đứng bằng tuyến 1 thông qua bơm ba pha Pu01 và van SV01 (van solenoid); bằng tuyến 2 thông qua bơm một pha Pu02 và van SV03. Nước từ bình chứa được đưa ra ngoài thông qua van SV02. Mức trong bình được đo bằng bộ cảm biến siêu âm LT và đưa về bộ điều khiển mức LIC kết hợp biến tần để điều chỉnh tốc độ bơm Pu01, từ đó điều chỉnh ổn định mức. Một số yêu cầu kỹ thuật chung được đặt ra đối với mô hình này: đảm bảo chạy an toàn, ổn định; độ chính xác của bộ cảm biến: lệch không quá 5%; bộ cảm biến linh hoạt, dễ ghép nối với các thiết sẵn có.

**2. XÂY DỰNG PHẦN CỨNG BỘ ĐO MỨC VÀ THUẬT TOÁN ĐO**

Phần cứng được xây dựng dựa trên các mạch truyền tin qua các cáp nối nhằm mục đích tiện thay thế và ghép nối, bao gồm: mạch đo, mạch điều khiển, mạch hiển thị.

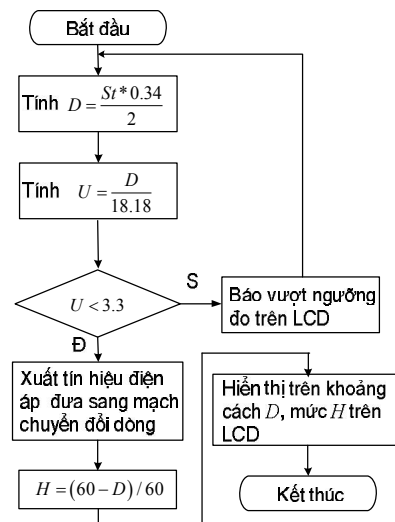
Mạch đo sử dụng cảm biến siêu âm loại HC-SR04, loại cảm biến có độ chính xác khá cao (3mm), được sử dụng phổ biến. Cảm biến này hoạt động bằng cách phát một tín hiệu siêu âm (tần số 40kHz) và bắt đầu đếm thời gian nhận được tín hiệu phản hồi. Khoảng cách đo của cảm biến này được tính từ tốc độ và thời gian phản hồi. Cảm biến siêu âm HC-SR04 có 4 chân (Vcc - nguồn 5V, Trig - nối với vi điều khiển (Đầu phát), Echo - nối với vi điều khiển (đầu thu), GND - nối âm).



Hình 2. Sơ đồ đấu nối các phần cứng trong bộ cảm biến mức

Mạch điều khiển sử dụng vi điều khiển STM32F091RC NUCLEO và mạch chuyển đổi tín hiệu điện áp (0 ÷ 3,3V) sang tín hiệu dòng (4 ÷ 20mA). Bộ vi điều khiển STM32F091RC NUCLEO kết hợp lõi RISC 32-bit hiệu suất cao ARM Cortex M0 hoạt động ở tần số lên đến 48MHz, bộ nhớ nhúng tốc độ cao (lên tới 256 kbyte bộ nhớ Flash và 32 kbyte của bộ nhớ SRAM) và một loạt các thiết bị ngoại vi và

các kênh vào ra [3]. Đây là bộ vi điều khiển khá mạnh, khá phổ biến, đặc biệt dung lượng bộ nhớ và tốc độ xử lý lớn hơn ARDUINO UNO R3 và một số bo mạch khác. Để cấu hình bộ cảm biến mức, trên bộ vi điều khiển STM32F091RC NUCLEO ta sử dụng các chân PA12( SYS\_SWCLK) và PA13 ( SYS\_SWDI0). Cấu hình các chân PA0( Trig ) và PA1 (Echo) lần lượt là các chân đầu vào và đầu ra kết nối với cảm biến siêu âm HC-SR04 và chân xuất tín hiệu DAC là chân PA5\_DAC\_2. Sơ đồ đấu nối các mô-đun phần cứng trong bộ cảm biến được minh họa như ở hình 2.



Hình 3. Lưu đồ thuật toán trong bộ vi xử lý

Để tiện khi sử dụng, tác giả tích hợp màn hình LCD kết hợp module giao tiếp I2C để hiển thị thông số và đèn led để hiển thị các trạng thái (trạng thái báo ngưỡng cao, hay ngưỡng thấp của bình). Cụ thể, dùng màn hình LCD16 x 2 với hai dòng hiển thị, dòng thứ nhất hiển mức khoảng cách đo được từ cảm biến tới mặt nước D (cm), dòng thứ hai hiển thị giá trị mức trong bình chứa H (%).

Thuật toán được cài đặt trên vi điều khiển STM32F091RC bao gồm ba nhiệm vụ cơ bản: đo lường, xử lý và chuyển đổi sang dạng tín hiệu chuẩn. Thuật toán này được minh họa ở hình 3, trong đó: D - khoảng cách đo (cm), U - điện áp đầu ra (V), St - thời gian sóng siêu âm được phát từ cảm biến và quay trở lại. Tiến hành triển khai thuật toán đo mức trong vi điều khiển này thông qua phần mềm Arduino IDE.

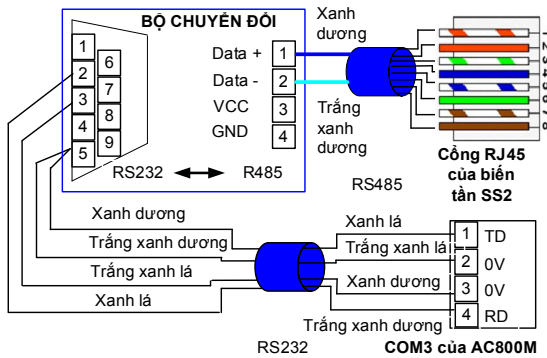
**3. XÂY DỰNG PHẦN CỨNG TỬ ĐIỀU KHIỂN MỨC, CƠ CẤU CHẤP HÀNH**

Cơ cấu chấp hành trong mô hình điều khiển mức dùng hai bơm ly tâm. Chọn bơm Pu01 loại DWO 037 dạng đầu inox với động cơ ba pha công suất 370W (hình 4). Đây là cơ cấu chấp hành chính, là một trong những loại bơm ba pha có công suất nhỏ, phù hợp với mô hình thực hành, thí nghiệm. Bơm Pu02 được chọn loại JSWm 1CX với động cơ một pha công suất 370W. Ngoài ra, ba van SV01, SV02, SV03 được chọn loại van UNI-D có cuộn hút 24VDC. Hệ thống điều khiển của mô hình điều khiển mức (hình 4) dựa trên việc ghép nối các module công nghiệp qua các dây nối và cáp nối truyền thông.

Industrial<sup>IT</sup> 800xA là một hệ thống điều khiển sản xuất của hãng ABB, tích hợp cho các ứng dụng điều khiển quá trình, phù hợp với các nhà máy công nghiệp... So với hệ thống của các hãng khác như Mitsubishi, Omron, Industrial<sup>IT</sup> 800xA có nhiều ưu điểm vượt trội, cụ thể là: cơ chế dự phòng, linh hoạt, hỗ trợ nhiều loại truyền thông, đặc biệt là ethernet, modbus RTU và cáp quang [4]. Do đó trong mạch điều khiển, tác giả dùng CPU AC800M PM864; các module vào, ra số DI810, DO810; module vào tương tự AI810 để kết nối với cảm biến siêu âm; nguồn 24VDC, máy tính PC; aptomat một pha; cầu dao có chì, role trung gian.



Hình 4. Phần cứng hệ thống điều khiển mức và cơ cấu chấp hành

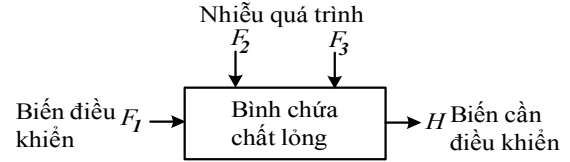


Hình 5. Sơ đồ kết nối truyền thông Modbus RTU giữa biến tần và bộ AC800M

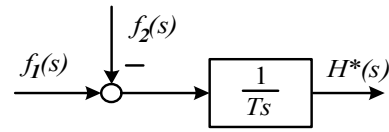
Với mô hình điều khiển mức, lưu lượng nước cấp  $F_1$  là biến điều khiển.  $F_1$  được điều khiển thông qua điều khiển tốc độ bơm ba pha Pu01 với biến tần SS2-043-3.7K (2,2kW) [7]. Tín hiệu điều khiển  $F_1$  được điều chỉnh thông qua truyền thông modbus RTU giữa biến tần và CPU AC800M. Do cổng truyền thông com 3 của CPU là RS232, cổng truyền thông của biến tần là RS485 nên ta cần dùng một bộ chuyển đổi với sơ đồ nối dây được minh họa ở hình 5.

**4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG MẠCH VÒNG ĐIỀU CHỈNH MỨC**

Trên cơ sở của mô hình điều khiển mức ở hình 1, chúng ta xác định được các biến quá trình bao gồm các biến điều khiển, biến được điều khiển và nhiễu như minh họa trong hình 6.



Hình 6. Các biến quá trình của mô hình điều khiển mức



Hình 7. Sơ đồ cấu trúc mô hình điều khiển mức

Theo định luật bảo khối lượng, ta có biến thiên thể tích phần nước trong bình được mô tả ở phương trình (1):

$$\frac{dV}{dt} = F_1 + F_3 - F_2 \tag{1}$$

Với  $V$  là thể tích nước trong bình trụ tròn thẳng đứng,  $V = \pi R^2 H$  ta có phương trình vi phân mô tả bình chứa (2):

$$\frac{dH}{dt} = \frac{1}{A}(F_1 + F_3 - F_2) = g; A = \pi R^2 = \text{const} \tag{2}$$

Từ (2), xét trạng thái xác lập, ta có phương trình (3):

$$\bar{F}_1 + \bar{F}_3 - \bar{F}_2 = 0 \tag{3}$$

Từ (2) và (3), ta có phương trình sai phân mô tả bình chứa (4):

$$\Delta H = \frac{1}{A}(\Delta F_1 + \Delta F_3 - \Delta F_2) \tag{4}$$

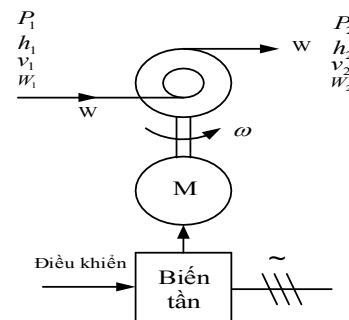
Từ (4), ta có phương trình Laplace mô tả bình chứa (5):

$$H^*(s) = \frac{1}{Ts} [f_1(s) - f_2(s)] \tag{5}$$

với  $H^* = \frac{\Delta H}{H_{\max}}$ ;  $f_1 = \frac{\Delta F_1}{F_{\max}}$ ;  $f_2 = \frac{\Delta F_2 - \Delta F_3}{F_{\max}}$ ;  $T = \frac{A \cdot H_{\max}}{F_{\max}}$  (6)

và ký hiệu ngang trên (\*) để chỉ giá trị của một biến tại điểm làm việc, ký hiệu ( $\Delta$ ) biểu diễn biến chênh lệch so với giá trị tại điểm làm việc;  $f_1, f_2$  - giá trị tương đối của lưu lượng đầu vào, đầu ra của bình (%);  $F_{\max}$  - lưu lượng thể tích cực đại;  $H_{\max}$  - chiều cao cực đại (m);  $H^*$  - giá trị mức tương đối (%).

Từ (5), ta có sơ đồ khối mô tả quá trình mức được minh họa ở hình 7.



Hình 8. Sơ đồ nguyên lý điều chỉnh lưu lượng dùng bơm

- $P_1, P_2$  : Áp suất môi chất ở đầu vào, đầu ra của bơm (N/m<sup>2</sup>)
- $v_1, v_2$  : Thể tích riêng môi chất ở đầu vào, đầu ra của bơm (m<sup>3</sup>/kg)
- $h_1, h_2$  : Hàm enthalpy môi chất ở đầu vào, đầu ra của bơm
- $W_1, W_2$  : Lưu lượng khối lượng môi chất ở đầu vào, đầu ra của bơm (kg/s)
- $Q_1, Q_2$  : Lưu lượng thể tích môi chất ở đầu vào, đầu ra của bơm (m<sup>3</sup>/s)
- $\Phi$  : Thông lượng nhiệt đưa vào trên đơn vị chiều dài (W/m),  $\Phi = 0$
- $\omega$  : Tốc độ quay của động cơ bơm (rad/s)
- $P_s$  : Công suất cấp của bơm (W)
- $u_1, u_2$  : Nội năng đơn vị môi chất ở đầu vào, đầu ra của bơm
- $\eta$  : Hiệu suất của bơm

Trong trường hợp này:

$$v_1 = v_2, Q_1 = Q_2 = F_1, W_1 = W_2 = W = \frac{F_1}{v_1}$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có biến thiên năng lượng của hệ thống bơm (hình 8) được mô tả ở phương trình (7):

$$\frac{dE}{dt} = P_s - F_1(P_2 - P_1) - W(u_2 - u_1) \tag{7}$$

Theo tài liệu [5], ta có phương trình vi phân tốc độ quay của động cơ bơm (10):

$$J \frac{d\omega}{dt} = \frac{\eta P_s}{\omega} - \frac{F_1 P}{\omega} = k \tag{8}$$

với:  $\frac{\eta P_m}{\Omega} = M_d$  là thành phần sinh momen động cơ bơm.

$$\frac{F_1}{\omega} (P_2 - P_1) = \frac{F_1 P}{\omega} = M_c \text{ là thành phần momen tải cản có để làm chuyển động dung dịch.}$$

Điều chỉnh lưu lượng  $F_1$  bằng điều khiển tốc độ bơm tức là điều khiển công suất bơm Pu01. Khi thay đổi lưu lượng bằng thay đổi tốc độ bơm, ta có động học quá trình phi tuyến có quán tính lớn [1]. Từ (8), ta có phương trình sai phân mô tả bơm ly tâm (9):

$$J \Delta \omega = \frac{\eta}{\bar{\omega}} \Delta P_s - \frac{\eta \bar{P}_s - \bar{F}_1 \bar{P}}{\bar{\omega}^2} \Delta \omega - \frac{\bar{P}}{\bar{\omega}} \Delta F_1 - \frac{\bar{F}_1}{\bar{\omega}} \Delta P \tag{9}$$

Từ (9), ta có phương trình Laplace mô tả bơm ly tâm như phương trình (10):

$$f_1(s) = K_1 \Delta P_s + K_2 (1 + sT_2) \Delta \omega + K_3 \Delta P \tag{10}$$

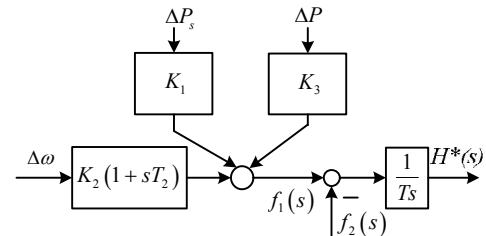
$$\text{với } K_1 = \frac{\eta}{\bar{P} F_{\max}}, K_2 = -\frac{\eta \bar{P}_s - \bar{F}_1 \bar{P}}{\bar{\omega} \bar{P} F_{\max}},$$

$$K_3 = -\frac{\bar{F}_1}{\bar{P} F_{\max}}, T_2 = \frac{J \bar{\omega}^2}{\eta \bar{P}_s - \bar{F}_1 \bar{P}}$$

Kết hợp (5) và (10), ta có phương trình Laplace mô tả quá trình điều khiển mức kết hợp bơm ly tâm (11):

$$H^*(s) = \frac{1}{T_s} [K_1 \Delta P_s + K_2 (1 + sT_2) \Delta \omega + K_3 \Delta P - f_2(s)] \tag{11}$$

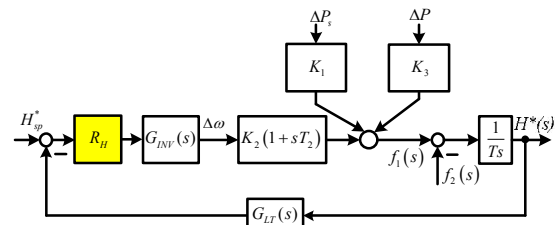
Sơ đồ khối mô tả quá trình điều khiển mức này được minh họa ở hình 9.



Hình 9. Sơ đồ khối mô hình điều khiển mức kết hợp điều chỉnh lưu lượng dùng bơm

### 5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH ĐIỀU KHIỂN MỨC

Áp dụng phương pháp điều khiển phản hồi vào đối tượng trên ta có sơ đồ khối mạch vòng điều chỉnh mức như hình 10.



Hình 10. Mạch vòng điều chỉnh mức

Bộ cảm biến mức dùng sóng siêu âm có hàm truyền  $G_{LT}(s) \approx 1$ .

Biến tần được dùng để điều khiển tốc độ bơm, được cài đặt chạy theo chế độ điều khiển tốc độ theo phương pháp tựa từ thông rotor - FOC kết hợp sensorless, bộ điều khiển tốc độ được tổng hợp theo tiêu chuẩn tối ưu module, theo [6], ta có hàm truyền của toàn bộ khâu điều khiển tốc độ bơm bằng biến tần có dạng công thức (12):

$$G_{INV}(s) = \frac{1}{1 + 2sT_{s0} + 2s^2T_{s0}^2} \approx \frac{1}{1 + 2sT_{s0}} \tag{12}$$

do  $T_{s0}^2$  là thành phần vô cùng bé bậc cao.

Theo kinh nghiệm, chọn  $T_{s0} = 0,5T_2$ , ta có hàm truyền đạt đối tượng có dạng (13):

$$S_0 = G_{INV} K_2 (1 + sT_2) \frac{1}{T_s} = \frac{K_2}{T_s} \tag{13}$$

So với các phương pháp Astron/Shei, Tyreus-Luyben, Nichols-Zigler, IMC-PID theo Skogesfad (SIMC-PID) có độ ổn định bền vững tốt hơn, chỉ số lượng điều khiển tốt hơn

[1]. Áp dụng luật chỉnh định SIMC-PID, ta có bộ điều khiển mức như công thức (14):

$$R_H = K_p \left( 1 + \frac{1}{s\tau_i} \right), \tau_i = 2\tau_c, K_p = \frac{2T}{\tau_c K_2} \quad (14)$$

Với  $\tau_c$  là hằng số thời gian bộ lọc mong muốn.

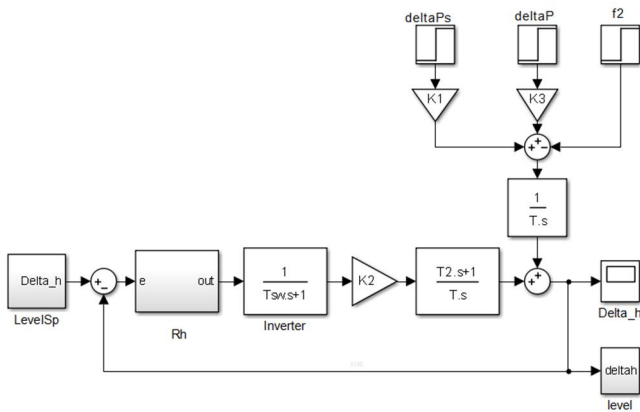
Xét mô hình điều khiển quá trình trên với các thông số:

$$R = 0,3m, F_{max} = 10m^3 / h, F_1 = F_2 = 0,5F_{max}$$

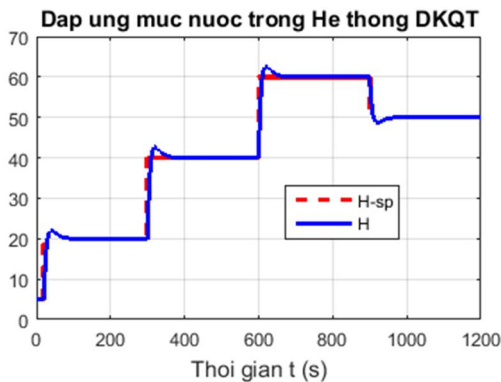
$$H_{max} = 0,6m, \bar{P}_1 = 1N / m^2, \bar{P}_2 = 1,1P_1, J = 0,005kgm^2$$

$$\bar{n} = 2800rpm, \bar{P}_s = 370W, \tau_c = 10s$$

Triển khai mô hình điều chỉnh mức (hình 10) trong Matlab/Simulink, ta có mô hình mô phỏng hệ thống điều chỉnh mức như hình 11 và các đáp ứng điều chỉnh mức nước như hình 12.



Hình 11. Mô hình mô phỏng hệ thống điều chỉnh mức sử dụng Matlab/Simulink



Hình 12. Đáp ứng mức nước bằng mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink

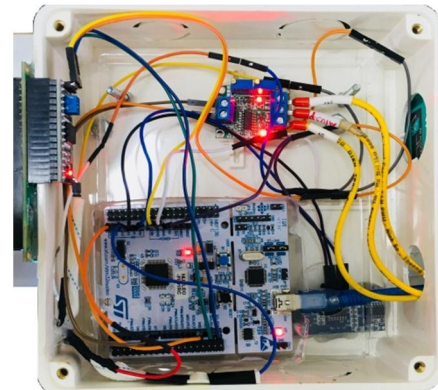
Các kết quả ở hình 12 cho thấy: giá trị mức đặt (đường nét đứt màu đỏ) thay đổi từ 5% lên 20% trong khoảng thời gian từ 30s đến 300s, từ 20% lên 40% trong khoảng thời gian từ 300s đến 600s, sau đó lên 60% trong khoảng thời gian từ 600s đến 900s và giảm xuống còn 50% trong khoảng thời gian từ 900s đến 1200s. Với bộ điều khiển mức dạng tỷ lệ tích phân PI, mức nước trong bình bám khá sát giá trị mức đặt.

**6. KẾT QUẢ CHẠY THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN**

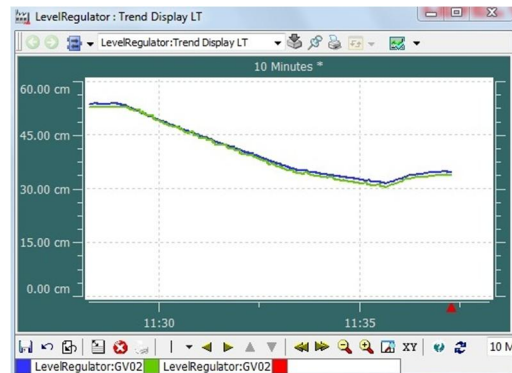
Như đã trình bày trong phần trên, bộ cảm biến mức đã được lắp ráp và tích hợp thành công gồm ba mô-đun: mạch

đo; mạch điều khiển với tính năng thu nhận, phân tích và xử lý thông tin; mạch hiển thị được minh họa ở hình 13.

Ngoài ra, tác giả đã tiến hành lắp đặt toàn bộ mô hình (như ở hình 4) , tích hợp cảm biến mức LT01 vào mô hình. Bên cạnh đó, trong mô hình, tác giả lắp đặt thêm một bộ cảm biến mức thứ hai LT02 loại UB2000-F42-U-V15 của hãng Pepperl. Tiến hành chạy thực nghiệm trên mô hình và hệ thống phần cứng, phần mềm của ABB ta có đường đặc tính tín hiệu đo khoảng cách từ mỗi bộ cảm biến đến bề mặt nước, được minh họa như hình 14.



Hình 13. Bộ cảm biến mức dùng sóng siêu âm LT01



Hình 14. Tín hiệu đo của hai bộ cảm biến siêu âm

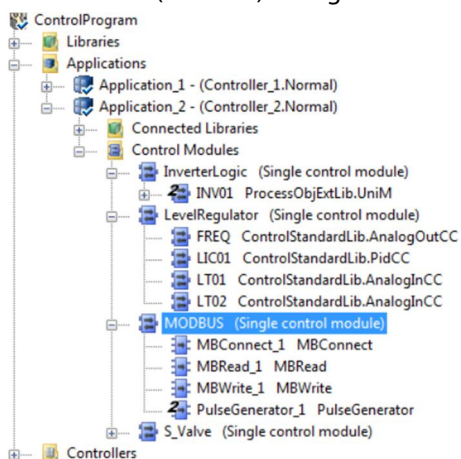
- Chú thích: ■ Tín hiệu đo của bộ cảm biến công nghiệp LT02
- Tín hiệu đo của bộ cảm biến LT01 tự tích hợp

Đường đặc tính của LT01 bám khá sát đường đặc tính của LT02, sai lệch đo của LT01 so với LT02 có nhưng khá nhỏ, không đáng kể, đảm bảo yêu cầu của bộ đo mức.

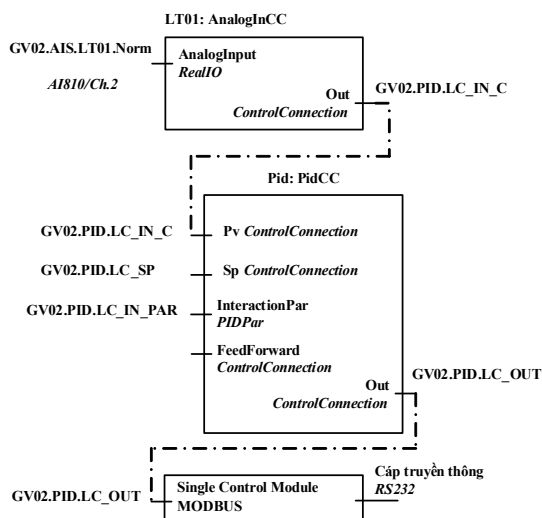
Để kiểm tra tính ổn định của bộ đo mức siêu âm LT01, tác giả tiến hành thiết lập mạch vòng kín điều khiển mức nước. Chương trình điều khiển được thiết lập trên phần mềm Control Builder M Profession V5.1 (CBM), được minh họa ở hình 15. Chương trình này được lập trình dựa trên các Single Control Module và các Control Module với các Parameter kết nối với nhau thông qua các biến toàn cục, được minh họa ở hình 16.

Chương trình truyền thông Single Control Module MODBUS RTU giữa CPU AC800M với biến tần SS2 được minh họa như hình 17. Chương trình truyền thông được thực hiện thông qua các thanh ghi và các hàm MBConnect, MBWrite, MBRead... Thanh ghi H1001 (hệ cơ số 16) chuyển

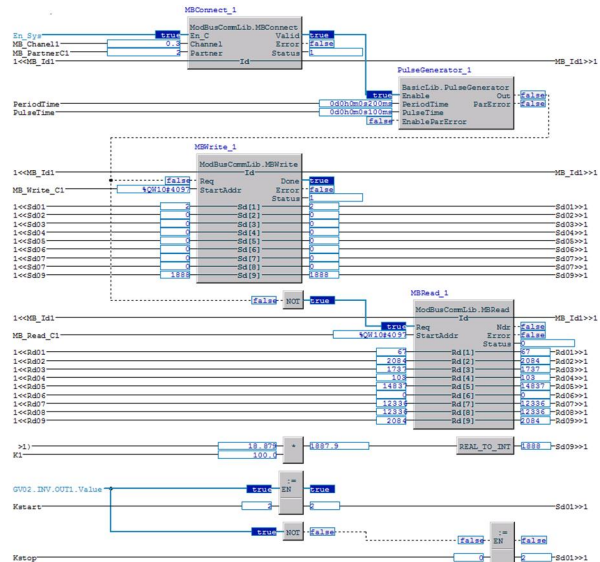
thành 4097 (hệ cơ số 10). Đây là thanh ghi để truyền lệnh start/stop cho biến tần. Thanh ghi H1009 chuyển thành 4105 (hệ cơ số 10). Đây là thanh ghi để truyền tần số đặt từ bộ điều khiển mức LIC (AC800M) xuống biến tần.



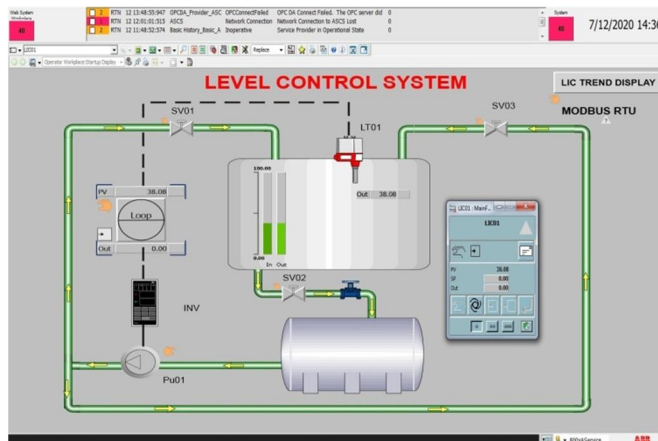
Hình 15. Code chương trình điều khiển trên CBM



Hình 16. Sơ đồ kết nối các khối Control Module trong chương trình điều khiển



Hình 17. Chương trình truyền thông Modbus RTU giữa AC800M với biến tần



Hình 18. Màn hình giao diện điều khiển mức chất lỏng

Phần giao diện vận hành, điều khiển, giám sát được thiết lập trên phần mềm Process Portal A, được minh họa như ở hình 18.

Tiến hành chạy thực nghiệm hệ thống với bộ tham số bộ điều chỉnh được chỉnh định từ công thức (16), ta có các đáp ứng mức nước bình chứa như ở hình 19.

Các kết quả ở hình 19 cho thấy: khi giá trị mức đặt (đường màu đỏ) thay đổi từ 0 lên 20%, từ 20% lên 40%, sau đó lên 60% và giảm xuống còn 50% thì thông qua bộ điều khiển mức nước trong bình đo được (lấy từ cảm biến LT01) luôn bám theo giá trị mức đặt, có sự quá điều chỉnh tại những thời điểm mức đặt thay đổi, sai lệch ở trạng thái ổn định khá nhỏ (<5%). Điều này chứng tỏ cảm biến siêu âm LT01 của tác giả hoạt động khá ổn định, thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật đã đưa ra, có thể dùng cho các hệ thống điều khiển quá trình đòi hỏi việc đo mức và điều chỉnh mức.



Hình 19. Đáp ứng mức nước trong bình khi chạy thực nghiệm

- giá trị mức trong bình LT01(%)
- giá trị mức đặt (%)
- tần số biến tần điều khiển bơm Pu01 (Hz)

## 7. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

Vấn đề nghiên cứu, tích hợp và xây dựng bộ cảm biến mức dùng sóng siêu âm nói riêng và tự xây dựng và tích hợp mô hình điều khiển quá trình là việc rất cần thiết và có

nhiều ý nghĩa do chi phí nhập các mô hình thực hành điều khiển quá trình của nước ngoài khá cao. Trong bài báo này, tác giả đã giới thiệu và trình bày vấn đề tích hợp một bộ cảm biến dạng sóng siêu âm để đo mức trong một mô hình điều khiển quá trình đơn biến mà tác giả tự lắp đặt, tích hợp. Cảm biến này cũng như mô hình hiện đang triển khai cho các học phần thực hành, thí nghiệm trong một số trường đại học. Hướng nghiên cứu tiếp theo: tác giả sẽ bổ sung tính năng truyền thông của bộ cảm biến mức này. Trong thời gian tới, tác giả sẽ triển khai thử nghiệm cảm biến mức này tại một số nhà máy công nghiệp với đối tượng là quá trình đa biến. Với những gì đã làm được, tác giả tin tưởng sẽ có thể triển khai bộ cảm biến này và mô hình điều khiển quá trình này trên diện rộng, tại các trường đại học cũng như trong các nhà máy công nghiệp, từ đó góp phần vào sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa của nước ta.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bùi Quốc Khánh, Phạm Quang Đăng, Nguyễn Huy Phương, 2014. *Điều khiển quá trình*. NXB Khoa học & Kỹ thuật, tr. 119-121, 203-208.
- [2]. Nguyễn Đình Chinh, Giản Quốc Anh, Mai Thế Phú Quý, Nguyễn Tuấn Linh, Nguyễn Tiến Anh, Trần Đức Tân, 2016. *Nghiên cứu phát triển thiết bị đo mưa hỗ trợ cảnh báo trượt lở đất*. Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, số 43, tr. 94-101.
- [3]. STMicroelectronics, STM32 Nucleo-64 boards (MB1136) user manual
- [4]. ABB, 2010. *System 800xA 5.1 Documents*
- [5]. Philip J. Thomas, 1999. *Simulation of Industrial Processes for Control Engineers*. Elsevier Science & Technology Books, pp 222 - 224.
- [6]. Bùi Quốc Khánh, Nguyễn Văn Liễn, Phạm Quốc Hải, Dương Văn Nghi, 2016. *Điều chỉnh tự động truyền động điện*. NXB Khoa học & Kỹ thuật, tr 306 - 318.
- [7]. Shihlin Electric, 2012. *Compact design vector control SS2 series inverter*.

---

#### AUTHOR INFORMATION

##### Nguyen Duc Duong

Faculty of Electricity, University of Economics - Technology for Industries