

Sistema térmico: modelado y análisis de propiedades

© 2021, Antonio Sala Piqueras, Universitat Politècnica de València. Todos los derechos reservados.

Presentación en vídeo: <http://personales.upv.es/asala/YTV/termem.html>

Este código funcionó correctamente con Matlab R2020b

Objetivo: introducir en Matlab el modelo en representación interna de este sistema térmico. Calcular un punto de funcionamiento. Analizar las propiedades en tiempo y frecuencia.

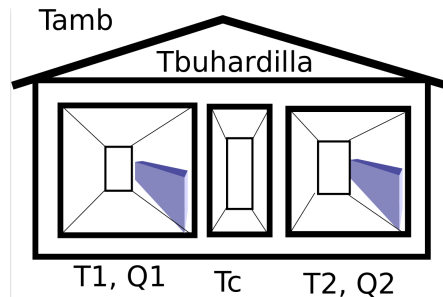


Tabla de Contenidos

Modelado.....	1
Análisis de propiedades.....	2
Ganancia, punto de funcionamiento.....	2
Respuesta temporal.....	3
Modos de la respuesta temporal.....	4
Respuesta en frecuencia.....	4

Modelado

```
%parámetros constantes del sistema
k_hab_ext1=.24; k_hab_ext2=.27;
k_hab_c=.33; k_techo1=0.4; k_techo2=0.35; k_techo_c=0.08; k_tejado=0.55;
c_h1=210; c_h2=180; c_centra=45; c_buh=420;

MassMatr=diag([c_h1 c_h2 c_centra c_buh]) ;
%usamos la sintaxis Matlab M\N <==> inv(M)*N
A=MassMatr \ [-(k_hab_ext1+k_hab_c+k_techo1) 0 k_hab_c k_techo1; ...
              0 -(k_hab_ext2+k_hab_c+k_techo2) k_hab_c k_techo2; ...
              k_hab_c k_hab_c -(2*k_hab_c+k_techo_c) k_techo_c; ...
              k_techo1 k_techo2 k_techo_c -k_techo1-k_techo2-k_techo_c-k_tejado];

A = 4x4
    -0.0046         0     0.0016     0.0019
         0    -0.0053     0.0018     0.0019
     0.0073     0.0073    -0.0164     0.0018
     0.0010     0.0008     0.0002    -0.0033
```

```
B=MassMatr \ [1 0 k_hab_ext1; 0 1 k_hab_ext2; 0 0 0; 0 0 k_tejado]
```

```
B = 4x3
    0.0048    0    0.0011
         0    0.0056    0.0015
         0         0         0
         0         0    0.0013
```

```
C=eye(4); %sacamos todas las temperaturas como salida, por el momento.
casa=ss(A,B,C,zeros(4,3));
casa.InputName={'Q1','Q2','Tamb'};
casa.StateName={'T1','T2','Tc','Tb'};
casa.OutputName=casa.StateName; %al ser C=I salidas y estados coinciden
```

Análisis de propiedades

Ganancia, punto de funcionamiento

```
Gan=dcgain(casa)
```

```
Gan = 4x3
    1.7251    0.6700    1.0000
    0.6700    1.7004    1.0000
    1.1477    1.1318    1.0000
    0.7365    0.6911    1.0000
```

```
gancasaT1T2_Q1Q2=Gan(1:2,1:2)
```

```
gancasaT1T2_Q1Q2 = 2x2
    1.7251    0.6700
    0.6700    1.7004
```

```
[U,S,V]=svd(gancasaT1T2_Q1Q2)
```

```
U = 2x2
   -0.7136   -0.7006
   -0.7006    0.7136
S = 2x2
    2.3829         0
         0    1.0426
V = 2x2
   -0.7136   -0.7006
   -0.7006    0.7136
```

```
cond(S)
```

```
ans = 2.2855
```

```
gancasaT1T2_amb=Gan(1:2,3)
```

```
gancasaT1T2_amb = 2x1
    1.0000
    1.0000
```

Por ejemplo, podemos usar la matriz de ganancia para calcular puntos de funcionamiento.

$y = Gu + G_{pert} \cdot T_a$, busco $0 = Gu + G_{pert} \cdot T_a$, esto es $u = -G^{-1}G_{pert} \cdot T_a$

La matriz (ganancia, rég. permanente) que indica los incrementos de actuadores Q_1 , Q_2 que cancelarían un grado de incremento de T_a es:

```
Prealim=-inv(gancasaT1T2_Q1Q2)*gancasaT1T2_amb
```

```
Prealim = 2×1
-0.4147
-0.4247
```

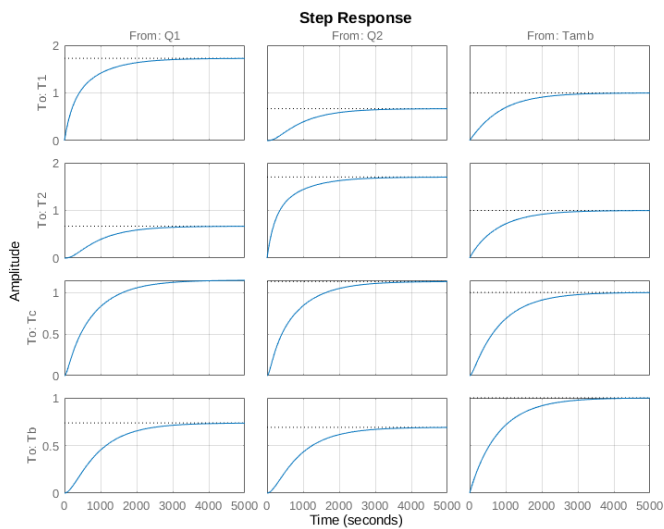
Los valores de actuadores necesarios para compensar 15 grados de frío exterior son:

```
act_15=Prealim*(-15)
```

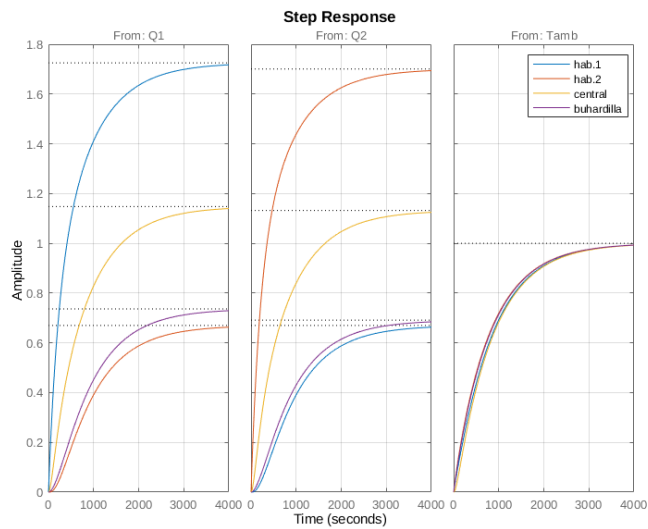
```
act_15 = 2×1
6.2210
6.3702
```

Respuesta temporal

```
step(casa), grid on
```



```
step(casa(1,:),casa(2,:),casa(3,:),casa(4,:),4000), grid on, legend('hab.1','hab.2','ce')
```



Modos de la respuesta temporal

```
[V,D]=eig(A);
[S,idx]=esort(diag(D));
S'
```

```
ans = 1x4
    -0.0012    -0.0049    -0.0052    -0.0183
```

```
V(:,idx) %modos
```

```
ans = 4x4
    0.5158    0.8220   -0.0770   -0.1132
    0.4709   -0.4683   -0.7646   -0.1387
    0.5316    0.1834   -0.4820    0.9838
    0.4791   -0.2670    0.4208    0.0024
```

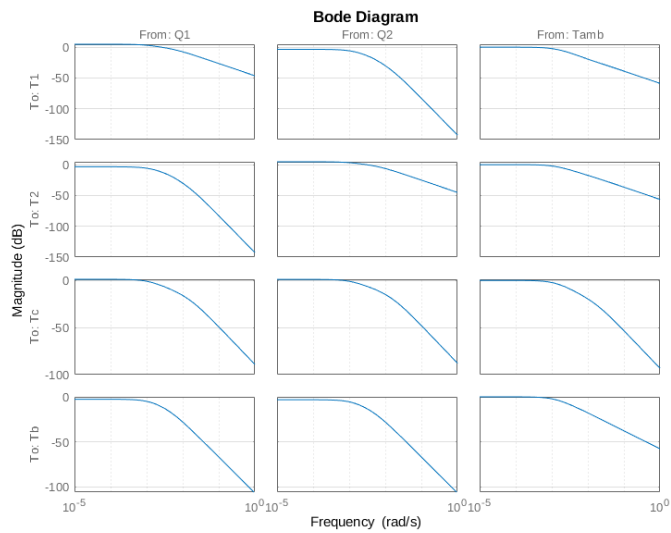
```
-4./S' %tiempos de establecimiento de cada modo
```

```
ans = 1x4
    103 ×
    3.2519    0.8185    0.7704    0.2184
```

Respuesta en frecuencia

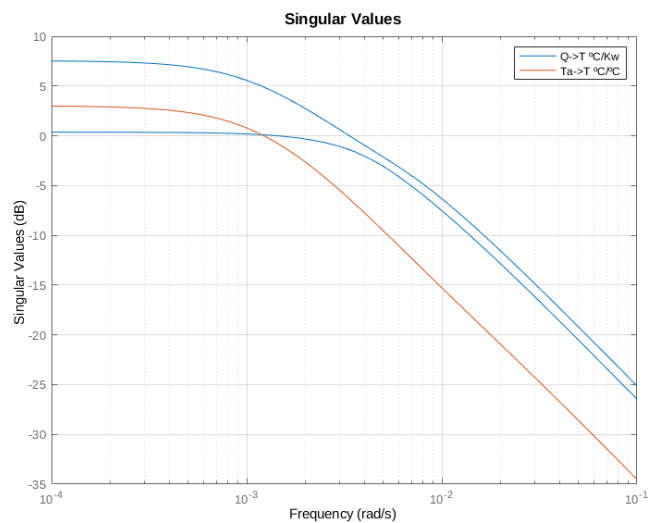
12 diagramas de Bode no son demasiado informativos...

```
bodemag(casa), grid on %sólo amplitud
```



Valores singulares de manipuladas o perturbación a controladas:

```
sigma(casa(1:2,1:2), casa(1:2,3)), grid on
legend("Q->T °C/Kw", "Ta->T °C/°C")
```



Nota: saber si se pueden seguir ciertas referencias o cancelar ciertos incrementos de temperatura ambiente de una cierta amplitud necesita de "escalado", no en los objetivos de este material.