1)

$L(s) = \dfrac{10}{(1+s)^2}$ Calcola 3 margini

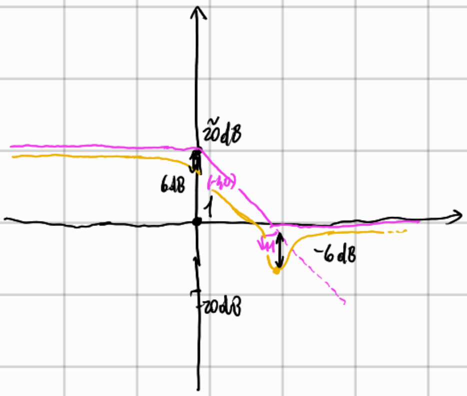
$\Delta_m = \inf_{\omega \in \mathbb{R}} |1 + L(j\omega)|$ $M = 11 \Rightarrow M_{dB} \cong 20\,dB$

$1 + L(s) = \dfrac{s^2+2s+11}{1+2s+s^2} = \dfrac{11(1+\frac{2}{11}s+\frac{s^2}{11})}{1+2s+s^2}$

- Ho 2 punti di rottura.

1) $1/1$, con variaz. di $-40\,dB/dec$

2) $\sqrt{11}$, con variaz. di pendenza di $40\,dB/dec$



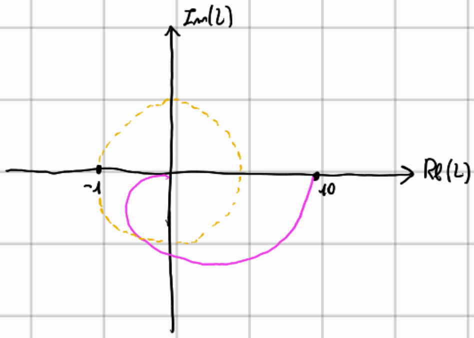
$\Delta_{m\,dB} \cong -6 \Rightarrow \Delta_m \cong \frac{1}{2}$

Qui abbiamo una antirisonanza. Dal grafico della correz. errore è circa $-6\,dB$

Ora Nyquist di $L(s) = \dfrac{10}{(s+1)^2}$

$\varphi_0 = 0 \quad \varphi_F = -\pi$

$m_0 = 10 \quad m_F = 0$



NOTA: $K_m = +\infty$. Ho stabilità intrinseca (potrebbe mascare dall' approssimaz. e da dinamiche non valutate)

$G(s) = \dfrac{10}{(1+s)^2(1+s\tau)}$

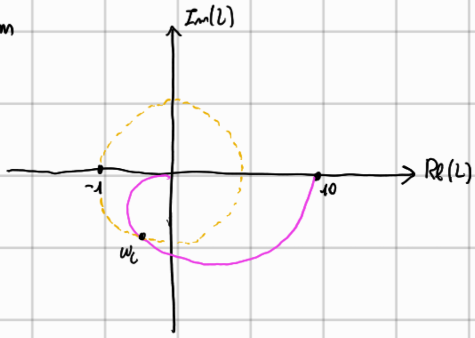
$\tau \ll 1$: modello vero vs modello approssimato

Cambia che $\varphi_F = -270°$, quindi $K_m \neq 0$!

Ma attraversamento avviene vicino all'origine, cioè approssimabile.

$\left\{ \dfrac{KL}{1+KL} \to 1 \text{ se } K \to \infty \right.$

Calcolo φ_m



$|L(jw_c)| = 1 \iff \left|\frac{10}{(1+(jw_c))^2}\right| = 1$ $\quad 10 + w_c^2 = 10 \quad w_c = 3\,rad/s$

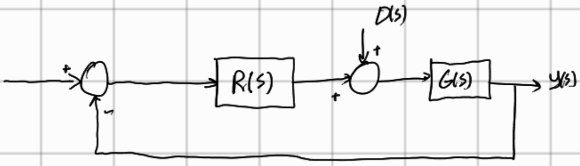
$\varphi_m = 180° - |\varphi_c|$

$\varphi_c = \angle L(jw_c) = -2\,atan(w_c) = -2\,atan(3) = -2.5\,rad \Rightarrow \varphi_c° = -143°$

$\varphi_m = 180° - 143° = 37°$

2)

$L(s) = \dfrac{K}{s^2(s+2)}$



$G(s) = \dfrac{1}{s(s+2)}$

Trova $R(s)$ / con $d(t) = \cos t \Rightarrow y_\infty = 0$ $\Downarrow$ Con gli altri nulli

Impone $\varphi_m = 40°$

Per l'esercizio 1: devo avere un polo nell'origine. Why?

$R(s) = \dfrac{M}{s}$

Sotto Hp che sistema sia A.S. $\Rightarrow$ lo dovrò verificare

$$y_\infty = \lim_{s\to 0} sY(s) = \lim_{s\to 0} s\,\frac{G(s)}{1+G(s)R(s)}\cdot \underbrace{\frac{A}{s}}_{\delta_{-1}(t)=d(t)} = \lim_{s\to 0} A\cdot\frac{\frac{1}{s(s+2)}}{1+\frac{1}{s(s+2)}\cdot\frac{M}{s}} = \lim_{s\to 0} A\,\frac{s}{s^2(s+2)+M} = 0 \quad \forall A.$$

SOLO SE SISTEMA A C.C. É A.S.

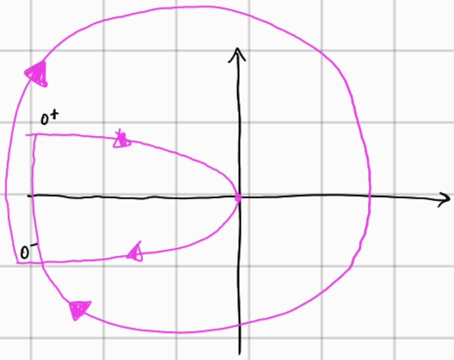
Uso Nyquist:

$L(s) = \dfrac{M}{s^2(s+2)}$

$\varphi_0 = -\pi \qquad \varphi_F = -\frac{3}{2}\pi$

$m_0 = +\infty \qquad m_F = 0$

Da dove parto? Sopra asse negativo o sotto?



P=0, N=-2. Instabile!

- Il problema sta nella fase. Voglio farla salire invece che scendere

Metto uno zero prima di 0,2!

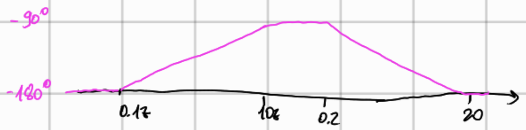
$R(s) = \dfrac{M(s+z)}{s} \qquad G(s) = \dfrac{1}{s(s+2)}$, Con $\underbrace{0<z}_{\text{Per avere anticipo}}\underbrace{<2}_{\text{Prima di 0,2}}$,

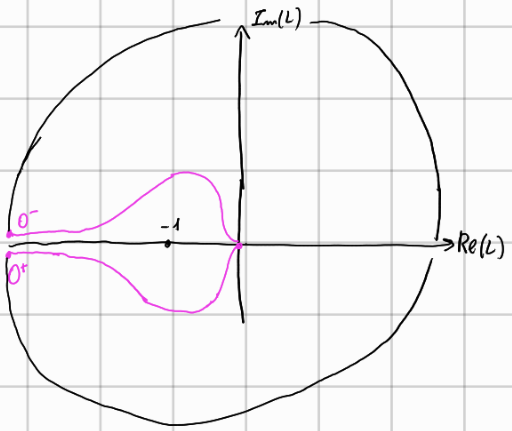
Now: $L(s) = \dfrac{M}{s^2}$

$\varphi_0 = -180° \qquad \varphi_F = -180°$

$m_0 = +\infty \qquad m_F = 0$

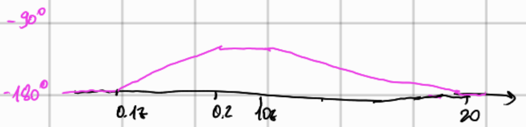
Hp: Voglio z tale che estingua la differenza di fase pre-0.2.





$P=0 \quad N=0$!

Se z era un po' dopo?



Non cambia nulla.

NOW: $\varphi_M = 40° \quad \omega_c = 1\ rad/s$

$|L(j\omega_c)|=1 \quad \left|\frac{\mu(j\omega_c+z)}{\omega_c^2(j\omega_c+2)}\right|_{\omega_c=1} = 1 \Rightarrow \frac{\mu\sqrt{1+z^2}}{\sqrt{4+1}} = 1 \Rightarrow \mu\sqrt{1+z^2} = \sqrt{5}$ ($z \in (0,2)$, ma μ e z GDL)

$\varphi_m = 180° - |\varphi_c|$

$\varphi_c = \operatorname{atan}\left(\frac{1}{z}\right) + 180° - \operatorname{atan}(0.5) < 0$ perché nel diagramma sono nel 3° quadrante!

con $\omega_c = 1$

$40° = \cancel{180°} - \operatorname{atan}\left(\frac{1}{z}\right) - \cancel{180°} + \operatorname{atan}\left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow z = \frac{1}{\tan(40° + \operatorname{atan}(\frac{1}{2}))} = 0.43$ ✓ accettabile

$\mu = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{1+(0.43)^2}} \simeq 2$

Perché $\mu\sqrt{1+z^2} = \sqrt{5}$

3) **DOMANDA ORALE**

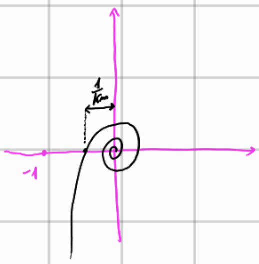
$G(s) = \dfrac{1}{1+s\tau}$ $\tau > 0$; Voglio $R(s) = \dfrac{M}{s}$, perché voglio $y_\infty = 0$ con disturbi costanti

Voglio S. Ciclo chiuso costante. Mi basta questo regolatore? M per stabilità?

Poi voglio $K_{m_{dB}} = 6dB$

$L(s) = \dfrac{M}{(1+s\tau)s} e^{-s}$ $M > 0$ $\tau > 0$

NYQUIST:



$\varphi_0 = -90°$ $\varphi_F = -\infty$

$m_0 = +\infty$ $m_F = 0$

$\frac{1}{K_m} = 0.5$, perché $K_m = 2$ $(K_{m_{dB}} = 6dB)$

$|L(j\omega_\pi)| = \frac{1}{2}$

$\angle L(j\omega_\pi) = -\pi$

$\Downarrow$

$-\frac{\pi}{2} - \operatorname{atan}(\omega_\pi \tau) - \omega_\pi = -\pi$

$\operatorname{atan}(\omega_\pi \tau) + \omega_\pi = \frac{\pi}{2}$ COME TROVO ω_π?

Per Nyquist posso cancellare nel semipiano sinistro quindi va bene.

Suggerimento: $R(s) = \frac{M}{s}(1+sT)$ $\Rightarrow$ idea: $T = \tau$ $L(s) = \dfrac{M}{s}\dfrac{(1+sT)}{1+s\tau} e^{-s}$

$-\pi = \angle L(j\omega_\pi) = -\frac{\pi}{2} - \omega_\pi \cdot 1 \Rightarrow \frac{\pi}{2} = \omega_\pi \Rightarrow \omega_\pi = \frac{\pi}{2}$ rad/s

CONDIZ. SUL MODULO:

$\frac{1}{2} = |L(j\omega_\pi)| = \dfrac{M}{\omega_\pi} \Rightarrow M = \frac{\omega_\pi}{2} = \frac{\pi}{4}$, quindi $R(s) = \dfrac{\pi/4}{s}(1+s\tau)$