

Desacoplamiento y linealización de un tanque de mezclado por realimentación del estado

© 2019, Antonio Sala Piqueras, Universitat Politècnica de València. Todos los derechos reservados.

Presentación en vídeo: <http://personales.upv.es/asala/YT/V/mixfl.html>

Este código ejecutó correctamente en Matlab R2019a

Motivación y objetivos: El objetivo de este vídeo es modelar un tanque de mezclado, incorporando no-linealidades y diseñar una realimentación del estado que, a partir de dos medidas, linealice y desacople el sistema.

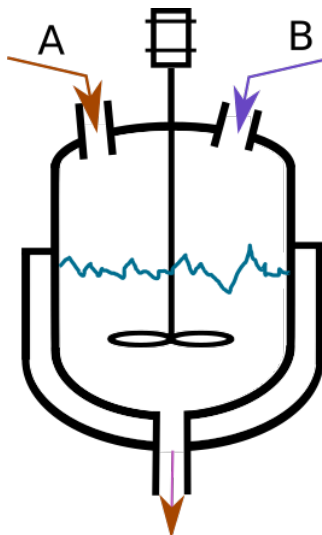
Tabla de Contenidos

Descripción del sistema y modelado.....	1
Ec. físicas.....	1
Representación en variables de estado (interna).....	2
Desacoplamiento y linealización por realimentación.....	2

Descripción del sistema y modelado

La figura representa un tanque donde entran un caudal q_a de producto A y otro caudal q_b de producto B y se mezclan.

El depósito tiene un conducto de salida que descarga a presión atmosférica.



Ec. físicas

```
syms v_a v_b x_a x_b dv_adt dv_bdt q_s h q_ain q_bin
S=0.75;k_out=4; %parámetros constantes
```

```
Modelo=[ h==(v_a+v_b)/S; q_s==k_out*sqrt(h); dv_adt==-q_s*x_a+q_ain; ...
dv_bdt==-q_s*x_b+q_bin; x_a==v_a/(v_a+v_b); x_b==1-x_a]
```

Modelo =

$$\begin{pmatrix} h = \frac{4v_a}{3} + \frac{4v_b}{3} \\ q_s = 4\sqrt{h} \\ dv_{adt} = q_{ain} - q_s x_a \\ dv_{bdt} = q_{bin} - q_s x_b \\ x_a = \frac{v_a}{v_a + v_b} \\ x_b = 1 - x_a \end{pmatrix}$$

Representación en variables de estado (interna)

Despejamos todas las variables restantes en función de entradas (**qain,qbin**) y estados (**va,vb**):

```
ReprInterna=solve(Modelo,dv_adt,dv_bdt,q_s,x_a,x_b,h)
```

ReprInterna = *struct with fields:*

```
dv_adt: [1x1 sym]
dv_bdt: [1x1 sym]
q_s: [1x1 sym]
x_a: [1x1 sym]
x_b: [1x1 sym]
h: [1x1 sym]
```

```
derivEstado=[ReprInterna.dv_adt;ReprInterna.dv_bdt]
```

derivEstado =

$$\begin{pmatrix} q_{ain} - \frac{4v_a \sqrt{\frac{4v_a}{3} + \frac{4v_b}{3}}}{v_a + v_b} \\ q_{bin} + 4\sqrt{\frac{4v_a}{3} + \frac{4v_b}{3}} \left(\frac{v_a}{v_a + v_b} - 1 \right) \end{pmatrix}$$

```
EcSalida=[ReprInterna.x_a;ReprInterna.h] %salidas controladas sólo...
```

EcSalida =

$$\begin{pmatrix} \frac{v_a}{v_a + v_b} \\ \frac{4v_a}{3} + \frac{4v_b}{3} \end{pmatrix}$$

Desacoplamiento y linealización por realimentación

```
y1=EcSalida(1);
dxa_dt=simplify(jacobian(y1)*derivEstado)
```

dxa_dt =

$$\frac{q_{\text{ain}} v_b - q_{\text{bin}} v_a}{(v_a + v_b)^2}$$

```
y2=EcSalida(2);
dh_dt=simplify(jacobian(y2)*derivEstado)
```

dh_dt =

$$\frac{4 q_{\text{ain}}}{3} + \frac{4 q_{\text{bin}}}{3} - \frac{32 \sqrt{3} \sqrt{v_a + v_b}}{9}$$

Aparecen las entradas con sólo derivar una vez cada salida.

```
DerivSalidas=[dxa_dt;dh_dt];
```

Podemos desacoplar si se puede despejar q_{ain} y q_{bin} para que las derivadas tengan un valor deseado arbitrario

```
syms v1 v2
sol=solve(DerivSalidas==[v1;v2],[q_ain,q_bin]);
sqa=simplify(sol.q_ain)
```

sqa =

$$\frac{9 v_2 v_a + 12 v_1 v_a^2 + 12 v_1 v_b^2 + 24 v_1 v_a v_b + 32 \sqrt{3} v_a \sqrt{v_a + v_b}}{12 (v_a + v_b)}$$

```
sqb=simplify(sol.q_bin)
```

sqb =

$$-\frac{12 v_1 v_a^2 - 9 v_2 v_b + 12 v_1 v_b^2 + 24 v_1 v_a v_b - 32 \sqrt{3} v_b \sqrt{v_a + v_b}}{12 (v_a + v_b)}$$

```
%comprobamos
simplify(subs(dxa_dt,[q_ain,q_bin],[sqa,sqb]))
```

ans = v_1

```
simplify(subs(dh_dt,[q_ain,q_bin],[sqa,sqb]))
```

ans = v_2

parece una expresión complicada... ¿y si se hace cambio de variable en función de x_a y h ? Así, además, se pone en función de las salidas realmente medidas.

```
sqa2=simplify(subs(sqa,[v_a,v_b],[x_a*S*h,(1-x_a)*S*h]))
```

sqa2 =

$$\frac{3 h v_1}{4} + \frac{3 v_2 x_a}{4} + 4 \sqrt{h} x_a$$

```
sqb2=simplify(subs(sqb,[v_a,v_b],[x_a*S*h,(1-x_a)*S*h]))
```

sqb2 =

$$\frac{3 v_2}{4} - \frac{3 h v_1}{4} - \frac{3 v_2 x_a}{4} - 4 \sqrt{h} x_a + 4 \sqrt{h}$$

El resultado final es $x_A = \frac{1}{s} v_1$, $h = \frac{1}{s} v_2$, lineal y desacoplado.