

الف) تعیین معادلات حاکم بر فرآیند با فرض دانسته ثابت :

موازنه جرم : $A_1 \frac{dh_1(t)}{dt} = F_i(t) - F_1(t) \quad (1)$

موازنه جرم : $A_2 \frac{dh_2(t)}{dt} = F_1(t) - F_2(t) \quad (2)$

حالت نامتعین : $\begin{cases} h_1 = x_1, h_2 = x_2 \\ x^T = [x_1, x_2] \end{cases}$ متغیرهای حالت

تعیین دبی عبوری از شیر کنترل :

$F_i(t) = C_{v_i}(t) \sqrt{\frac{\Delta P_{v_i}}{sp.gr}}$

لطف فشار در طرف شیر

گنجایی نیرو

ظرفیت شیر کنترل

با فرض ثابت بودن ΔP_v و $sp.gr$ و خطی بودن رفتار شیر کنترل داریم (و ناچیز بودن دینامیک شیر) :

$F_i(t) = C_{v_{imax}} v_{p_i}(t) \sqrt{\frac{\Delta P_{v_i}}{sp.gr}}$

کاملاً باز

کاملاً بسته

میزان باز بودن شیر کنترل (0-1)

سیگنال کنترل (0-100%)

(valve position)

فرض : $v_{p_i}(t) = \frac{m(t)}{100} \Rightarrow F_i(t) = \left(C_{v_{imax}} \sqrt{\frac{\Delta P_{v_i}}{sp.gr}} \right) \left(\frac{m(t)}{100} \right) \quad (3)$

(7)

- تعیین دبی عبور از شیر دستی اول :

$$F_1(t) = C_{v_1}(t) \sqrt{\frac{\Delta P_{v_1}(t)}{sp.gr}}$$

با فرض خط بودن شیر داریم :

$$F_1(t) = C_{v_{1max}} v_{p_1}(t) \sqrt{\frac{sg |h_1 - h_2|}{sp.gr}} \times \text{sgn}(h_1 - h_2) \quad (4)$$

- تابع علامت (+1 یا -1)

- تعیین دبی عبور از شیر دستی دوم : بطور مشابه داریم :

$$F_2(t) = C_{v_{2max}} v_{p_2}(t) \sqrt{\frac{sg h_2}{sp.gr}} \quad (5)$$

- تعیین ارتفاع اندازه گیرنده توسط سنسور (با فرض نقطه برخورد عرضی نظر از نیس ایل) :

$$h_{2m}(t) = \left(\frac{h_2(t) - h_{2min}}{h_{2max} - h_{2min}} \right) \times 100 \quad (6)$$

$h_{2max} - h_{2min}$ = رنج کالیبراسیون
سنسور ارتفاع

- بنابراین همانند آنکه مشاهده کردیم معادلات (1) تا (7) نشان دهنده مدل

فراکشنه فزون وابسته مدل مذکور دارای دو متغیر حالت (h_1, h_2) و متغیر

ورودی (m, v_{p_1}, v_{p_2}) و یک متغیر خروجی (h_{2m}) وابسته می باشد.

همچنین با توجه به آنکه ترمیم $v_{p_1}(t) \sqrt{|h_1 - h_2|}$ و $v_{p_2}(t) \sqrt{h_2}$ در مدل ظاهر می شود ،

لذا این مدل دارای رفتار غیر خطی (nonlinear) می باشد.

ب) حل عددی (نیمه سار) مدل با توجه به مقادیر عددی بارها مدل
- فرض کنید که فزاینده ذرات مایع ممتنع زیر باشد:

$$A_1 (\text{سطح مقطع تانک اول}) = 3.0 \text{ m}^2$$

$$A_2 (\text{سطح مقطع تانک دوم}) = 2.0 \text{ m}^2$$

$$C_{v1max} (\text{حد اکثر ظرفیت بر کنترل}) = 0.0424 (\text{m}^3/\text{s}) / \sqrt{\text{kPa}}$$

$$\Delta P_{v1} (\text{اختلاف فشار در خروجی کنترل}) = 50 \text{ kPa} (7.3 \text{ psi})$$

$$sp.gr (\text{چگالی مایع}) = 1.0$$

$$C_{v1max} (\text{حد اکثر ظرفیت بر کنترل}) = 0.05 (\text{m}^3/\text{s}) / \sqrt{\text{kPa}}$$

$$C_{v2max} (\text{حد اکثر ظرفیت بر کنترل}) = 0.025 (\text{m}^3/\text{s}) / \sqrt{\text{kPa}}$$

$$\rho (\text{چگالی مایع}) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g (\text{شتاب جاذبه}) = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$h_{2min} (\text{حد پایین ارتفاع مایع در تانک دوم}) = 0 \text{ m}$$

$$h_{2max} (\text{حد بالا ارتفاع مایع در تانک دوم}) = 6.0 \text{ m}$$

$$\bar{V}_{P1} (\text{مقدار نامی مینرال با زود (نیمه سار)}) = 1.0, \bar{F}_1 (\text{دبی نامی عبور از کنترل}) = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\bar{V}_{P2} (\text{مقدار نامی مینرال با زود (نیمه سار)}) = 1.0, \bar{F}_2 (\text{دبی نامی عبور از کنترل}) = \bar{F}_1$$

$$\bar{m} (\text{مقدار نامی مینرال کنترل}) = 50\%, \bar{F}_2 (\text{دبی نامی عبور از کنترل}) = \bar{F}_1$$

حال با توجه به معادله (۴) و (۵) مقادیر نامی ارتفاع مایع در تانک اول و دوم به صورت زیر حاصل

$$\bar{h}_1 (\text{ارتفاع مایع در تانک اول}) = 4.581 \text{ m}, \bar{h}_2 (\text{ارتفاع مایع در تانک دوم}) = 3.665 \text{ m}$$

حال کجک نرم افزار MATLAB/Simulink مدل فیزیکی را پیاده سازی کنید

حل مسئله (سبک ساز) • بدین منظور از دستور `ode45` که حال موجود

رایج - گامای درج چهار با اندازه قدم زمانی متغیر وابسته استفاده شده است •

فایل سبک ساز موجود است • است (MATLAB R2016b)

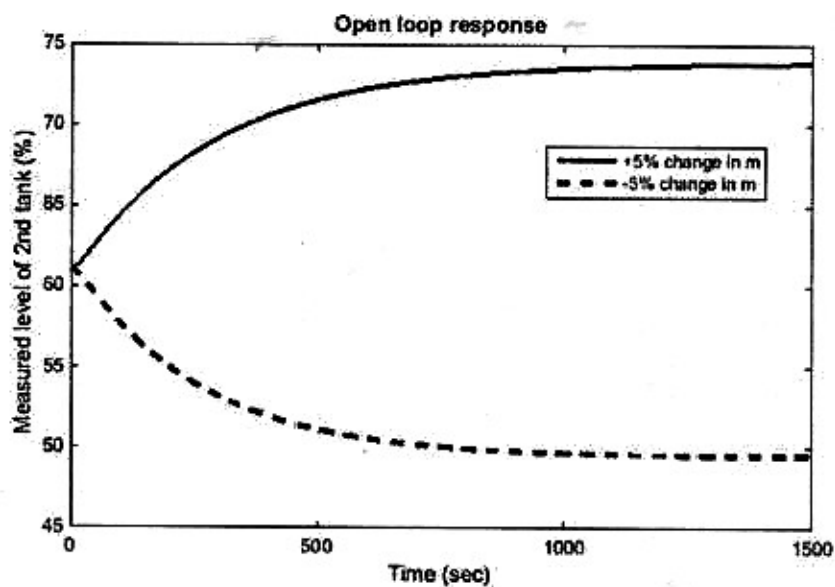
<example1_model.m> و <modeling_example1.slx>

• یک در تغییر مقدار پارامتر m خوانده می شود تغییرات $\pm 5\%$ در مقدار پارامتر

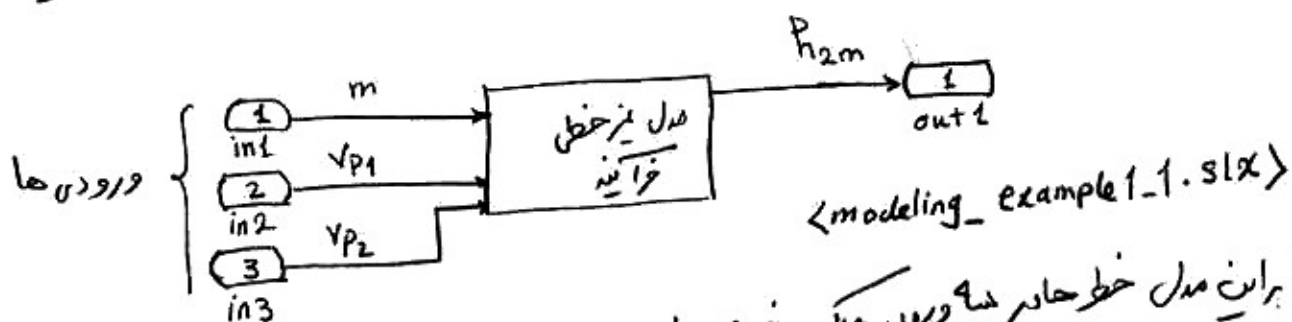
کنترل (m) اعمال شده است • پاسخ مدار باز خوانده می شود و در شکل نمایش داده می شود

شکل (Figure 1) <figure1.fig> • همانگونه که مشاهده کردید خوانده

داده های خروجی حدود 250 ثانیه و در حدود 2.4 وابسته •



حالتی خواهیم مدل خطی فرآیند را حول نقطه کار تعیین کنیم. بدین منظور بایستی ترسها نیز خطی مدل در مدل از طریق بسط تیلور خطی شوند. البته ممکن است نام `linmod` در MATLAB و توان فرم فضای حالت خطی را تعیین نمود. برای استفاده از تابع `linmod`، ابتدا باید فایل سیمه ساز را بدینا تغییر داد تا ورودیها و خروجیها توسط پورسها مربوطه مشخص شده باشند. بهر صورت زیر:



نبا این مدل خطی حاضر شده و مدبر و یک خروجی (دو حالت) خواهد بود. برای دریافت ترتیب حالتها و مقادیر اولیه آنها، میتوان از دستورات زیر استفاده نمود:

> `x = Simulink.BlockDiagram.getInitialState('sys')`

نام
فایل سیمه ساز فرآیند

> `x.signals.values`

دستورات ایجاد دستورات فوقی مقادیرهای حالتی بعد از زیر حاصل میشوند:

> `[4.581, 3.665]`

حال با استفاده از دستور زیر و توان مدل فضای حالت خطی را تعیین نمود:

> `[a,b,c,d] = linmod('sys', [4.581, 3.665], [50, 1, 1])`

اسم فایل مدل x_0 : مقادیرهای ورودیها u_0 : مقادیرهای خروجیها

نهایتاً خواهیم داشت:

$$a = \begin{bmatrix} -0.0273 & 0.0273 \\ 0.0409 & -0.0511 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 0.001 & -0.05 & 0 \\ 0 & 0.0749 & -0.075 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} 0 & 16.6667 \end{bmatrix}, \quad \begin{cases} \dot{x} = ax + bu \\ y = cx \end{cases} \quad \checkmark$$

با استغفار از دستورات زیر نیز در حال توابع تبیین خراکیده را محسن نمود:

> sys = ss(a,b,c,d) : تعريف نظام حالة

$G_p = \text{tf}(\text{sys})$: حساب توانای نه یں :

توابع تبه در حاصل عبارتند از:

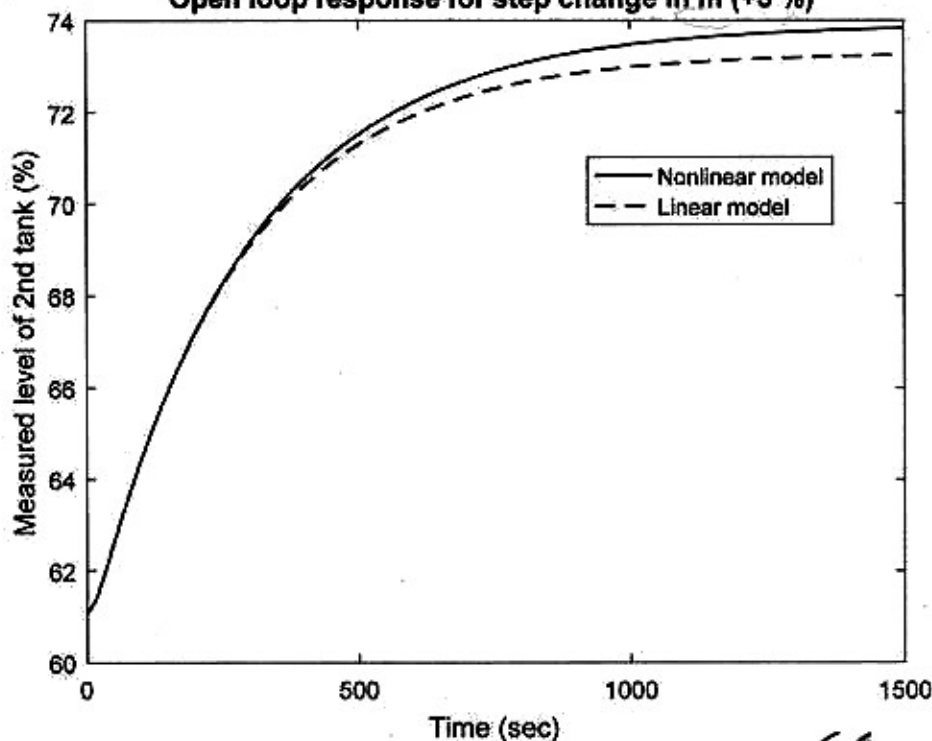
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{H_{2m}(s)}{M(s)} = \frac{0.000681}{s^2 + 0.0784s + 0.000279} \\ \frac{H_{2m}(s)}{V_{P1}(s)} = \frac{1.249s}{s^2 + 0.0784s + 0.000279} \\ \frac{H_{2m}(s)}{V_{P2}(s)} = \frac{-1.249s - 0.0341}{s^2 + 0.0784s + 0.000279} \end{array} \right.$$

`<modeling_example1_2.slx>`

در شکل زیر (Figure 2) مقایسه آجاسین پاسخ به یک تغییر در ورودی خط خطی است. اگر از آن تغییر می باشد به اندازه $+5\%$ در سیگنال ورودی گرفته است، همانند آن که مشاهده می شود در نمودار. اعمال تغییر

Open loop response for step change in $m (+5\%)$

74



از مقام دوستی تقریباً یک سال و نیم.