

Análisis en frecuencia de bucle cerrado (control monovariable)

Antonio Sala

Notas sobre control de sistemas complejos

DISA – Universitat Politècnica de València

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



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Introducción

Motivación:

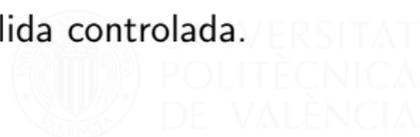
El análisis temporal (t_{est} , δ) se suele usar para validar reguladores ante cambios de referencia, pero el análisis en frecuencia también aporta información para ese caso y para cancelar perturbaciones, y para ver efecto de ruido de medida.

Objetivos:

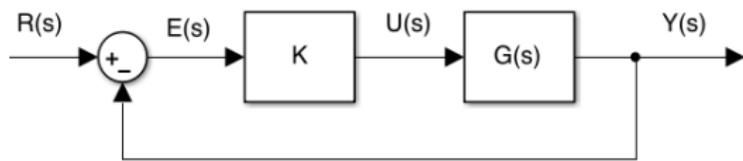
Comprender las características esenciales de la respuesta en frecuencia de bucle cerrado en un diseño de control.

Contenidos:

Respuesta en frecuencia de referencia a error, acción de control y salida controlada.
Interpretación para rechazo de perturbaciones.



El bucle de control 1GL estandar



$$y = Gu = GK(r - y), \quad u = K(r - Gu), \quad e = r - y = r - GKe$$

Resulta en:

$$e = \mathbf{S} \cdot r = \underbrace{(I + GK)^{-1}}_S \cdot r \quad \text{Sensibilidad}$$

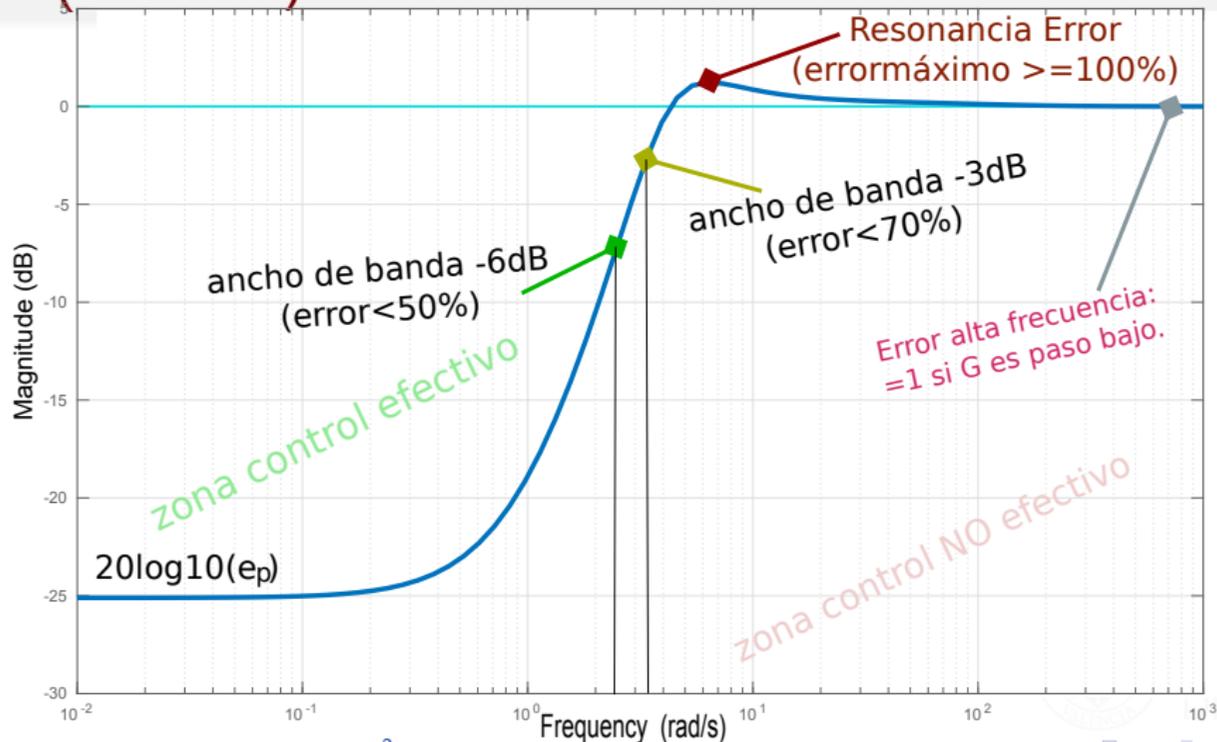
$$y = \mathbf{T} \cdot r = \underbrace{GK(I + GK)^{-1}}_T \cdot r \quad \text{Sensibilidad Complementaria}$$

$$u = \mathbf{KS} \cdot r = \underbrace{K(I + GK)^{-1}}_{KS} \cdot r \quad \text{Sensibilidad de Control}$$



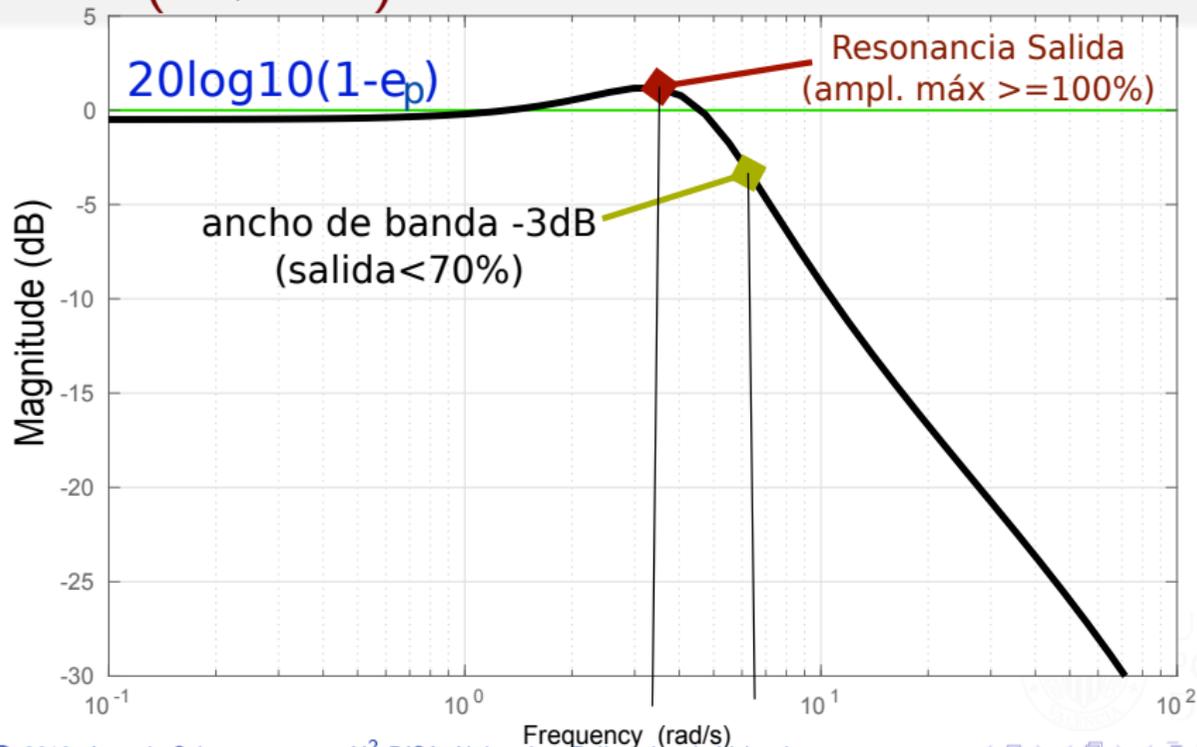
Respuesta en frecuencia referencia a error

$$S = (1 + GK)^{-1}$$



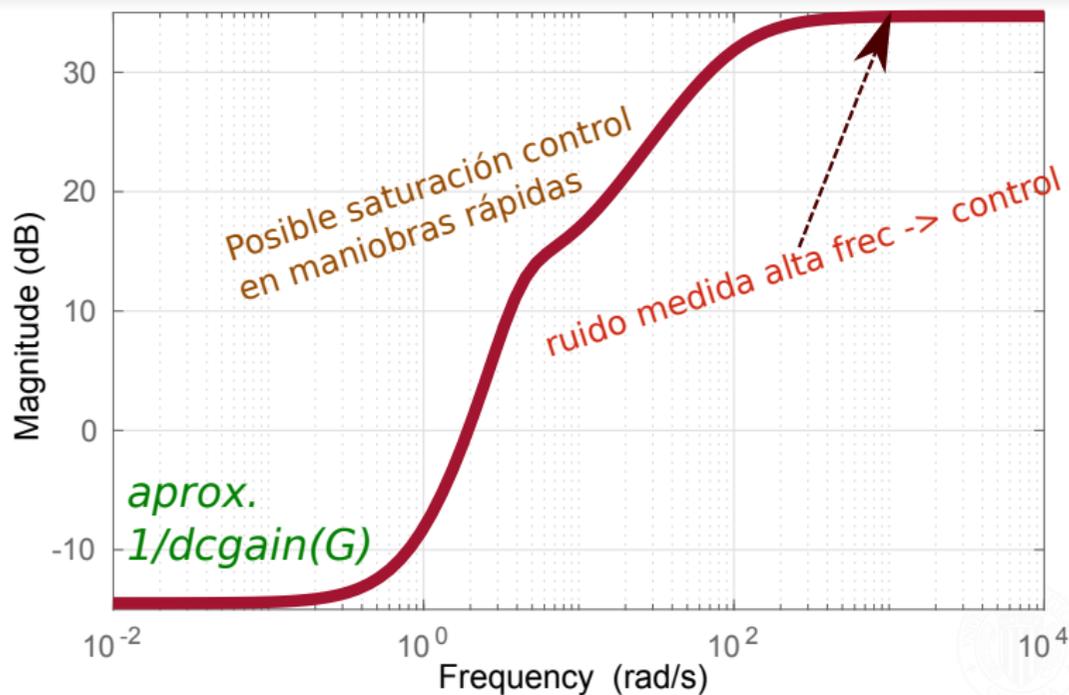
Respuesta en frec. referencia a salida

$$T = GK(1 + GK)^{-1}$$



Respuesta en frec. referencia a control

$$KS = K(1 + GK)^{-1}$$



Relación tiempo-frecuencia

Problema: **relación tiempo-frecuencia** poco clara...

- Tiempo de **subida** t_R (rise time): (pasar del 10% al 90% del v.final) relacionado con el ancho de banda de bucle cerrado ($S(j\omega_B) \leq 0.7 (\approx -3dB)$).
Tiempo de subida aproximadamente **inversamente proporcional a** ω_B .
- **Sobreoscilación**: relacionado con **pico de resonancia** de bucle cerrado (bajar pico de T o pico de S puede reducir la sobreoscilación).

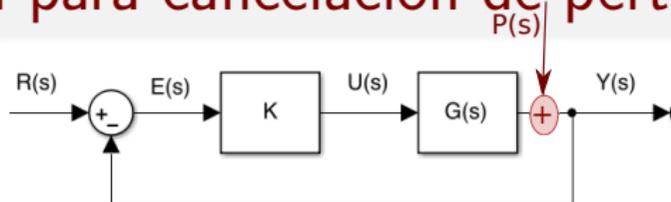
Ejemplo: sistema de 2º orden $T \approx \omega_N^2 / (s^2 + 2\xi\omega_N s + \omega_N^2)$, sobreosc,

$$\delta = e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}}$$

- $\xi \geq 0.707 \Rightarrow$ no pico resonancia T , sobreoscilación menor del 5%.
- $\xi < 0.707 \Rightarrow$ Pico de resonancia $M_T = \frac{1}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}}$;
 $M_T = 2$ (6dB) \Rightarrow sobreoscilación 43%



Interpretación para cancelación de perturbaciones



S , KS también tienen interpretación en problemas con perturbaciones:

$$Y(s) = \overbrace{\frac{1}{1 + GK}}^S \cdot P(s), \quad U(s) = \overbrace{\frac{K}{1 + GK}}^{KS} \cdot P(s)$$

- Sensibilidad S pequeña: cancelación de perturbación a esa frecuencia.
- KS grande: amplificación en el control de componentes de dicha perturbación a la frecuencia en cuestión.

* T (salida “antes del ruido de proceso”) no tiene demasiado significado en este problema.

*Respuesta temporal (tiempo de establecimiento, sobreoscilación, etc.) no tiene mucho significado con perturbaciones tipo “ruido coloreado”, que no son escalón, impulso o similar. En estos problemas, interpretación frecuencial suele dar una imagen más adecuada.

Conclusiones

- La respuesta en frecuencia de referencia a error, salida y acción de control tiene interpretación de utilidad en problemas de control, tanto seguimiento de referencia como rechazo de perturbaciones .
- S pequeño: buen seguimiento de referencia o cancelación de perturbación a esa frecuencia.
 - *Efecto cama de agua: imposible S pequeño a todas las frecuencias.
- KS demasiado alta: amplificación de ruidos a esas frecuencias en el actuador.
- T alto: demasiada sobreoscilación.
- Relación tiempo-frecuencia poco clara, pero los conceptos de frecuencia son importantes en sí mismos, sobre todo con perturbaciones aleatorias. Importancia también en control robusto (tolerancia a error de modelado).

