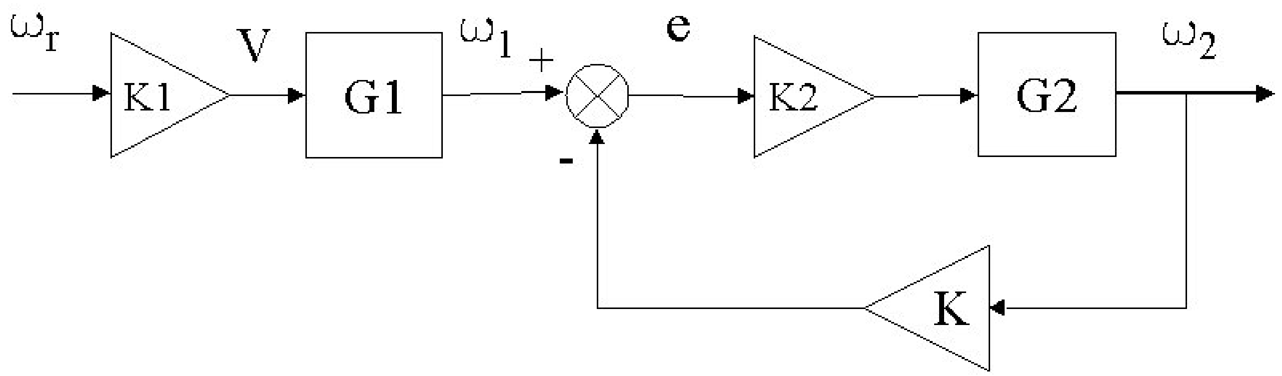
CUESTIÓN 1 (1 hora, 40 %)

Un tren de laminación está formado por dos grupos de rodillos. El diagrama de bloques de la figura representa un modelo simplificado del sistema. En la figura **K_1 =K_2 =0.1 [V/rad/s]** son captadores de velocidad (tacómetros) que generan una señal proporcional a la velocidad que miden. Y **K** representa la ganancia de un amplificador.



$\omega_r \equiv$ velocidad de referencia.
$\omega_1 \equiv$ velocidad de giro del 1er grupo de rodillos.
$\omega_2 \equiv$ velocidad de giro del 2º grupo de rodillos.

a) Determinar la función de transferencia G_1, correspondiente al primer par de rodillos, sabiendo que sus ecuaciones dinámicas son:

$$V(t) = i(t)\cdot R + L\frac{di(t)}{dt} + e(t)$$

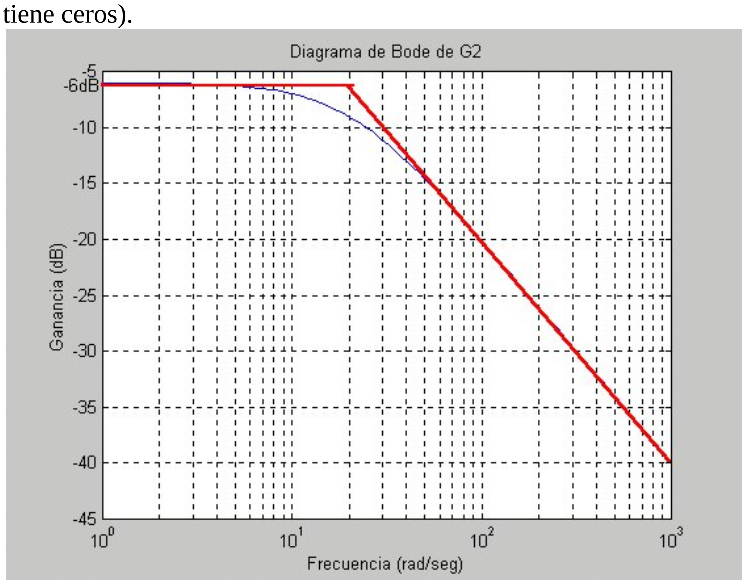
$$e(t) = k_e \cdot \omega_1(t)$$

$$J\frac{d\omega_1(t)}{dt} = T(t) - B\cdot\omega_1(t)$$

$$T(t) = K_t i(t)$$

Datos:	**R= 1 [Ω];**	**L= 0.5 [H];**	**Cte. Fcem K_e=0.09 [Vs/rad];**
	K_t=0.5 [Nm/A];	**J =0.01 [Kg m^2];**	**B =0.02[Nms/rad].**

b) Determinar la función de transferencia del segundo grupo de rodillos a partir de su diagrama de Bode representado en la figura 1 (el sistema no tiene ceros).



c) Determinar la función de transferencia $\dfrac{\omega_2(s)}{\omega_r(s)}$.

(continua en la página siguiente)

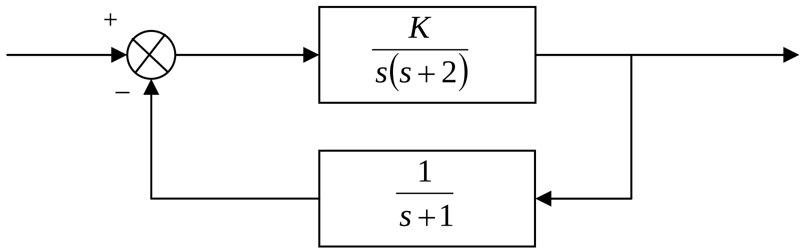
d) Determinar los valores de K que hacen estable el sistema.

e) Para un valor de K=5, hallar el sistema reducido equivalente de $\dfrac{\omega_2(s)}{\omega_r(s)}$.

f) Caracterizar el sistema equivalente de segundo orden (k, ω_n, ζ) y dibujar su respuesta temporal incluyendo tiempo de pico, sobreoscilación y tiempo de establecimiento ante entrada escalón unitario.

CUESTIÓN 2 (45 minutos, 30%)

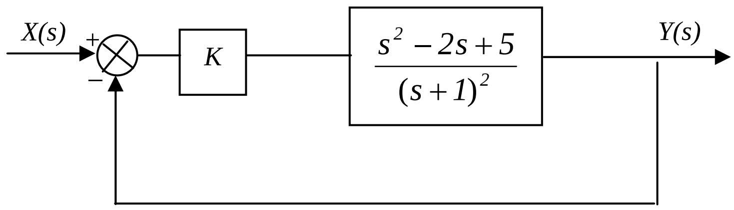
Dado el sistema de la figura, analizar su estabilidad en función del valor de la ganancia K>0 utilizando el método de Nyquist.



Obtener analíticamente el valor de la ganancia K para que el sistema tenga un margen de ganancia de 11 dB y calcular el correspondiente margen de fase.

CUESTIÓN 3 (45 minutos, 30%)

Dado el sistema:



a) Determinar el lugar de las raíces directo de la forma más exacta posible (calcular, cuando fuera necesario, puntos de dispersión y confluencia, ángulos de salida de los polos, ángulos de entrada en los ceros, etc.). Analizar el comportamiento dinámico de dicho sistema en función de K.

b) Repetir el apartado anterior, considerando en este caso el lugar de las raíces inverso (valores de K<0).