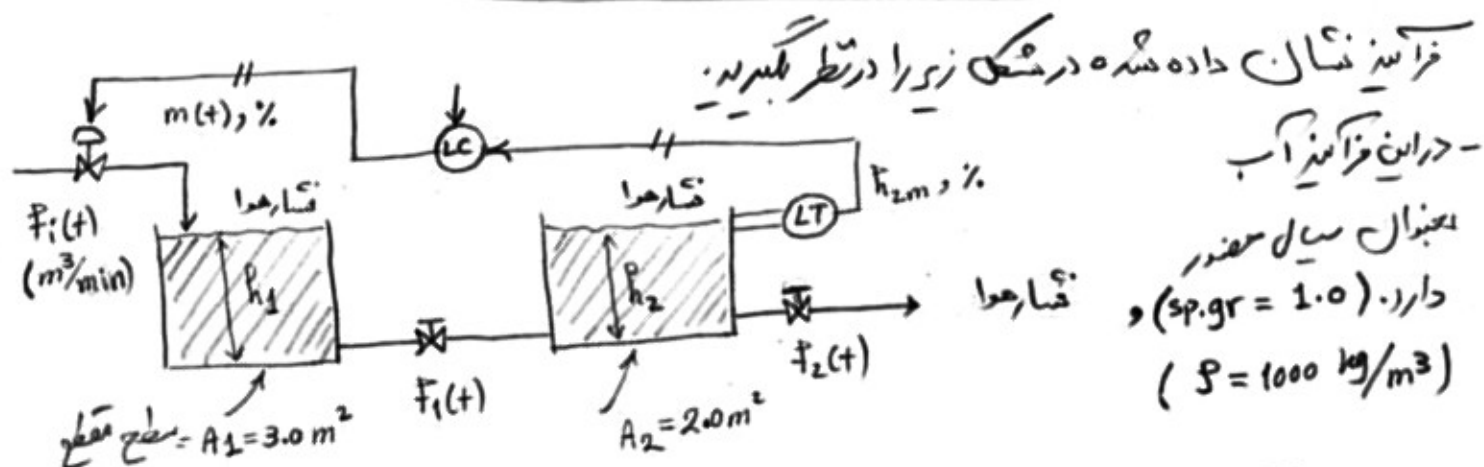


● مثال اول: یادآور، نحوه سبب سازن فرآیند نگین MATLAB/STMULINK



مشخصات فرآیند فوق عبارت است از:

- شیر کنترل دارا افتقا رخط، عملکرد F_C ، انت فشار آب 50 kPa و حد اکثر ظرفیت (CV_{1max})
 $0.0424 \text{ (m}^3/\text{s)}/\sqrt{\text{kPa}}$ می باشد (دیناس ناچیر).

- شیر دست لول و دوم نیز دارا افتقا رخط و حد اکثر ظرفیت:

$$CV_{1max} = 0.05 \text{ (m}^3/\text{s)}/\sqrt{\text{kPa}}, \quad CV_{2max} = 0.025 \text{ (m}^3/\text{s)}/\sqrt{\text{kPa}}$$

- سنسور اندازه گیر ارتفاع مایع در تانک دوم دارا افتقا رخط، دیناس ناچیر و محدوده کالیبراسیون
 $0 - 6.0 \text{ m}$ می باشد.

- مقادیر نامی متغیر ها و پارامتر های فرآیند به صورت زیر است:

$$\bar{m} = 50\%, \quad \bar{V}_{P1} = 1.0, \quad \bar{V}_{P2} = 1.0$$

الف) با نوشتن معادلات حاکم بر فرآیند، مدل فشار حالت نیز خط فرآیند را به دست آورده و سپس در محیط نرم افزار MATLAB/STMULINK آن را سبب سازن کنید.

ب) مدل فشار حالت خط حاکم بر فرآیند را به دست آورده (حول نقطه تعادل آن).

ج) پاسخ مدل خط و نیز خط فرآیند را با هم مقایسه کنید.

الف) محالات حاکم بر فرآیند عبارتند از:

$$\begin{cases} \frac{dh_1}{dt} = (F_i - F_1)/A_1 & (1) \\ \frac{dh_2}{dt} = (F_1 - F_2)/A_2 & (2) \end{cases}, \quad \dot{x}^T = [x_1, x_2] = \text{متغیرهای حالت}$$

$$x_1 = h_1, \quad x_2 = h_2$$

حالت داریم:

$$F_i(t) = C_{v1max} \sqrt{\frac{\Delta P_{V1}}{sp.gr}} \left(\frac{m(t)}{100} \right) \times 60, \quad m^3/min \quad (3)$$

$$F_1(t) = C_{v1max} V_{P2}(t) \sqrt{\frac{\rho g |h_1 - h_2|}{sp.gr \times 1000}} \times \text{sign}(h_1 - h_2) \times 60, \quad m^3/min \quad (4)$$

$$F_2(t) = C_{v2max} V_{P2}(t) \sqrt{\frac{\rho g h_2}{sp.gr \times 1000}} \times 60, \quad m^3/min \quad (5)$$

بنابر این مدل فضا حالت فوق دارای متغیرهای ورودی $V_{P1}(t)$ و $V_{P2}(t)$ و متغیرهای خروجی $F_1(t)$ و $F_2(t)$ است.

$$h_{2m}(t) = \left(\frac{h_2 - h_{2min}}{h_{2max} - h_{2min}} \right) \times 100 \quad (7)$$

- بنابر این محالات (1) تا (7) نشان دهنده مدل فضا حالت زیر خط فرآیند و باشند.

- تعیین نقطه تعادل فرآیند با توجه به مقادیر نام متغیرهای ورودی:

$$\dot{x} = 0 \Rightarrow \bar{F}_1 = \bar{F}_2 = \bar{F}_i$$

$$\Rightarrow \bar{F}_1 = 0.0424 \times \sqrt{\frac{50}{1}} \times \frac{50 \times 60}{100} = 8.9944 \quad m^3/min$$

$$\bar{F}_1 = \bar{F}_2 = 8.9944 \Rightarrow \bar{h}_2 = 3.6650^m, \quad \bar{h}_1 = 4.5812^m$$

$$\Rightarrow \bar{h}_{2m} = 61.0833\%$$

بنیه ساز فرآیند توسط نرم افزار MATLAB/SIMULINK ویرایش R2014b پیاده سازی

فایل شبیه سازی: `<modeling_example1_1.slx>`
Simulink

ارائه شده است.

تابع: `<example1_model.m>`
s-function

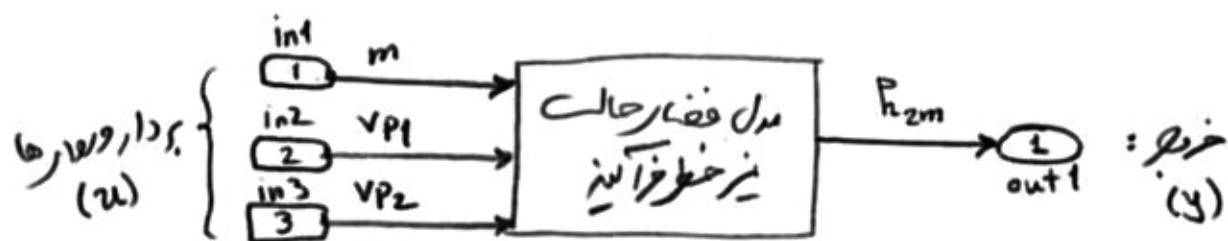
برای حل عددی معادلات مدل از توابع ode 45 با دقت نسبی حدود 1×10^{-6} استفاده
 شده است. پاسخ مدار از فرکانس ۱ تا ۱۰۰ هرتز تغییر یافته. اندازه $\pm 5\%$ در مقادیر پارامترها و گاهی
 (m) در شکل (۱) پیوست ارائه شده است.

همانگونه که مشاهده می‌کنید فرکانس دارا یک مدل FOPDT به صورت زیر بوده است: ($i+3$):

$$\frac{H_{2m}(s)}{M(s)} = \frac{2.55 e^{-0.2s}}{(4.8s + 1)} = G_{p1}$$

ب) جهت تعیین مدل فضای حالت خطی از طریق ماتریس فرکانس و توان از تابع `linmod`
 در نرم‌افزار MATLAB استفاده نموده. نحوه استفاده از تابع مذکور در `help` نرم‌افزار شرح
 داده شده است.

برای استفاده از تابع فوق ابتدا فرکانس سازه را تعیین کرده و تغییر دهنده ورودی‌ها توسط پورت
 ورودی و خروجی‌ها نیز توسط پورت خروجی تعیین داده شده. یعنی داریم:



فرکانس فوق با نام `<modeling_example1_2.sla>` به پیوست ارائه شده است.

برای دریافت ترتیب حالتها و مقادیر اولیه (ناحیه) و توان از دستورات زیر استفاده نمود:

```
> X = Simulink.BlockDiagram.getInitialState('modeling_example1_2')
```

```
> X.signals.values
```

```
> [a,b,c,d] = linmod('modeling_example1_2',[4.5812, 3.6650],[50,1,1])
```

پس از اجرای دستورات فوق مدل خطی فضای حالت به صورت زیر حاصل می‌شود:

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + Bu \\ Y = CX \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} -1.6361 & 1.6361 \\ 2.4541 & -3.0677 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0.06 & -2.998 & 0 \\ 0 & 4.497 & -4.4971 \end{bmatrix}$$

$$C = [0 \quad 16.667]$$

مدل تابع تبدیل ماسین M و H_{2M} نیز به صورت زیر قابل نوشتن:

$$G_P(s) = \frac{H_{2M}}{M} = \frac{2.453}{s^2 + 4.704s + 1.004} = G_{P2}$$

ج. پاسخ مدار از مدل غیر خطی مدار با دو مدل خطی G_{P1} و G_{P2} در بخش (۲) به ازای هر یک تغییرات ۵٪ رسم شده است. نکته مذکور با نام < Figure 2. fig > ذخیره شده است. همانند آنکه می بینید، مگر در هر دو مدل رفتار تقریباً به هم داشته و به هم بسیار نزدیک است. اعمال تغییرات به هم، رفتار سیستم تقریباً حفظ می باشد.