

Mixed sensitivity con polos lentos: inconvenientes debidos a cancelación

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

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

Este código funcionó correctamente en Matlab R2018b

Objetivo: comprobaremos que mixed sensitivity internamente efectua **cancelaciones** de polos y ceros (en el semiplano izquierdo, claro). Ello puede dar lugar a problemas en la respuesta ante perturbaciones a la entrada (corrección lenta o efecto de gran amplitud). En ese caso, habrá que modificar la planta generalizada (objetivo de otros materiales).

Tabla de Contenidos

1.- Modelado.....	1
2.- Diseño mixed sensitivity.....	2
Análisis de resultados referencia salida, referencia acc. control.....	3
Respuesta desde perturbación a la entrada de la planta hasta salida.....	4
Conclusiones.....	6

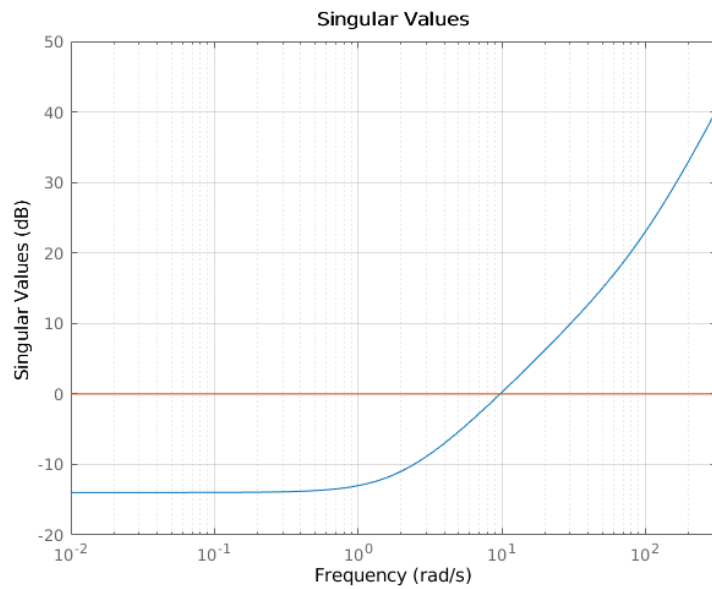
1.- Modelado

Supongamos un proceso con algunos polos muy lentos

```
clear all
s=tf('s');
prueba=1;
switch prueba
    case 1
        G=10/(s+2)/(0.01*s+1);
    case 2
        G=10/(s+4e-2)/(0.01*s+1);
    case 3
        G=10/s/(0.01*s+1);
end
```

Si la planta se ha escalado de modo que el actuador satura a $|u(j\omega)| \leq 1$, y se desea seguir referencias o cancelar perturbaciones en salida de amplitud 1, entonces podremos controlarlos hasta el corte de $\text{inv}(G)$ con 0dB, aproximadamente.

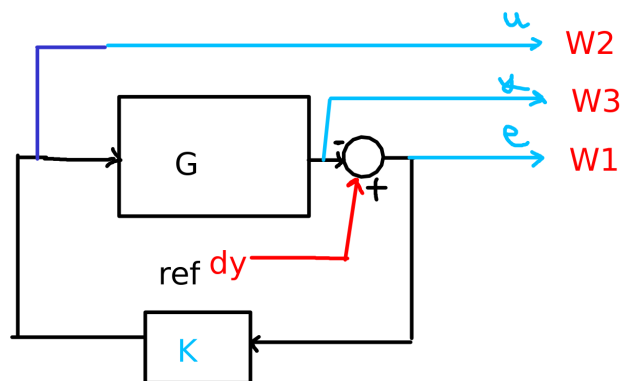
```
sigma(G,tf(1),logspace(-2,2.5,100),1), grid on % TYPE =1 dibuja la inversa de la planta
```



Esto es, hasta un ancho de banda de casi 10 rad/s, semiperíodo $\pi/9.5 \approx 0.33$ segundos como una estimación "grosso modo" del tiempo de establecimiento más rápido conseguible.

2.- Diseño mixed sensitivity

Vamos a hacerlo con mixed sensitivity:



```
Wycl=1/6; %peso ref->salida
Wu=1;
switch prueba
case 1
    anchobandaobjetivo=8.74;
case {2,3}
    anchobandaobjetivo=8.92;
end

plantillaerr=makeweight(0.01,anchobandaobjetivo,4); %hasta 4 en pico sensibilidad.
Werr=1/plantillaerr;
[Kms,~,GAMms,~]=mixsyn(G,Werr,Wu,Wycl);
```

GAMms

GAMms = 1.0000

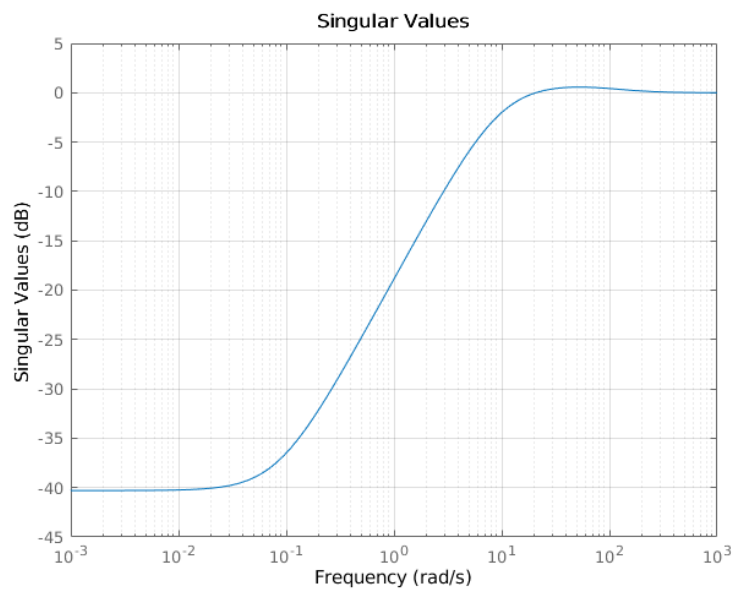
Análisis de resultados referencia → salida, referencia → acc. control

Analicemos las prestaciones y el regulador obtenido:

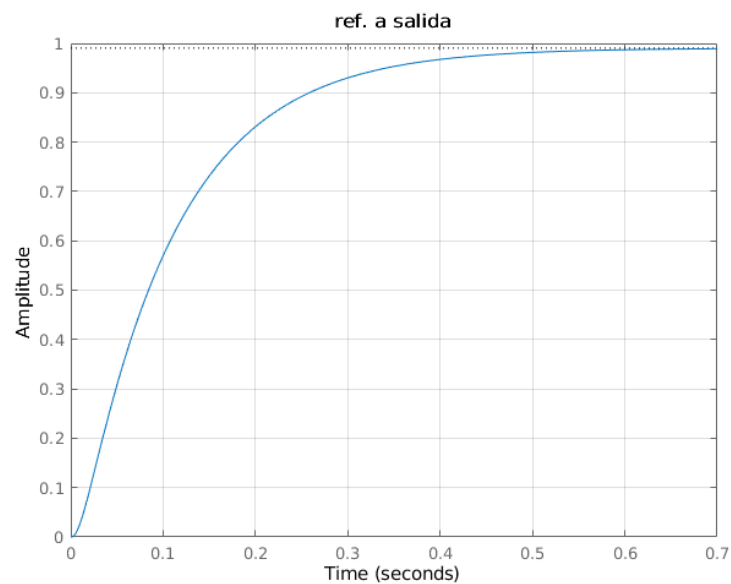
```
S=minreal(feedback(1,G*Kms)); %referencia a error
```

2 states removed.

```
sigma(S),grid on
```



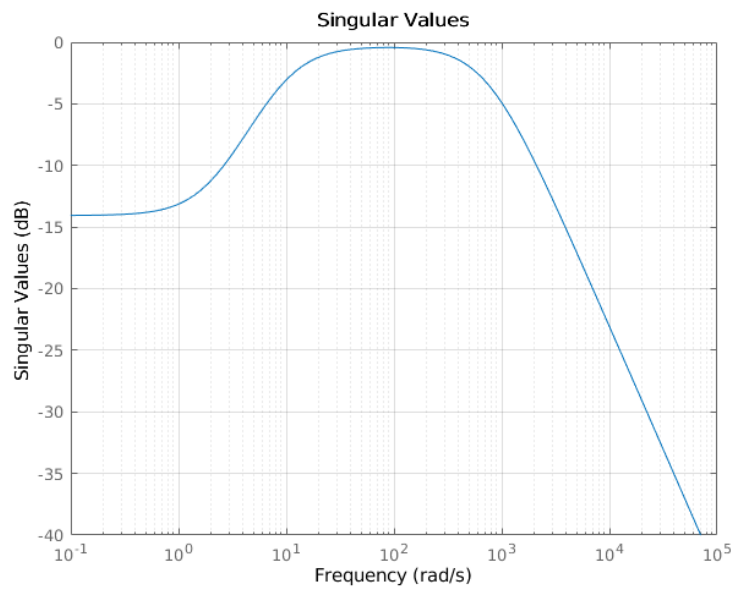
```
step(1-S),grid on, title('ref. a salida')
```



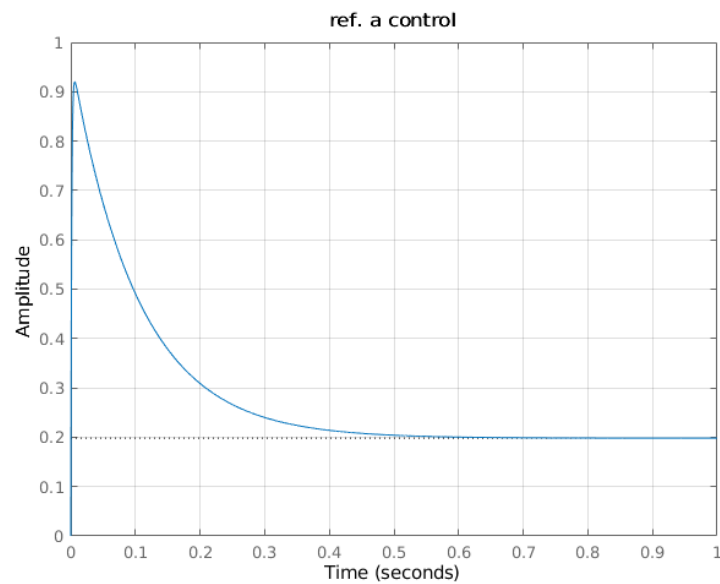
```
KS=minreal(Kms*S); %ref. a acción de control
```

3 states removed.

```
sigma(KS),grid on
```



```
step(KS),grid on, title('ref. a control')
```

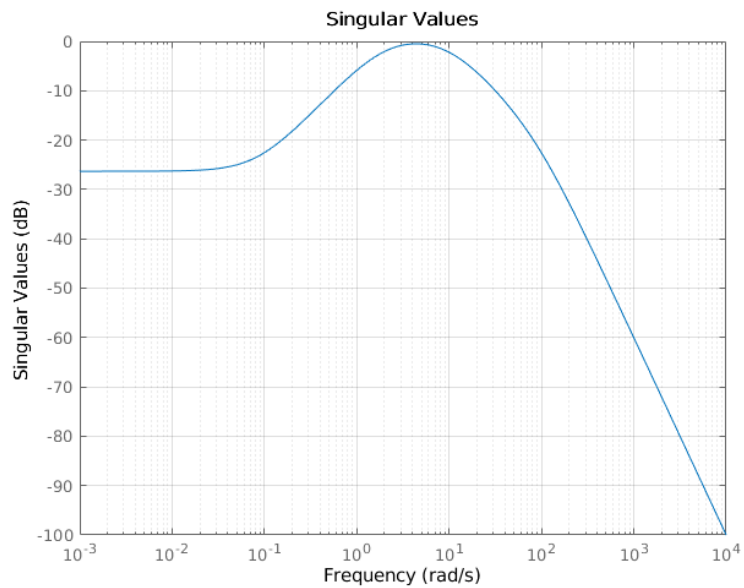


Parecen correctos, pero este bucle tiene un ¡¡¡problema importante!!! [en pruebas 2 y 3]

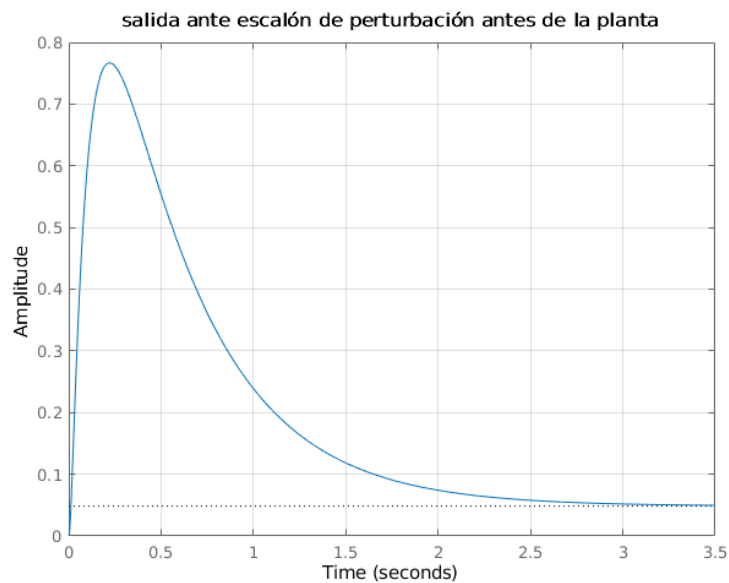
Respuesta desde perturbación a la entrada de la planta hasta salida

```
GS=minreal(G*S); %du a y
```

```
sigma(GS), grid on
```



```
step(GS), grid on, title('salida ante escalón de perturbación antes de la planta')
```



¿Por qué? GS tiene un polo lento:

```
zpk(GS)
```

```
ans =
```

$$\frac{1000 (s+724.6) (s+111.9) (s+0.08463)}{(s+100) (s+100.7) (s+726.2) (s+9.713) (s+2)}$$

Continuous-time zero/pole/gain model.

K mixed sensitivity (K_{ms}) lo ha **cancelado** de la planta, por lo tanto $S=1/(1+GK)$ no lo tiene (buscamos un comportamiento "rápido" de ref. a error, y lo conseguimos cancelando el polo), y como ese polo era un cero en K, tampoco lo tiene $K*S$ (conseguimos buen comportamiento, rápido, de ref. a acc. control). **Pero entonces sí lo tiene $G*S$: respuesta lenta ante perturbaciones en entrada de proceso G.**

```
zpk (Kms)
```

```
ans =
```

```

      703.33 (s+2) (s+100)
-----
(s+111.9) (s+724.6) (s+0.08463)
```

```
Continuous-time zero/pole/gain model.
```

```
zpk (G)
```

```
ans =
```

```

      1000
-----
(s+100) (s+2)
```

```
Continuous-time zero/pole/gain model.
```

- Si un regulador cancela un polo inestable de una planta, el bucle NO es internamente estable (respuesta de $\delta u \rightarrow y$ se hace infinito).
- Si un regulador cancela un polo estable pero lento de una planta, el bucle sí es internamente estable pero la respuesta de $\delta u \rightarrow y$ tiene un componente "lento" que no está presente en la respuesta ante referencia o perturbación a la salida... no se hace "*infinito*" pero puede hacerse "*grande*".
- Como mixsyn no considera perturbación en entrada, el optimizador "*no es consciente*" del problema.

***IMPORTANTE: Este problema es común a todos los reguladores basados en "cancelación".**

Conclusiones

La metodología mixed sensitivity cancela todos los polos estables de la planta que considera necesario, incluyendo $(s + 10^{-5})$, para conseguir los objetivos de optimización. El comando `mixsyn` [y cualquier técnica que cancele polos lentos de la planta] no obtiene buen resultado con $G(s)=1/s$, o $G(s)=1/(s^2)$, generando una respuesta ante perturbaciones a la entrada básicamente inaceptable... al menos en caso monovariable sí obtiene buen resultado con procesos con ancho de banda objetivo como mucho una década más allá del ancho de banda de la planta en bucle abierto.