

مباحث ویژه در کنترل -

هدف از این درس آشنایی با مدل‌های دینامیکی و روش‌های طراحی سیستم‌های کنترل می‌باشد.

انواع مدل‌ها عبارتند از: مدل‌های اساسی مختلف مانند مدل‌های زیر:

• White Box (بر اساس قوانین فیزیکی) ↔ Black Box (مدل مجهول)

• Linear ↔ Nonlinear

• Static ↔ Dynamic

• Lumped ↔ Distributed

• Time domain ↔ Frequency domain

• Discrete ↔ Continuous

مراحل تعیین مدل مطابق زیر برای طراحی در بزرگ مقیاس است:

قانون بقای جرم:

تغییرات جرم درون = نرخ جرم ورود - نرخ جرم خروج

مدل جرم را می‌توان به صورت جرم و یا به صورت مول، نمایی داد. البته دقت شود که اگر درستی واکنش‌ها و نرخ‌ها، کل جرم و فرآیند یکسان بود، دل‌مکس است که مدل به صورت فرآیند یکسان نباشد (مدل‌ها). فرآیند یکسان است اما واکنش‌ها و نرخ‌ها در مدل خروجی کم‌تر یا بیشتر از ورودی است (۳۳).

Modeling (relation between inputs and outputs of process)

We can tune the controller only after the process steady-state and dynamic characteristics are known.

Types of model

- White box (first principles) $\leftrightarrow$ black box (empirical)
- Linear $\leftrightarrow$ non-linear
- Static $\leftrightarrow$ dynamic
- Distributed $\leftrightarrow$ lumped
- Time domain $\leftrightarrow$ frequency domain
- Continuous $\leftrightarrow$ discrete

A modeling procedure

1. Define goals

Specific design decisions
Numerical values
Functional relationships
Required accuracy

2. Prepare information

Sketch process and identify system
Identify variables of interest
State assumptions and data

3. Formulate model

Conservation balances
Constitutive equations
Rationalize
Check degrees of freedom
Dimensionless form

4. Determine Solution

Analytical
Numerical

5. Analyze results

Check results for correctness
Limiting and approximate answers
Accuracy of numerical method

Interpret results

Plot solution

Characteristic behavior

Relate results to data and assumptions

Evaluate sensitivity

6. Validate model

Select key values for validation
Compare with experimental results
Compare with results from more complex model

مقاييس دولية SI، انجليزي:

$$F = ma / g_c, \quad g_c = \text{مقاييس دولية}$$

SI: $\begin{cases} F = \text{Newton (N)}, L = m, M = kg, t = s, \theta = K(^{\circ}C), \\ g_c = 1, N = \frac{kg \cdot m}{s^2}, P = Pa = N/m^2, \text{انرژی} = J = N \cdot m \end{cases}$

انجليزي: $\begin{cases} F = lb_f, L = ft, M = lb_m, t = s, \theta = ^{\circ}R (^{\circ}F) \\ g_c = 32.174 \frac{lb_m \cdot ft}{lb_f \cdot s^2}, P = Psi = lb_f/in^2, W = \frac{Btu}{lb} \\ lb_f = \frac{lb_m \cdot ft/s^2}{32.174 \frac{lb_m \cdot ft}{lb_f \cdot s^2}} \checkmark \end{cases}$

متر: $\begin{cases} F = kg_f, L = m, M = kg, t = s \\ g_c = 9.806 \frac{kg \cdot m}{kg_f \cdot s^2}, P = kg_f/m^2, W = \frac{cal}{g} \end{cases}$

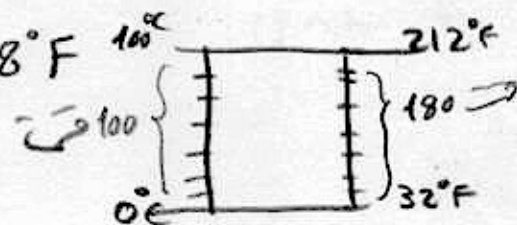
CGS: $\begin{cases} F = dyne, L = cm, M = g, t = s \\ g_c = 1.0, dyne = \frac{g \cdot cm}{s^2}, P = \frac{dyne}{cm^2}, \text{انرژی} = dyne \cdot cm \end{cases}$

فشار، مطلق، نسبي: $1 atm = 1.013 \times 10^5 Pa = 14.73 Psi = 760 mmHg$

(فشار، gage)

دما مطلق (K, °R) و دما نسبي (°F, °C)

دما: $\begin{cases} K = ^{\circ}C + 273.15 \\ ^{\circ}R = ^{\circ}F + 459.67 \\ (^{\circ}F - 32) / 1.8 = ^{\circ}C \end{cases}$



(*)

* موازنه جرم جزئی : نوشتن موازنه جرم برای اجزاء موصله در یک حجم کنترل نیز همانند موازنه جرم کل بوده ولی باید با دقت بیشتر نوشته شود (حفظ دقت و عدد و اکتسایمیه) .

- برای تعریف غلظت اجزاء در یک مخلوط از تعاریف مختلفی استفاده می شود که در این مرور شده اند :
تعداد مولکول اجزاء در یک

* غلظت مولی جزء نام (C_i) : تعداد مولکول اجزاء در یک واحد حجم مخلوط = $\frac{n_i}{V}$ (در SI : $\frac{\text{kmol}}{\text{m}^3}$)
کل حجم مخلوط

- دقت شود که تعریف فوق با دانسته مولی (C) ، استنباط شود که $C = \frac{n}{V}$ ، بنابراین داریم :

$$C = \frac{n}{V} = \sum_{i=1}^N C_i \quad N = \text{تعداد اجزاء در مخلوط} \quad \text{جرم جزء نام}$$

* غلظت جرمی جزء نام (P_i) : جرم جزء نام بر واحد حجم مخلوط = $\frac{m_i}{V}$ (در SI : $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)
حجم مخلوط

- دقت شود که تعریف فوق با دانسته جرمی (P) ، استنباط شود :

$$P = \frac{m}{V} = \sum_{i=1}^N P_i \Rightarrow \frac{P}{C} = \frac{m}{n} = M \quad \text{وزن مولکولی مخلوط}$$

$$\frac{P_i}{C_i} = \frac{m_i}{n_i} = M_i \quad \text{وزن مولکولی جزء نام}$$

* کسر مولی جزء نام (x_i, y_i) : تعداد مولکول اجزاء در یک واحد مولکول مخلوط (بدون واحد) :

$$x_i, y_i = \frac{n_i}{n} = \frac{C_i}{C}$$

- رابطه وزن مولکولی مخلوط با کسر مولی اجزاء :

$$M = \frac{P}{C} = \frac{\sum P_i}{C} = \frac{\sum C_i M_i}{C} = \sum_{i=1}^N x_i M_i$$

* کسر جرمی جزء نام (w_i) : جرم جزء نام بر کل جرم مخلوط (بدون واحد) :

$$w_i = \frac{m_i}{m} = \frac{P_i}{P}$$

$$M = \frac{P}{C} = \frac{P}{\sum C_i} = \frac{P}{\sum \frac{P_i}{M_i}} = \frac{1}{\sum \frac{w_i}{M_i}} \quad \frac{1}{M} = \sum_{i=1}^N \frac{w_i}{M_i}$$

- رابطه مابین کسر جرم و کسر مولی :

$$x_i = \frac{C_i}{C} = \frac{g_i/M_i}{g/M} = w_i \left(\frac{M}{M_i} \right)$$

$$= \frac{w_i/M_i}{\sum_{i=1}^N w_i/M_i}$$

$$w_i = \frac{g_i}{g} = \frac{C_i M_i}{C M} = x_i \left(\frac{M_i}{M} \right) = \frac{x_i M_i}{\sum_{i=1}^N x_i M_i}$$

- در گازها بعضی از مولکولها بجای کسر مولی یا جرم از فشار جزئی استفاده می‌شود :

$$P_i = \text{فشار جزئی جزئی} = y_i P \leftarrow P = \sum_{i=1}^N P_i$$

فشار جزئی

کسر مول جزئی

$$y_i = \frac{P_i}{P} = \frac{n_i}{n} \quad \text{و} \quad \frac{n}{P} = \frac{n_i}{P_i}$$

فشار جزئی گازها
در یک حجم
کمی از گازها
در یک ظرف
نمودار مولی

معادله فتن با نام : قانون گازها ارازی شده است :

$z = 1$ for Ideal gas
or other gas at low press

$$PV = z n R T$$

نمودار مولی

$$\Rightarrow \frac{n}{P} = \frac{V}{z R T}$$

$$\Rightarrow \frac{n_i}{P_i} = \frac{V}{z_i R T}$$

$$z = z_i \Rightarrow \frac{n}{P} = \frac{n_i}{P_i}$$

مفهوم فشار جزئی : اگر تمام اجزا از سیستم خارج شوند
محفظه (V) توسط گاز نام اشغال می‌شود آنگاه فشار
سیستم برابر با P_i خواهد بود.

- در مولاتی که غلظت جزئی نام خیلی کم است از واحد PPM (Part Per million) استفاده می‌شود.

- تعیین دبی عبور از شیر دستی لول :

$$F_1(t) = C_{v1}(t) \sqrt{\frac{\Delta P_{v1}(t)}{sp.gr}}$$

با فرض خطی بودن شیر داریم :

$$F_1(t) = C_{v1max} v_{p1}(t) \sqrt{\frac{sg|h_1-h_2|}{sp.gr}} \times \text{sgn}(h_1-h_2) \quad (4)$$

- تابع علامت (+1 یا -1)

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

$$F_2(t) = C_{v2max} v_{p2}(t) \sqrt{\frac{sg h_2}{sp.gr}} \quad (5)$$

- تعیین ارتفاع اندازه گیرنده توسط فشار (با فرض نقطه برخورد و خطی بودن شیر از (نایس آل) :

ارتفاع کالیبره شده
نسبت ارتفاع

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

- بنابراین می‌توانیم که مدل‌های گوناگون معادلات (1) تا (7) شکل دهنده مدل

فراکشن فزون و بایه . مدل مذکور دارای دو متغیر حالت (h_1, h_2) و دو متغیر

ورودی (m, v_{p1}, v_{p2}) و یک متغیر خروجی (h_{2m}) خواهد بود .

همچنین با توجه به اینکه ترکیب $v_{p1}(t) \sqrt{|h_1-h_2|}$ و $v_{p2}(t) \sqrt{h_2}$ در مدل ظاهر شده است ،

لذا این مدل دارای رفتار غیر خطی (nonlinear) خواهد بود .

(ب) حل عددی (نیمه سار) مدل با توجه به مقدار عددی بار اثرها مدل
- فرض کنید که فزاینده ذرات خاکستف از زیر و باره:

$$A_1 (\text{سطح مقطع تانگ لول}) = 3.0 \text{ m}^2$$

$$A_2 (\text{سطح مقطع تانگ دم}) = 2.0 \text{ m}^2$$

$$C_{v1 \max} (\text{حد اکثر ظرفیت میر کترل}) = 0.0424 (\text{m}^3/\text{s}) / \sqrt{\text{kPa}}$$

$$\Delta P_{v1} (\text{اختلاف ف رطوف میر کترل}) = 50 \text{ kPa} (7.3 \text{ psi})$$

$$\text{sp.gr} (\text{چگالی دیره سول}) = 1.0$$

$$C_{v1 \max} (\text{حد اکثر ظرفیت میر دس لول}) = 0.05 (\text{m}^3/\text{s}) / \sqrt{\text{kPa}}$$

$$C_{v2 \max} (\text{حد اکثر ظرفیت میر دس دم}) = 0.025 (\text{m}^3/\text{s}) / \sqrt{\text{kPa}}$$

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

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

$$h_{2 \min} (\text{حدقل ارتفاع مایع در تانگ دم}) = 0 \text{ m}$$

$$h_{2 \max} (\text{حد اکثر ارتفاع مایع در تانگ دم}) = 6.0 \text{ m}$$

$$\bar{V}_{P1} (\text{مقدار نامی میرال بار بود میر دس لول}) = 1.0, \bar{F}_1 (\text{دینامی عبور از میر کترل}) = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\bar{V}_{P2} (\text{مقدار نامی میرال بار بود میر دس دم}) = 1.0, \bar{F}_1 (\text{دینامی عبور از میر دس لول}) = \bar{F}_1$$

$$\bar{m} (\text{مقدار نامی سفل کترل}) = 50\%, \bar{F}_2 (\text{دینامی عبور از میر دس دم}) = \bar{F}_1$$

حال با توجه به معادله (۴) و (۵) مقدار نامی ارتفاع مایع در تانگ لول و دم میر دس حاصل

$$\bar{h}_1 (\text{ارتفاع نامی تانگ لول}) = 4.582 \text{ m}, \bar{h}_2 (\text{ارتفاع نامی تانگ دم}) = 3.665 \text{ m}$$

$$\bar{f}_1 = \bar{f}_2 = \bar{f}_3 = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

حال تک نرمل فرامتلر MATLAB/Simulink مدل قذوق را مصلوب عدل

حل مکلنم (سبکسازر) . بدین منظور از دفر `ode45` که حال مکلنم

رایج - کاتای درجه چهار با اندازه قدم زمانی متغیر مصلوب استفاده مکلنم .

فایل سبکسازر مصلوب ارانم مکلنم است (MATLAB R2014b)

<example1_model.m> و <modeling_example1.slx>

- در تغییر مقدار بازمدل خوانم یک تغییر مکلنم به اندازه $\pm 5\%$ در مقدار نامی سفل

کترل (m) اعمال مکلنم . مصلوب مقدار بازمدل خوانم مکلنم سفل ارانم

مکلنم است <figure_openloop.fig> . مکلنم مکلنم مکلنم مکلنم مکلنم

در اکسپت مکلنم مکلنم 250 مکلنم مکلنم مکلنم 2.4 مکلنم .

