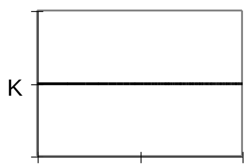
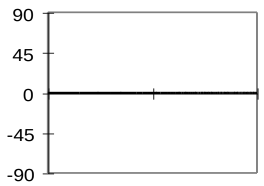
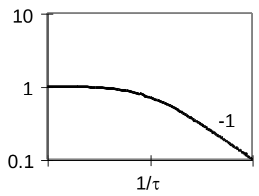
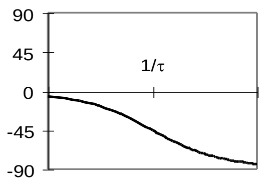
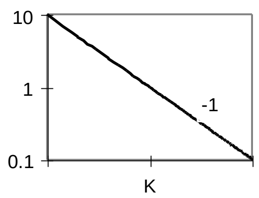
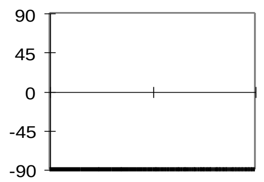
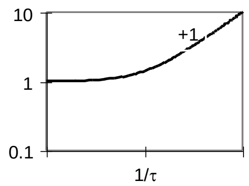
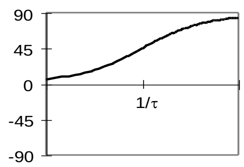
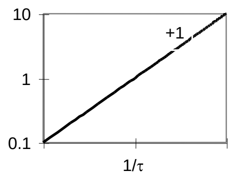
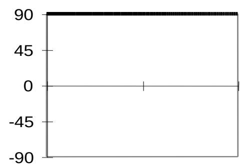
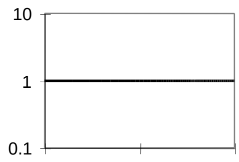
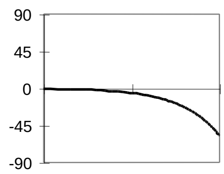
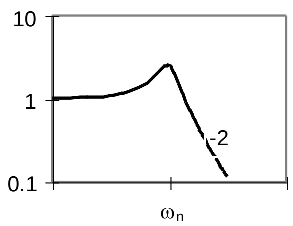
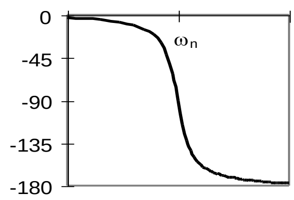
BOSQUEJO DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA EN DIAGRAMAS LOGARÍTMICOS

Respuesta en Frecuencia de Elementos Simples

La Respuesta en Frecuencia de un elemento con una Función de Transferencia **G(s)** se obtiene analizando el complejo que resulta de reemplazar s por jω en la función de transferencia.

Relación de Amplitudes ρ	$\rho(\omega) = \sqrt{[\text{Parte Real de } G(j\omega)]^2 + [\text{Parte Imaginaria de } G(j\omega)]^2}$
Ángulo de fase o desfasaje φ	$\varphi(\omega) = tg^{-1}\left[\dfrac{\text{Parte imaginaria de } G(j\omega)}{\text{Parte real de } G(j\omega)}\right]$

SISTEMA	**G(s)**	**G(jω)**	
		Módulo	**Fase**
Escalar	K	K	**0 °**
Retardo de Primer Orden	$\dfrac{1}{\tau s + 1}$	$\dfrac{1}{\sqrt{\tau^2\omega^2 + 1}}$	$-tg^{-1}(\tau\omega)$
Integrador Puro	$\dfrac{K}{s}$	$\dfrac{K}{\omega}$	**- 90 °**
Adelanto de Primer Orden	$\tau s + 1$	$\sqrt{\tau^2\omega^2 + 1}$	$+tg^{-1}(\tau\omega)$
Derivador Puro	τs	$\tau\omega$	**+ 90 °**
Tiempo Muerto	e^{-Ls}	1	**- L ω (radianes)**
Oscilador de Segundo Orden	$\dfrac{1}{\frac{1}{\omega_n{}^2}s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n}s + 1}$	$\dfrac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_n{}^2}\right)^2 + \frac{4\xi^2\omega^2}{\omega_n{}^2}}}$	$-tg^{-1}\left(\dfrac{\frac{2\xi\omega}{\omega_n}}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_n{}^2}}\right)$

<table>
<tr><th rowspan="2">SISTEMA</th><th rowspan="2">G(s)</th><th colspan="2">DIAGRAMA DE BODE</th></tr>
<tr><th>Relación de amplitudes</th><th>Desfasaje</th></tr>
<tr><td>Escalar</td><td>$\mathbf{K}$</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Retardo de Primer Orden</td><td>$\frac{1}{\tau s+1}$</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Integrador Puro</td><td>$\frac{K}{s}$</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Adelanto de Primer Orden</td><td>$\tau s+1$</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Derivador Puro</td><td>τs</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Tiempo Muerto</td><td>e^{-Ls}</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>Oscilador de Segundo Orden</td><td>$\frac{1}{\frac{1}{\omega_n^2}s^2+\frac{2\xi}{\omega_n}s+1}$</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

PARÁMETROS CRÍTICOS DE SISTEMAS TÍPICOS

De las diversas plantas que pueden encontrarse en lazos de control de procesos, se pueden destacar tres tipos que determinancomortamientos que se pueden asimilar a otras plantas más complejas. Los parámetros críticos con control proporcional se pueden evaluar con las expresiones:

PLANTA	PARÁMETROS CRÍTICOS		
Sistema de tres capacidades en serie. Asimilable a sistemas multicapacitivos.	G(s)	$\dfrac{K}{(\tau_1 s+1)(\tau_2 s+1)(\tau_3 s+1)}$	
	ω_u	$\omega_u = \sqrt{\dfrac{\tau_1+\tau_2+\tau_3}{\tau_1\tau_2\tau_3}}$	
	Kc_u	$Kc_u K + 1 = (\tau_1+\tau_2+\tau_3)\left(\dfrac{1}{\tau_1}+\dfrac{1}{\tau_2}+\dfrac{1}{\tau_3}\right)$	
Integrador con dos capacidades. Asimilable a integradores con dinámicas más complejas.	G(s)	$\dfrac{K}{s(\tau_1 s+1)(\tau_2 s+1)}$	
	ω_u	$\omega_u = \dfrac{1}{\sqrt{\tau_1\tau_2}}$	
	Kc_u	$Kc_u K = \left(\dfrac{1}{\tau_1}+\dfrac{1}{\tau_2}\right)$	
Sistema de una constante y tiempo muerto. Caracterización de sistemas dominados por una constante de tiempo preponderante y otros retardos, incluido tiempo muerto genuino o no.	G(s)	$\dfrac{K\ e^{-Ls}}{\tau s+1}$	
	ω_u	$L\omega_u + tg^{-1}(\tau\omega_u) = \pi$	**Teórico.** Fórmula no explícita que requiere cálculo iterativo de ω_u.
	Kc_u	$Kc_u K = \sqrt{\tau^2\omega_u^2+1}$	
	ω_u	$\omega_u = \dfrac{\pi}{2L}$	**Aproximación de Shinskey.** Valores aproximados si la relación $L/\tau < 0.2$. Útil en análisis cualitativos
	Kc_u	$Kc_u K = \tau\omega_u$	
	ω_u	$\omega_u = \dfrac{\pi}{2L}+\dfrac{1}{2\tau}$	**Aproximación de Fuentes y Luyben.** Cómputo directo con buena aproximación si $L/\tau < 1.2$
	Kc_u	$Kc_u K = \sqrt{\tau^2\omega_u^2+1}$	