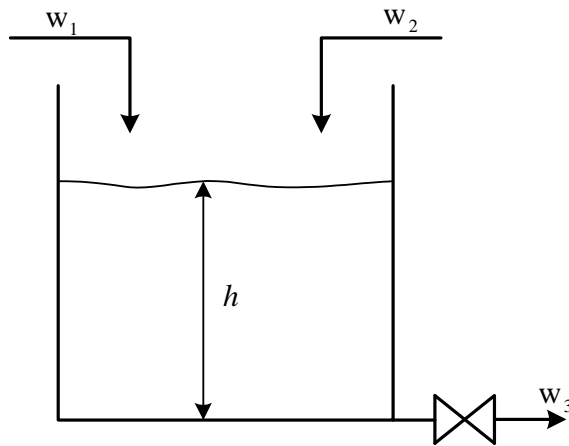


Bài 1: (3đ) Cho hệ bồn chứa như hình vẽ



w_1, w_2 là lưu lượng hai dòng lỏng vào [m^3/s].
 w_3 là lưu lượng dòng lỏng ra [m^3/s], biết w_3 tỉ lệ với căn bậc hai chiều cao mức chất lỏng trong bồn bởi hằng số C_v .

h là chiều cao chất lỏng trong bồn [m].

Diện tích mặt cắt ngang của bồn chứa $A = 2$ [m^2], khối lượng riêng của chất lỏng là $\rho = 500$ [kg/m^3].

- Viết phương trình động học cho mức chất lỏng trong bồn? Viết phương trình ở trạng thái ổn định mức? Biết tại trạng thái ổn định, $w_1 = 1.2$ [m^3/s], $w_2 = 0.6$ [m^3/s], $h = 1.44$ [m]. Tìm C_v (ghi rõ đơn vị)? (1đ)
- Tìm hàm truyền mô tả mối quan hệ giữa sự thay đổi của chiều cao mức chất lỏng quanh trạng thái ổn định với sự thay đổi của lưu lượng vào quanh giá trị ổn định (1đ)
- Một kỹ sư sử dụng bộ điều khiển feedback để duy trì mức chất lỏng tại mức ổn định. Hãy tự chọn biến điều khiển, nhiễu quá trình và vẽ lưu đồ P&ID của hệ? (1đ)

Đáp án:

- Sử dụng định luật cân bằng khối:

$$\begin{aligned}\rho A \frac{dh}{dt} &= \rho w_1 + \rho w_2 - \rho w_3 \\ \Rightarrow A \frac{dh}{dt} &= w_1 + w_2 - C_v \sqrt{h} \\ \Rightarrow A \frac{dh}{dt} + C_v \sqrt{h} &= w_1 + w_2\end{aligned}\quad (0.5)$$

Tại trạng thái ổn định:

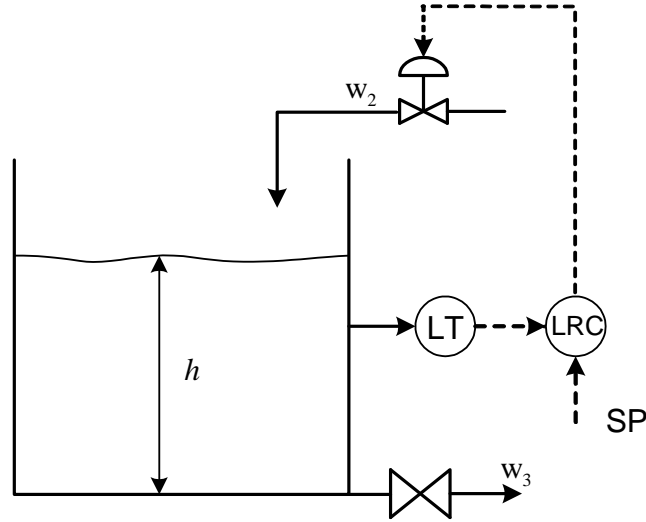
$$\begin{aligned}w_{1s} + w_{2s} - C_v \sqrt{h_s} &= 0 \\ \Rightarrow C_v &= \frac{w_{1s} + w_{2s}}{\sqrt{h_s}} = \frac{1.2 + 0.6}{\sqrt{1.44}} = 1.5 [\text{m}^{2.5} / \text{s}]\end{aligned}\quad (0.5)$$

- Sử dụng pt (2.60) slide bài giảng, ta có hàm truyền

$$\begin{aligned}G(s) = \frac{H(s)}{F(s)} &= \frac{1}{As + \frac{1}{2} \frac{C_v}{\sqrt{h_s}}} = \frac{\frac{2\sqrt{h_s}}{C_v}}{\frac{2A\sqrt{h_s}}{C_v}s + 1} = \frac{K}{\tau s + 1} \\ K &= \frac{2\sqrt{h_s}}{C_v} = \frac{2\sqrt{1.44}}{1.5} = 1.6\end{aligned}\quad (0.5)$$

$$\tau = \frac{2 A \sqrt{h_s}}{C_v} = \frac{2.2 \sqrt{1.44}}{1.5} = 3.2[s] \quad (0.5)$$

- c. MV: w_2 (có thể chọn w_1)
 CV: h
 DV: w_3



Bài 2: (4đ) Một quá trình bao gồm cả cảm biến và van điều khiển có thể được mô hình hóa bởi hàm truyền bậc 3 như sau:

$$G(s) = \frac{12}{(8s+1)(2s+1)(0.2s+1)}$$

- Xấp xỉ hàm truyền về dạng khâu quán tính bậc 1 có trễ sử dụng quy tắc Skogestad.
- Sử dụng mô hình xấp xỉ của câu a với bộ điều khiển tỉ lệ $G_c(s) = K_c$. Tìm điều kiện của K_c để hệ kín ổn định?
- Chọn $K_c = 0.8$, tính offset của hệ khi tín hiệu vào thay đổi nấc đơn vị?
- Để khử offset khi tín hiệu vào thay đổi nấc, các kỹ sư đã sử dụng bộ điều khiển PI. Tìm các thông số của bộ điều khiển bằng phương pháp trực tiếp (Direct Synthesis), biết hằng số thời gian của hệ kín $\tau_c = 0.8$ (s).

Đáp án:

- a. Khâu quán tính bậc 1 có trễ có dạng:

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1} e^{-\theta s}$$

Sử dụng quy tắc Skogestad, ta có:

$$K = 12$$

$$\tau = 8 + 2 / 2 = 9$$

$$\theta = 0.2 + 2 / 2 = 1.2$$

$$\Rightarrow G(s) = \frac{12}{9s+1} e^{-1.2s}$$

- b. Phương trình đặc trưng của hệ kín:

$$1 + G_c(s)G(s) = 0$$

$$1 + K_c \frac{12 e^{-1.2s}}{9s+1} = 0$$

$$\text{Sử dụng xấp xỉ Padé 1/1: } e^{-1.2s} \approx \frac{1 - 0.6s}{1 + 0.6s}$$

$$\Rightarrow 1 + K_c \frac{12}{9s+1} \frac{1-0.6s}{1+0.6s} = 0$$

$$\Rightarrow 5.4s^2 + (9.6 - 7.2K_c)s + 12K_c + 1 = 0$$

Để hệ kín ổn định:

$$\begin{cases} 9.6 - 7.2K_c > 0 \\ 12K_c + 1 > 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow -1/12 < K_c < 1.333$$

c. $K_c = 0.8$

Sử dụng pt 4.28 trong slide bài giảng, ta có:

$$\text{offset} = \frac{\Delta Y_{sp}}{K_{OL} + 1}$$

$$\Delta Y_{sp} = 1$$

$$K_{OL} = K_c K_m K_v K_p = 0.8 \cdot 12 = 9.6$$

$$\Rightarrow \text{offset} = \frac{1}{9.6 + 1} = 0.094$$

d. Hàm truyền của bộ điều khiển PI:

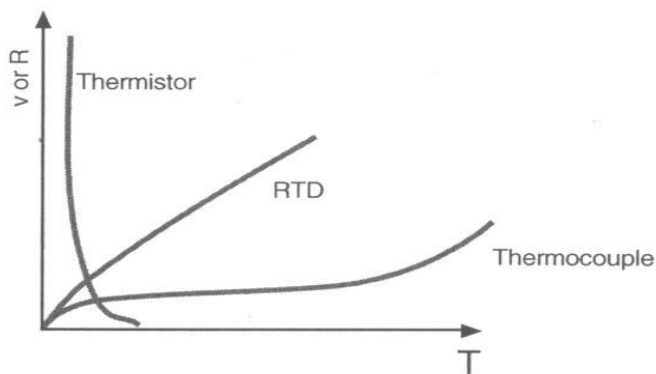
$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_I s} \right)$$

Sử dụng pt 4.44 trong slide bài giảng, ta có:

$$\tau_I = \tau = 9$$

$$K_c = \frac{\tau}{K(\tau_c + \theta)} = \frac{9}{12(0.8 + 1.2)} = 0.375$$

Bài 3: (3đ) The figure illustrates the characteristic of three types of temperature sensor.



- Describe briefly the differences between these types?
- According to your opinion, when engineers need to control temperature with high precision, which kind of sensor should be chosen? Explain?

(SV có thể trả lời bằng tiếng Việt)

Đáp án:

a. Các ý chính sau:

Thermocouple:

- Cấu tạo gồm 2 mối nối của 2 dây kim loại khác nhau. Một đầu giữ ở nhiệt độ cố định, đầu còn lại sử dụng để đo
- Sử dụng hiệu ứng Seebeck
- Tầm đo và độ nhạy phụ thuộc vào cặp kim loại, phổ biến loại K (Chromel/Alumel)
- Trả về điện áp khi nhiệt độ thay đổi

RTD:

- Cấu tạo gồm dây kim loại mảnh quấn xung quanh lõi gốm (ceramic) hoặc thủy tinh (glass)
- Kim loại dùng làm cảm biến là nguyên chất, điển hình: Platinum (Pt), Nickel (Ni) và Copper (Cu). Phổ biến là Pt (Pt100, Pt200...)
- Hoạt động trên nguyên lý là điện trở thay đổi theo nhiệt độ. Do đó trở về điện trở khi nhiệt độ thay đổi.

Thermistor:

- Sử dụng vật liệu bán dẫn, đo sự thay đổi của điện trở theo nhiệt độ
- Có độ nhạy cao (gấp 100 lần so với RTD và 1000 lần so với thermocouple). Do đó có khả năng phát hiện sự thay đổi nhiệt độ rất nhỏ.
- Mối quan hệ giữa điện trở và nhiệt độ có tính phi tuyến cao.

- b.** Dựa vào đồ thị: khi cần điều khiển nhiệt độ với độ chính xác cao các kỹ sư nên dùng **thermistor**

Giải thích: đường đặc tính cho thấy độ nhạy rất cao của thermistor, nên nó có thể phát hiện sự thay đổi nhiệt độ rất nhỏ → thích hợp cho điều khiển chính xác. Hơn nữa, tốc độ thay đổi nhanh khi nhiệt độ thay đổi rất thấp.

GV. Võ Lâm Chương