Diseño de Controladores Adelanto-Atraso

Sistemas de Control

Prof. Mariela CERRADA

Compensador por atraso de fase

Función de transferencia del compensador $$G_c(s) = K_c \frac{(s+z_c)}{(s+p_c)} \quad (1) \quad \text{con} \quad |z_c| > |p_c|$$

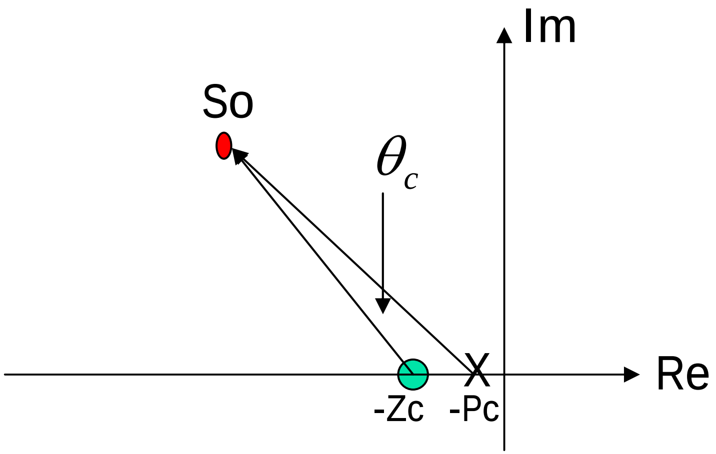
Cálculo de la constante de error $$K_{ed} = \lim_{s\to 0} s^q G_c G_p(s) = K_c \frac{z_c}{p_c} K_e; \text{ donde } K_e = \lim_{s\to 0} s^q G_p(s) \quad (2)$$

Mantener la respuesta transitoria:

$$\theta_c \to \varepsilon \quad \Longrightarrow \quad |z_c| \cong |p_c|$$

Mejorar la respuesta estacionaria:

$$\frac{|z_c|}{|p_c|}$$ Debe ser grande



Compensador por atraso de fase

Función de Transferencia
del Controlador

$$G_c(s) = \hat{K}_c \frac{(s+\frac{1}{T})}{(s+\frac{1}{\beta T})} = \hat{K}_c\, \beta \frac{(Ts+1)}{(\beta Ts+1)};\ \beta > 1 \quad (3)$$

Ganancia del compensador

$$\lim_{s\to 0} G_c(s) = \hat{K}_c\, \beta \quad (4)$$

Requerimiento → β grande y $\hat{K}_c \cong 1$

$$G_c G_p(s) = K\,\hat{K}_c\, \beta \frac{(Ts+1)}{(\beta Ts+1)} \frac{\prod_{i=1}^{m} s+z_i}{s^q \prod_{j=1}^{n} s+p_j} \quad (5)$$

Función de Transferencia
del sistema controlado en L.A

Diseño del Compensador de Atraso: Método usando el lugar de las raíces

Principio de diseño

Elegir un valor del cociente entre el cero y el polo (valor de β) del controlador para satisfacer condiciones de error en estado estable, asumiendo que

$$\hat{K}_c \cong 1$$

Algoritmo de diseño

1. Calcule la constante de error estático del problema K_e y la constante de error deseada K_{ed} asociada a una especificación de error en estado estable.
2. Determine el valor de β según la ecuación:

$$K_{ed} = \beta K_e \qquad (6)$$

3. Elija un valor del polo suficientemente cerca del origen y determine el valor del cero según la ecuación:

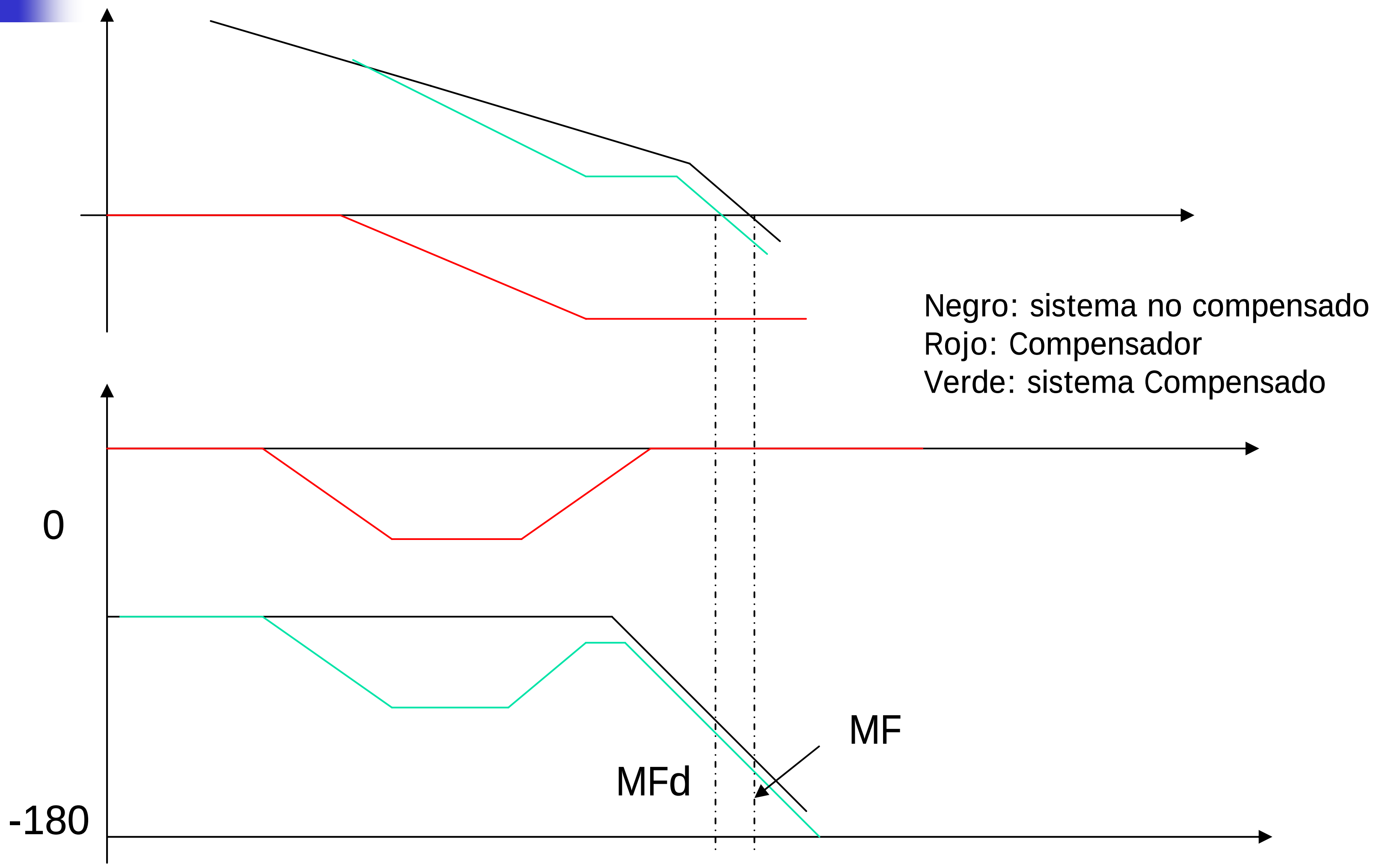
$$\frac{|z_c|}{|p_c|} = \beta \qquad (7)$$

Diseño del Compensador de Atraso: Método usando el lugar de las raíces

3. Dibuje el lugar de las raíces del sistema compensado y encuentre el punto S sobre el lugar de las raíces, cercano al punto deseado ***So.***

4. Ajuste el valor de la ganancia $\hat{K}_c$, usando la condición de magnitud sobre el sistema compensado en el nuevo punto s cercano a So.

Diseño del Compensador de Atraso: Método usando la respuesta frecuencial



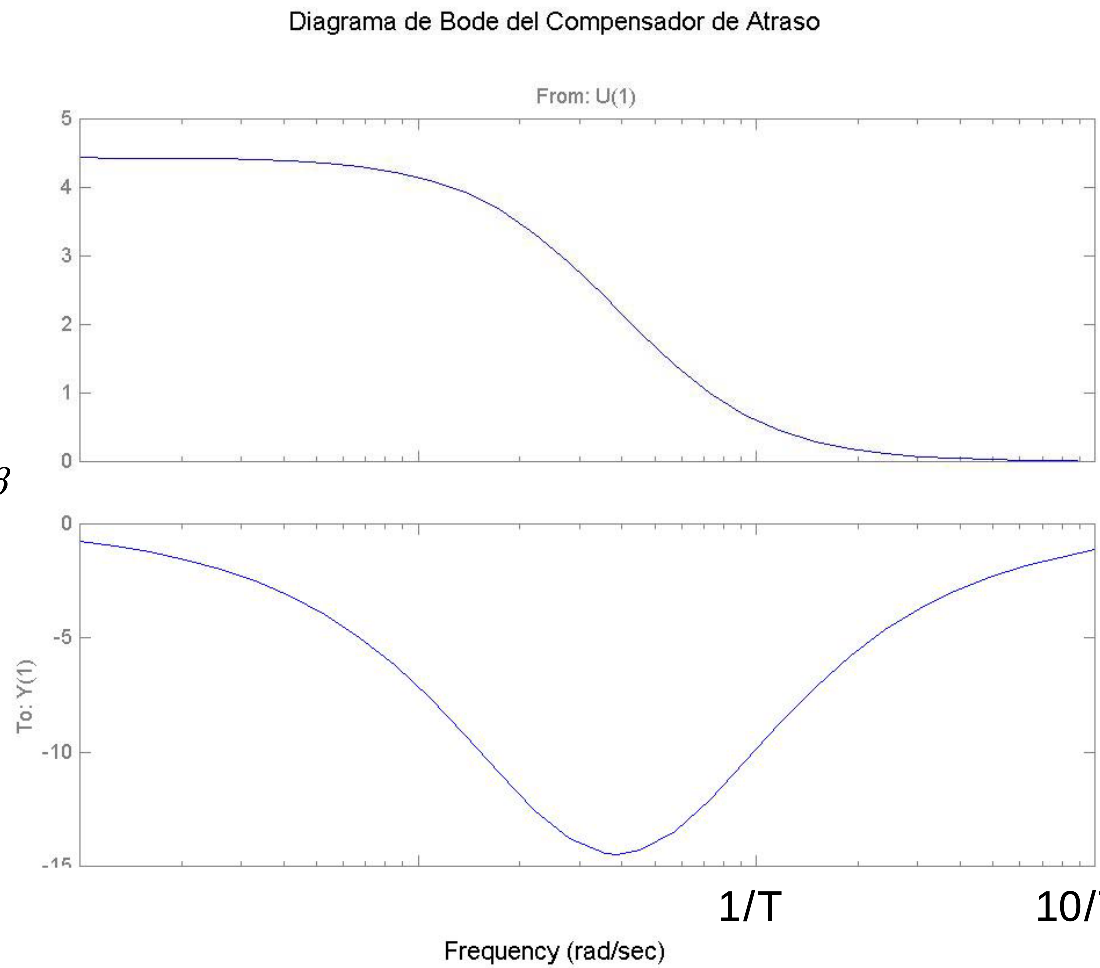
Diseño del Compensador de Atraso: Método usando la respuesta frecuencial

$$G_c(s) = \frac{(Ts+1)}{(\beta Ts+1)};\ \ \beta > 1$$

$$\left|G_c(j\omega)\right| = \frac{(T\omega j+1)}{(\beta T\omega j+1)}$$

$$\left|G_c(j\omega)\right|_{\omega\to\infty} = \frac{T\omega}{\beta T\omega} = \frac{1}{\beta}$$

$$20\log\left|G_c(j\omega)\right|_{\omega\to\infty} = -20\log\beta$$



$-20\log(\beta)$

5° a 12°

1/T

10/T

Diseño del Compensador de Atraso: Método usando la respuesta frecuencial

Principio de diseño

Elegir un valor de ganancia del compensador que satisfaga condiciones de error en estado estable. Ubicar el cero del compensador para lograr la atenuación necesaria en la curva de magnitud en la frecuencia donde ocurre el margen de fase deseado.

Algoritmo de diseño

Suponga el compensador por atraso:

$$G_c(s) = \hat{K}_c \frac{(s+\frac{1}{T})}{(s+\frac{1}{\beta T})} = \hat{K}_c\, \beta \frac{(Ts+1)}{(\beta Ts+1)};\; \beta > 1 \qquad (1)$$

Y el sistema compensado:

$$G_c G_p(s) = K\, \hat{K}_c\, \beta \frac{(Ts+1)}{(\beta Ts+1)} \frac{\prod_{i=1}^{m} s+z_i}{s^q \prod_{j=1}^{n} s+p_j} \qquad (2)$$

Denote a $\hat{K}_c\, \beta$ como *Kc'*. Entonces:

Diseño del Compensador de Atraso: Método usando la respuesta frecuencial

1. Elija el valor de *Kc'* para satisfacer condiciones de error en estado estable, según la ecuación (3):

$$K_{ed} = KK_c^{'} \frac{\prod_{i=1}^{m} z_i}{\prod_{j=1}^{n} p_j} = K_c^{'} K_e \qquad (3)$$

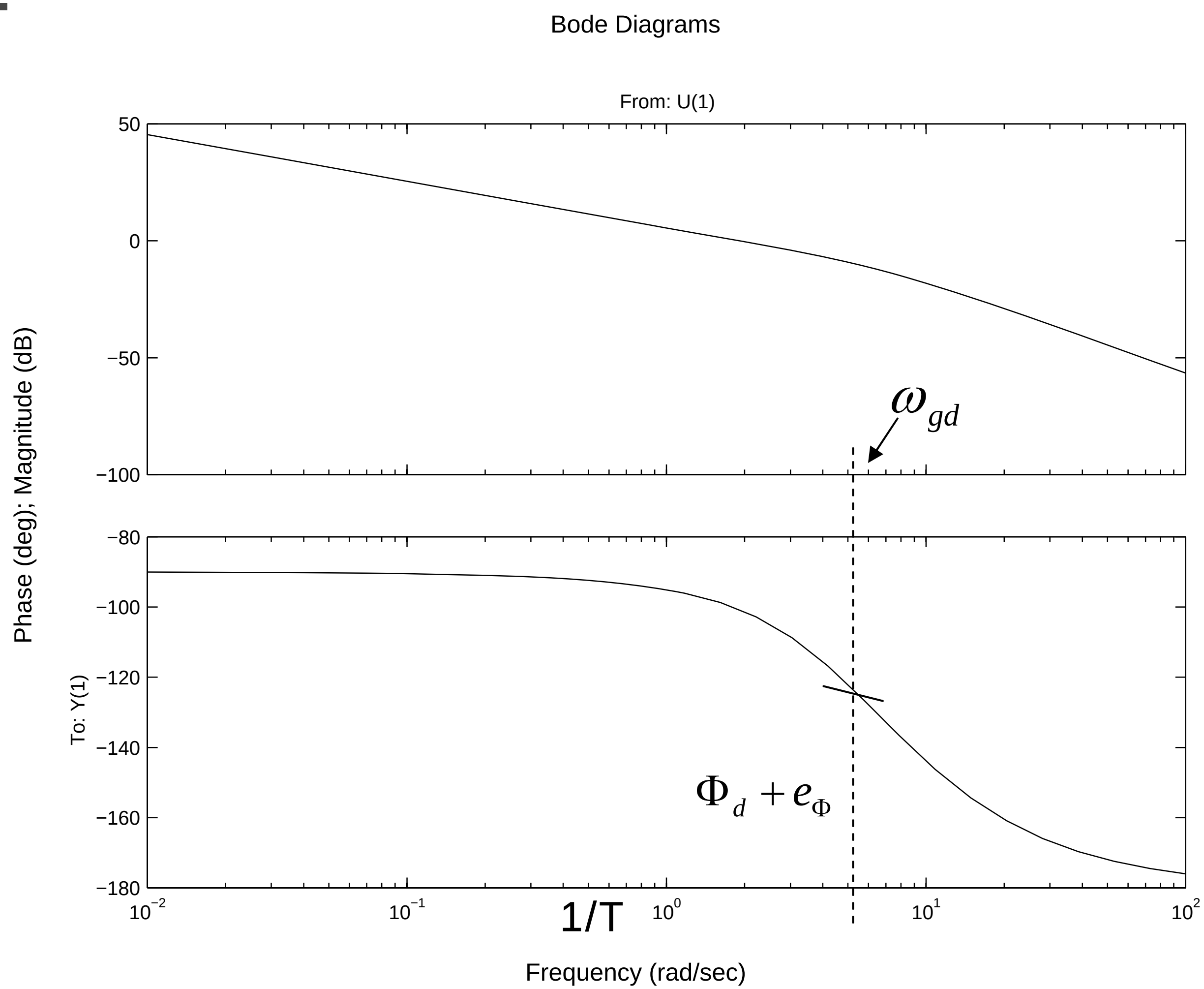
2. Dibuje el diagrama de bode del sistema compensado con *Kc'*, es decir, considere ahora:

$$G(s) = K_c^{'} G_p(s)$$

y ubique la frecuencia ω_{gd} donde ocurre el margen de fase deseado $\Phi_d + e_\Phi$.

Recuerde que el margen de fase deseado esta asociado a una especificación de respuesta temporal. El término e_Φ indica una corrección de error de fase entre 5° y 12° introducido por el compensador alrededor de ω_{gd}

Diseño del Compensador de Atraso: Método usando la respuesta frecuencial



Diseño del Compensador de Atraso: Método usando la respuesta frecuencial

3. Elija el cero del compensador (frecuencia de cruce en 1/T) una década por debajo de la frecuencia de cruce de ganancia deseada. Es decir,

$$\frac{1}{T} = \frac{\omega_{gd}}{10} \qquad (4)$$

4. Para lograr que ω_{gd} sea la frecuencia de cruce de ganancia del sistema compensado, se aprovecha la atenuación introducida por la curva de magnitud del compensado, la cual es igual a -20logβ. Así, debe lograrse que:

$$|G(j\omega_{gd})|dB = 20\log(\beta) \qquad (5) \qquad ó \qquad |G(j\omega_{gd})| = \frac{1}{\beta} \qquad (6)$$

Entonces, encuentre el valor de β usando (5) ó (6).

5. Obtenga la ubicación del polo de compensador (frecuencia de cruce en 1/βT)

6. Obtenga el valor de $\hat{K}_c$, a partir de: $\hat{K}_c = \frac{K_c'}{\beta}$ (7)