



Tema 5

Acciones básicas de control. Controlador PID.



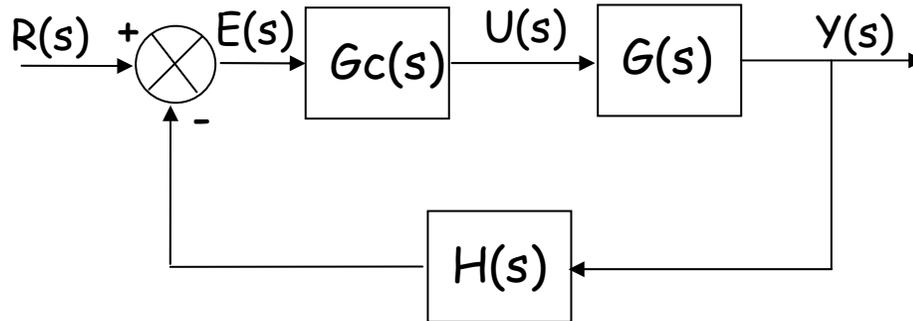
1. Control en el dominio del tiempo. PID
2. Estudio del Lugar de las raíces
3. Control en el dominio de la frecuencia. Compensadores



Tema 5. Acciones básicas de control.

Control en el dominio del tiempo. PID

DIAGRAMA DE BLOQUES



$R(s)$ = señal de referencia

$E(s)$ = señal de error

$U(s)$ = señal de control

$Y(s)$ = señal de salida controlada

$G_c(s)$ = F.T. del controlador

$G(s)$ = F.T. del sistema

$H(s)$ = F.T. de la realimentación

ACCIONES BASICAS DE CONTROL

Control proporcional: $G_c(s) = K_p$

Control proporcional-Derivativo (PD): $G_c(s) = K_p(1 + T_d s)$

Control proporcional-Integral (PI): $G_c(s) = K_p(1 + 1/T_i s)$

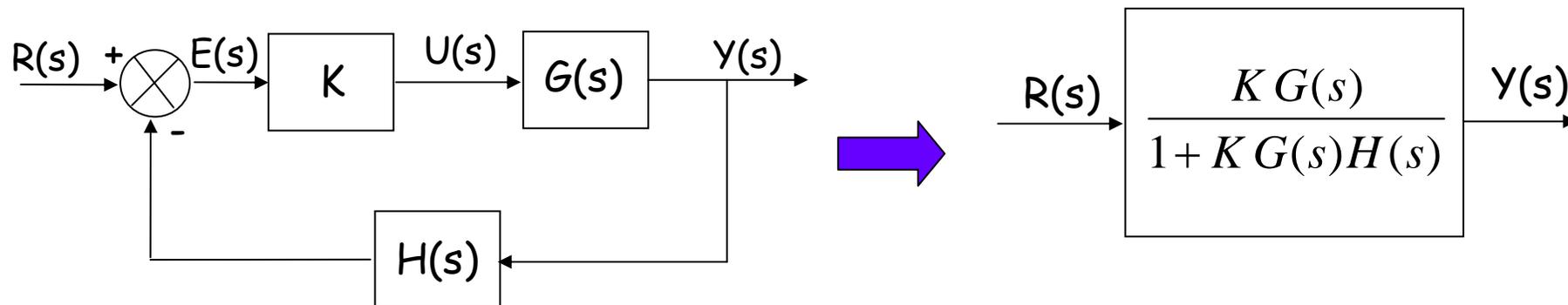
Control proporcional-Integral-Derivativo (PID):

$$G_c(s) = K_p(1 + T_d s + 1/T_i s)$$



Tema 5. Acciones básicas de control. Control en el dominio del tiempo. PID

CONTROL PROPORCIONAL



$$u(t) = K_p e(t) \xrightarrow{\text{Laplace}} U(s) = K_p E(s) \Rightarrow G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

Función de transferencia
en lazo cerrado

$$G_{LC}(s) = \frac{K G(s)}{1 + K G(s)H(s)}$$

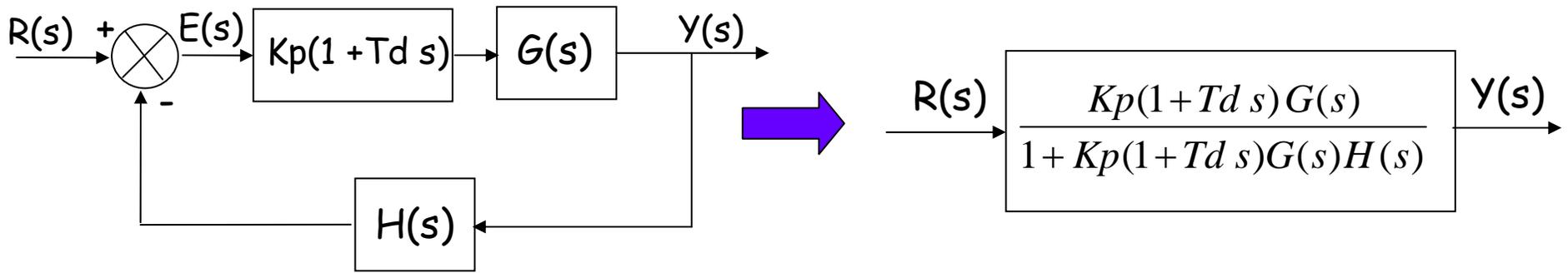
Conclusiones:

- * Ante cambios bruscos de la salida o referencia produce también cambios bruscos en la señal de control
- * **No corrige la señal de error no nula en el permanente**



Tema 5. Acciones básicas de control. Control en el dominio del tiempo. PID

CONTROL PROPORCIONAL-DERIVATIVO

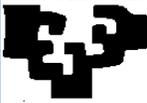


$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{d e(t)}{dt} \xrightarrow{\text{Laplace}} U(s) = K_p(1 + T_d s) E(s)$$

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p(1 + T_d s)$$

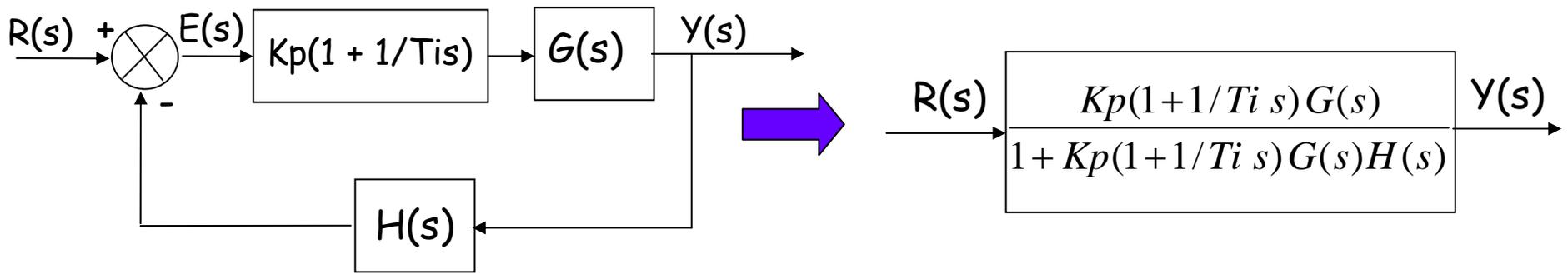
Conclusiones:

- * Mejora el amortiguamiento y reduce el rebose
- * Reduce el tiempo de pico y el de establecimiento. Amplifica el ruido.
- * **No corrige la señal de error no nula en el permanente**



Tema 5. Acciones básicas de control. Control en el dominio del tiempo. PID

CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL



$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int e(t) dt \xrightarrow{\text{Laplace}} U(s) = K_p (1 + 1/T_i s) E(s)$$

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + 1/T_i s)$$

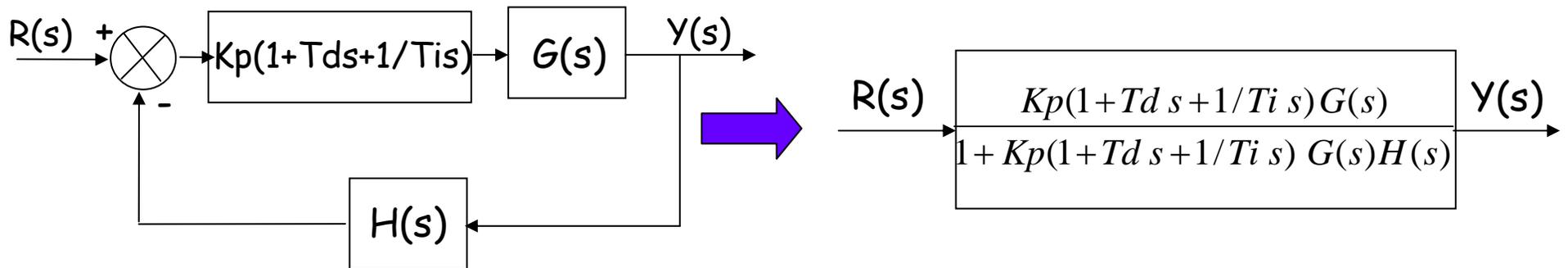
Conclusiones:

- *Mejora el amortiguamiento y reduce el rebose.
- *Aumenta el tiempo de pico y filtra el ruido de alta frecuencia.
- *Elimina los errores en regimen permanente



Tema 5. Acciones básicas de control. Control en el dominio del tiempo. PID

CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVO



$$u(t) = K_p e(t) + T_d \frac{d e(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i} \int e(t) dt \xrightarrow{\text{Laplace}} U(s) = K_p (1 + T_d s + 1/T_i s) E(s)$$

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s + 1/T_i s)$$

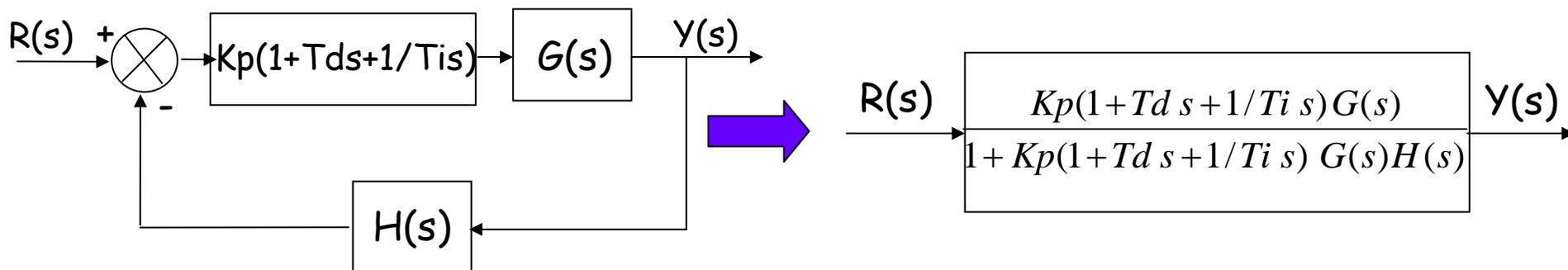
Conclusiones:

- *Reúne las ventajas y desventajas de los controladores por separado.
- *El valor de cada una de las constantes determina que acción es la dominante.



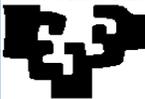
EJERCICIO PID

CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVO

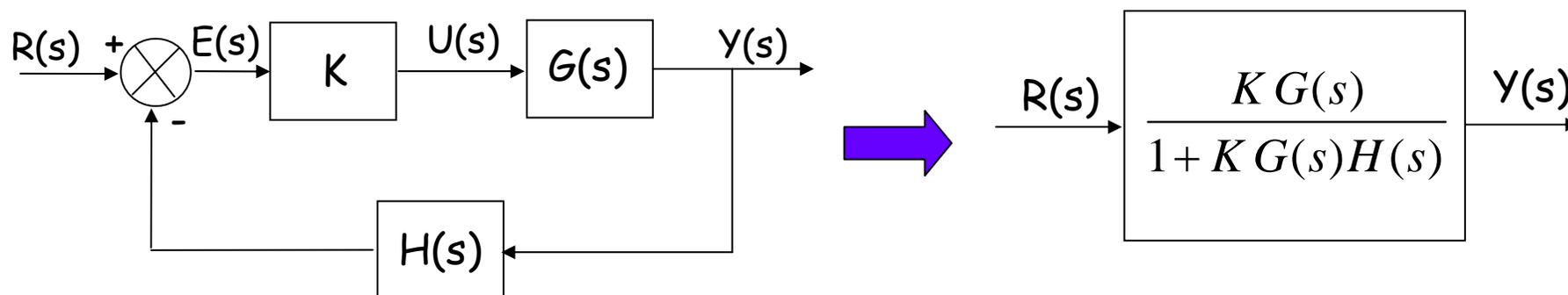


Escribir un programa en MATLAB, que realice el control PID de un sistema cualquiera. El programa tiene que solicitar el valor de la ganancia, los ceros y los polos del sistema en lazo abierto (suponer $H(s)=1$) y devolver la respuesta de manera grafica tanto del sistema con el PID como del sistema sin el PID.

Nota: para introducir un valor por teclado utilizar la función `input` y para pasar del formato cero-polo al formato función de transferencia utilizar la función `zp2tf`



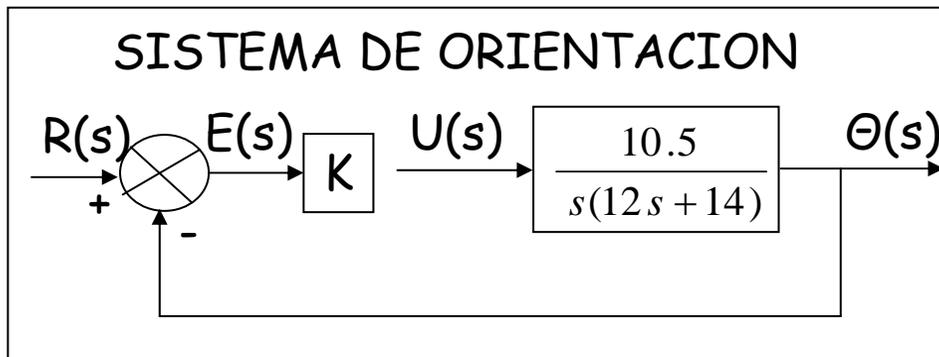
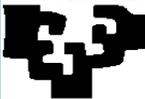
" Lugar geométrico de los polos de la función de transferencia en lazo cerrado cuando un parámetro (k) o varios de la función de transferencia en lazo abierto varia de 0 a ∞ "



Ecuación característica:

$$1 + K G(s)H(s) = 0 \Rightarrow K G(s)H(s) = -1$$

$$\begin{aligned} &\rightarrow |G(s)H(s)| = 1/k \\ &\rightarrow \text{Arg}(G(s)H(s)) = (2n + 1)180^\circ \end{aligned}$$



Punto de dispersión:

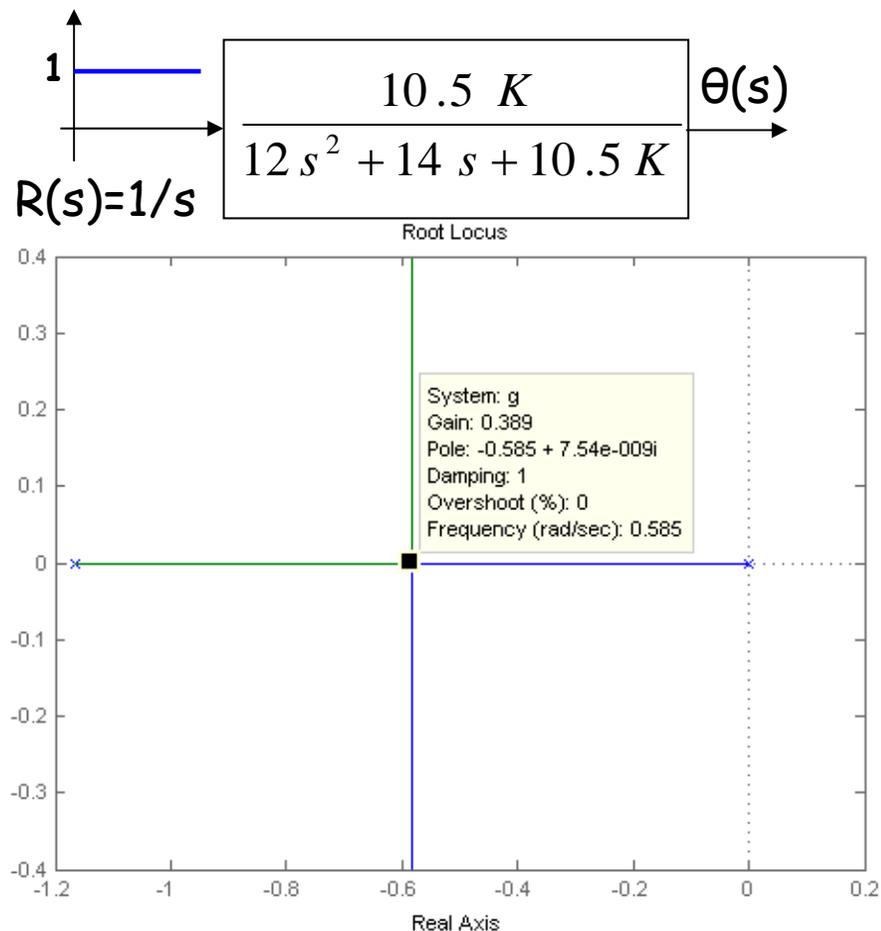
$$\frac{d|G(s_d)H(s_d)|}{ds} = 0 \Rightarrow s_d = -0.58$$

$$\frac{1}{K_d} = |G(s_d)H(s_d)| \Rightarrow K_d = 0.38$$

```
G=tf(10.5,[12,14,0])
rlocus(G)
```

CUESTION

- a) Dibujar y analizar la influencia de añadir un cero en -3 (PD) en el lugar de las raíces del sistema. Analizar también la estabilidad.
- b) Realizar el mismo estudio pero para el caso de introducir un polo en -3 (PI)





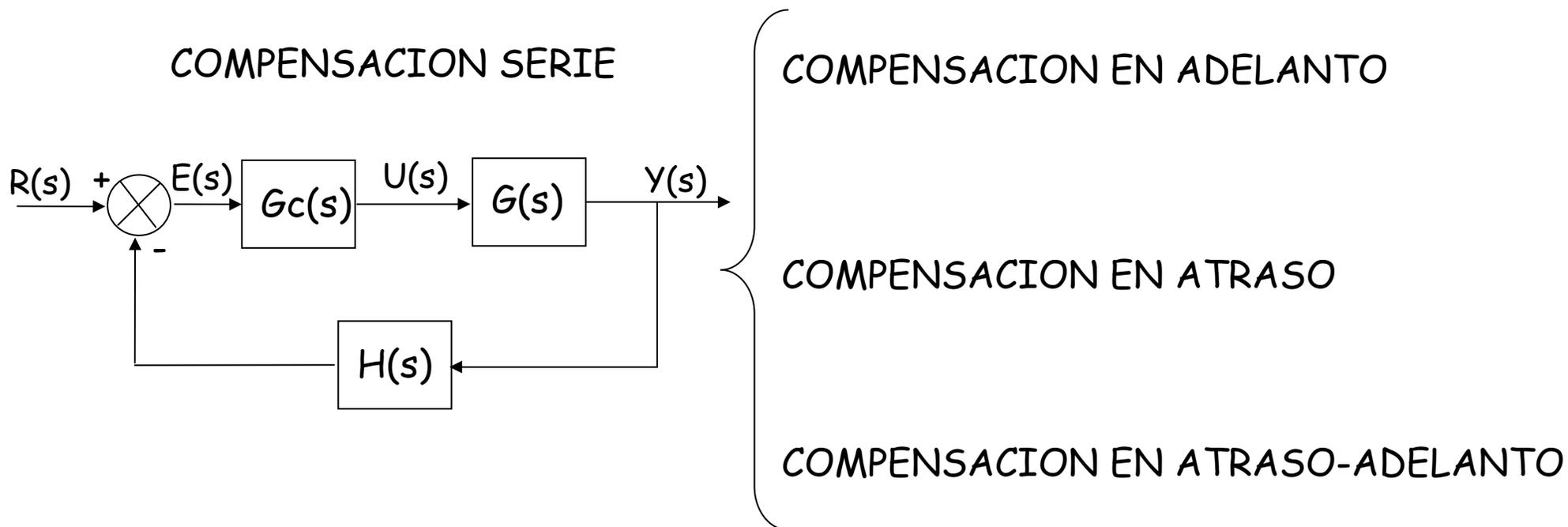
Tema 5. Acciones básicas de control.

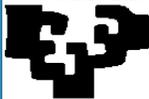
Control en el dominio de la frecuencia. Compensadores

El objetivo es presentar algunos procedimientos para el diseño y la compensación de sistemas de control mediante métodos frecuenciales.

Compensación:

Es la modificación de la dinámica del sistema para satisfacer las especificaciones requeridas. *(Las especificaciones pueden ser márgenes de fase y ganancia determinados, error en el permanente etc..)*





Tema 5. Acciones básicas de control.

Control en el dominio de la frecuencia. Compensadores

COMPENSACION EN ADELANTO

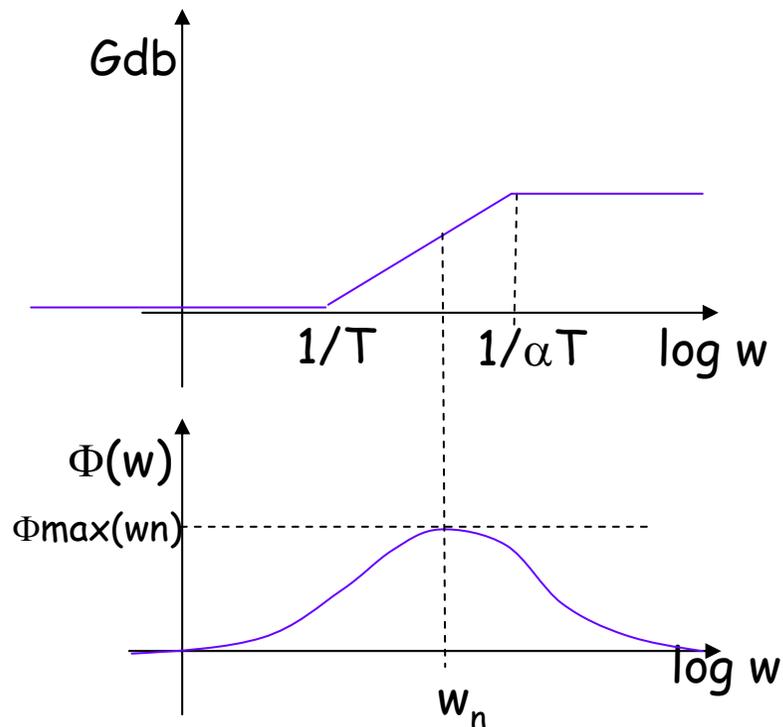
Compensador de adelanto

$$G_c(s) = k \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1}, \quad 0 < \alpha < 1, \quad \omega_n = \frac{1}{\sqrt{\alpha T}}$$

Técnica de compensación:

El sistema se compensa añadiéndole un desfase, mediante el cual se consigue el margen de fase deseado.

$$\text{sen}(\phi_m) = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha}$$



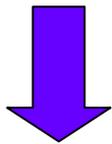
COMPENSACION EN ADELANTO

Sistema sin compensar

$$kG(s) = \frac{40}{s(s+2)}$$

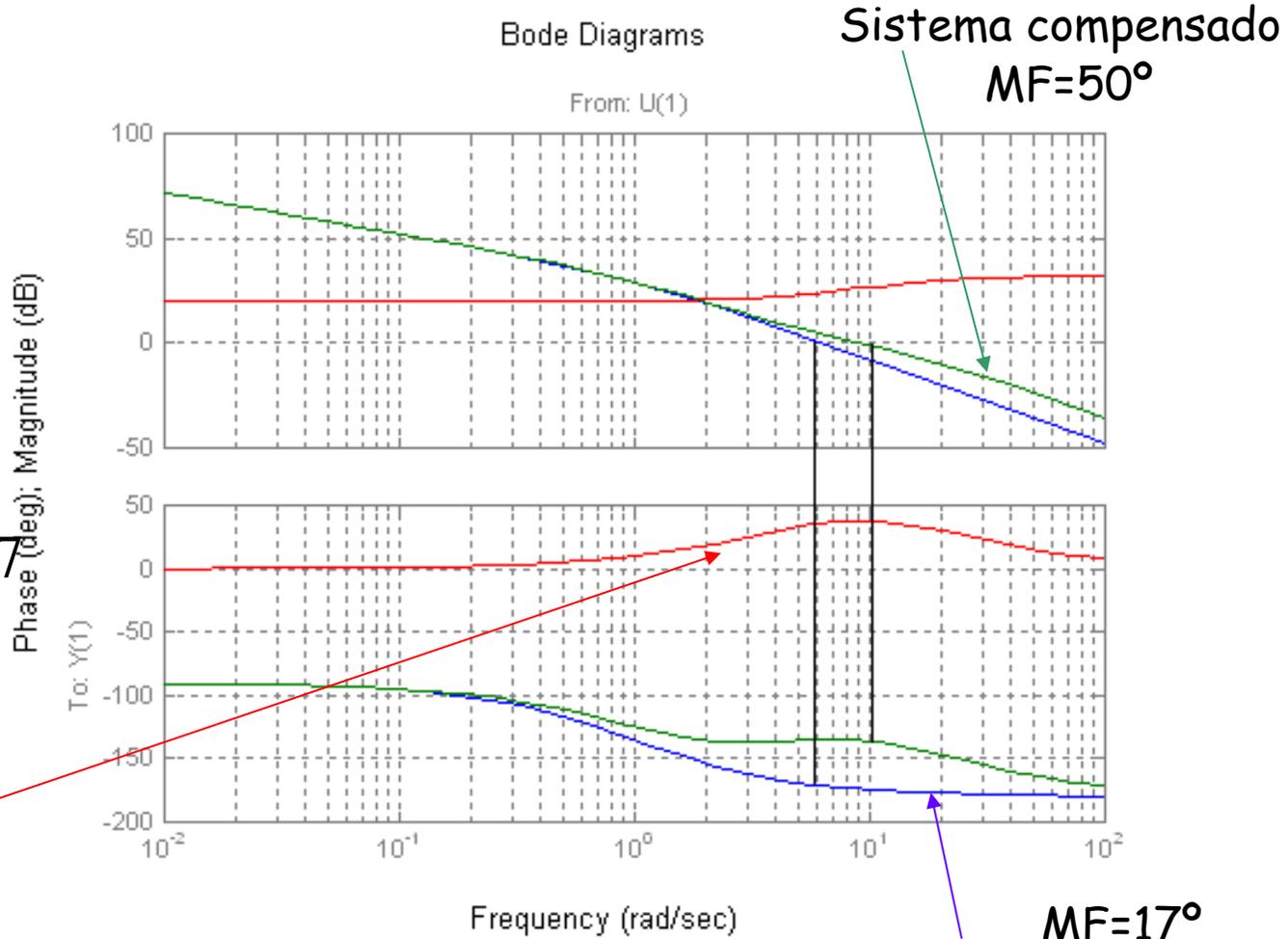
$$G_c(s) = k \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1}$$

$$k = 10, \alpha = 0.24, T = 0.227$$

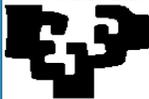


Compensador de adelanto

$$G_c(s) = 10 \frac{0.227s + 1}{0.054s + 1}$$



Programa en MATLAB:
???????



Tema 5. Acciones básicas de control.

Control en el dominio de la frecuencia. Compensadores

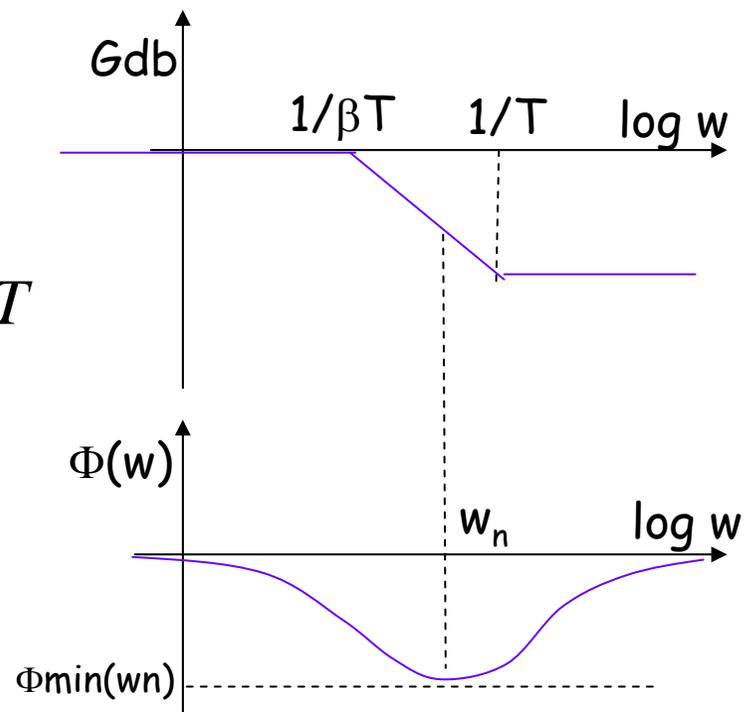
COMPENSACION EN ATRASO

Compensador de atraso

$$G_c(s) = k \frac{Ts + 1}{\beta Ts + 1}, \quad \beta > 1, \quad \omega_n = \frac{1}{\sqrt{\beta T}}$$

Técnica de compensación

Se basa en encontrar la frecuencia a la cual se consigue el margen de fase deseado.



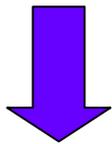
COMPENSACION EN ATRASO

Sistema sin compensar

$$k G(s) = \frac{5}{s(s+1)(0.5s+1)}$$

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

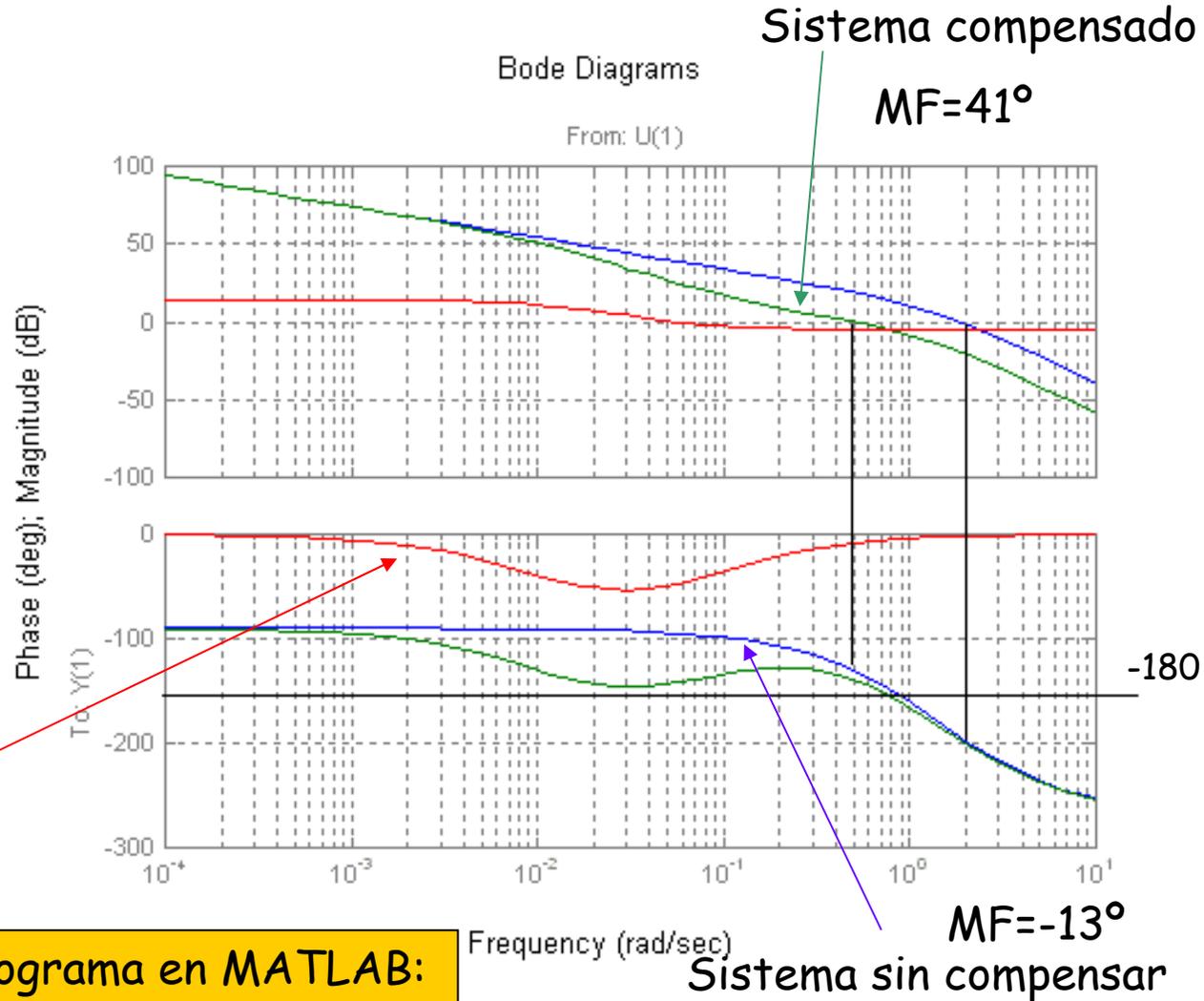
$$k = 5, \alpha = 9.1, T = 11.44$$

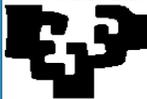


Compensador de atraso

$$G_c(s) = 5 \frac{11.44s+1}{104.16s+1}$$

Programa en MATLAB:
???????





Tema 5. Acciones básicas de control.

Control en el dominio de la frecuencia. Compensadores

COMPENSACION EN ATRASO-ADELANTO

Compensador de atraso-adelanto

$$G_c(s) = k_c \frac{T_1 s + 1}{\alpha T_1 s + 1} \frac{T_2 s + 1}{\beta T_2 s + 1}, \quad \alpha = 1/\beta,$$

Técnica de compensación:

Es una combinación de las dos técnicas anteriores, donde a unas frecuencias se realiza un atraso y a otras un adelanto de fase.

