CONTROLLO DI UN SISTEMA A FASE MINIMA E ANALISI DELL'EFFETTO DI UNO ZERO NEL SEMIPIANO DESTRO

$$G(s) = 10 \frac{0{,}5s+1}{(s+1)(0{,}1s+1)}$$

Progettare $R(s)$:

1) SIST. in AN. CHIUSO AS. STABILE
2) $|e_\infty| = 0$ con $y^o(t) = sca(t)$
3) $\omega_c \geq 1{,}5 \frac{rad}{s}$
4) $\varphi_m \geq 60°$

Per il vincolo 1) lo suppongo soddisfatto e verifico dopo

$\boxed{\text{VINCOLO 2}}$ Per il principio del modello interno si ha $e_\infty = 0$ con $y^o(t) = sca(t)$ se $g_L \geq 1$. Fisso $g_L = 1$

1

e quindi ho $\boxed{R_1(s) = \frac{\mu_R}{s}}$

μ_R "LIBERO" va bene un valore qualsiasi per prog. STATICO

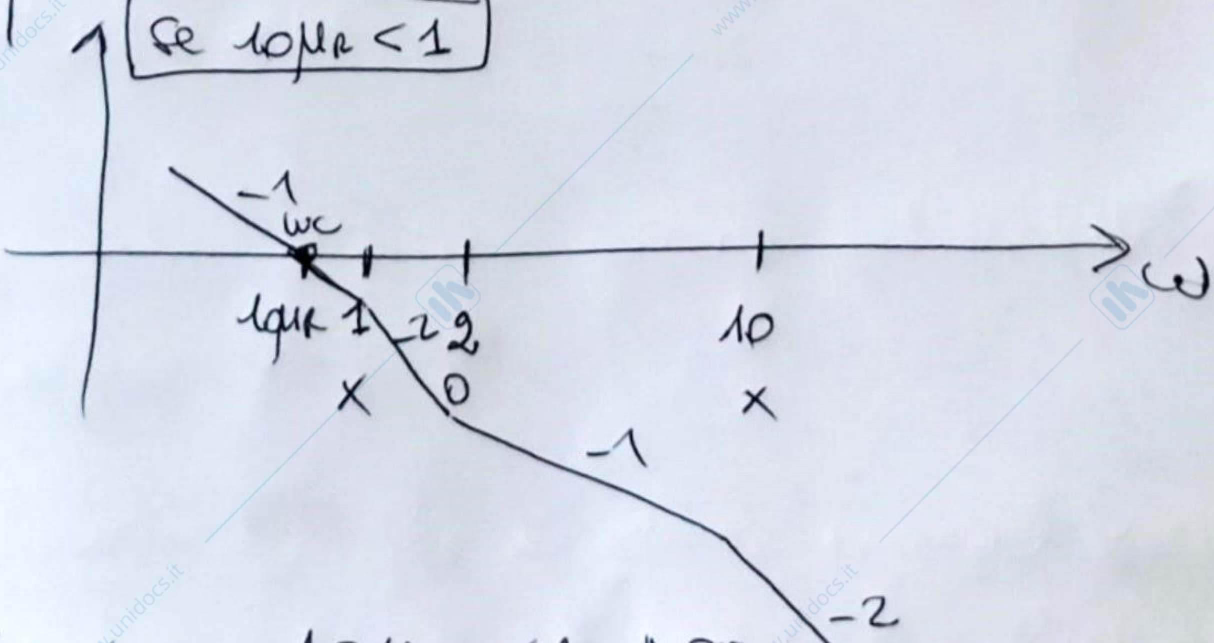
N.B. Bene fissare g_R al valore MINIMO che consente di rispettare il vincolo di e_∞ -

Ogni polo aggiuntivo in $s=0$ mi fa "PERDERE" 90° di fase ⇒ diventa più difficile soddisfare i vincoli sul φ_m!

PROGETTO DINAMICO

$$L_1(s) = \frac{10\mu_R}{s}\,\frac{0{,}5s+1}{(s+1)(0{,}1s+1)}$$

1.1 $\boxed{\text{Se } 10\mu_R < 1}$

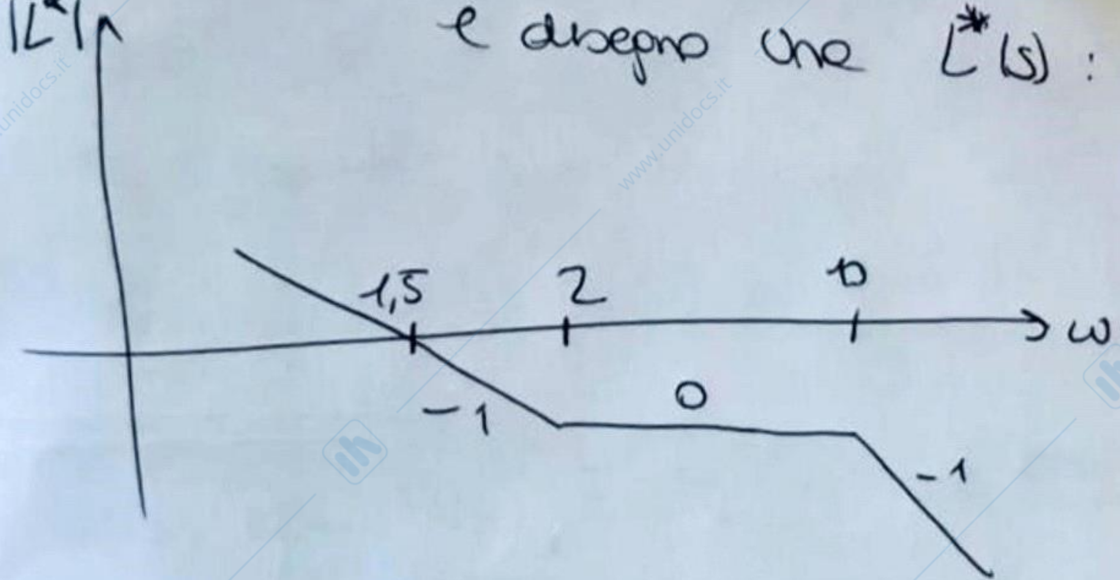


MA $\omega_c = 10\mu_R < 1$ NON VINCOLO ③ !

Se ~~...~~ $10\mu_R > 1$ taglio asse con pendenza $-2 \Rightarrow \varphi_M$ MOLTO BASSO!

2 STRADE

1) CANCELLO ~~...~~ IL POLO in $\omega = 1$ e disegno una $L^*(s)$:



$$L^*(s) = \frac{1{,}5}{s} \frac{0{,}5\,s+1}{0{,}1\,s+1}$$

$\omega_c = 1{,}5 \frac{rad}{s}$ OK!

$$\varphi_c = -90° + \operatorname{atan}(0{,}5 \times 1{,}5)\frac{180°}{\pi} - \operatorname{atan}(0{,}1 \times 1{,}5)\frac{180°}{\pi} \simeq -65°$$

$\varphi_M = 180° - |\varphi_c| = 115°$ ✓ OK!

③

VINCOLO 1 $\Rightarrow$ Bode applicabile

IPOTESI $L(s)$ STR. PROPRIA OK!

N_L, D_L PRIMI OK!

CONDIZ. APPLIC. $L(s)$ ha $P=0$ OK!

ω_c ben definita OK!

$$R_2(s) = (s+1)$$

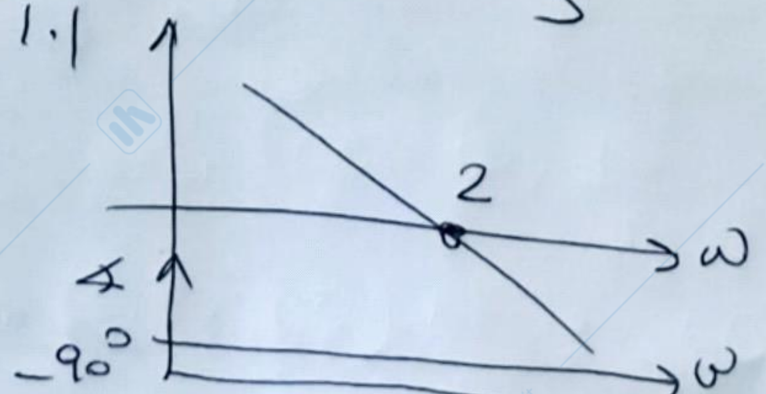
$$R(s) = R_1(s)\, R_2(s) = \frac{0{,}15}{s}\,(s+1)$$

$\hookrightarrow$ GRADO DEL $R(s)$ è $r_R = 0 \Rightarrow$ REALIZZABILE!

2) APPROCCIO

Noto che una $L^*(s) = \dfrac{2}{s}$

$L(s)$ ha $P=0$ e $|\angle L(j\omega)| < 180°$ $\Rightarrow$ SIST. in AN. CHIUSO AS. ST. per CONDIZ. PICCOLA FASE



ha $\begin{cases} \omega_c = 2 > 1{,}5 & \checkmark \\ \varphi_m \simeq 90° & \checkmark \end{cases}$ $\qquad \varphi_c = -90°$

$$R(s) = \frac{1}{5s}\left[\frac{(s+1)(0{,}1s+1)}{(0{,}5s+1)}\right]$$

↳ HO INVERTITO TUTTA LA DINAMICA di $G(s)$!

Ok entrambe le soluzioni, $R(s)$ nel caso 2) è più complesso!

Cosa succede al nostro progetto se lo ZERO di $G(s)$ fosse a parte reale >0 ?

SISTEMA A FASE NON MINIMA $\Rightarrow$ $$G(s) = 10\,\frac{-0{,}5s+1}{(s+1)(0{,}1s+1)}$$

Vediamo cosa succede se applico i controllori di PRIMA:

CASO 1) Con $R(s) = \frac{0,15}{s}(s+1)$

ottengo ora $L(s) = \frac{1,5}{s} \frac{-0,5s+1}{(0,1s+1)}$

Il $|L|$ è ovviamente invariato, ma lo zero con Re > 0 mi fa "PERDERE" FASE $\boxed{\underline{\omega_c} = 1,5 \, \frac{rad}{s} \text{ ok!}}$

$$\varphi_c = -90° - \text{atan}(0,5 \times 1,5) \times \frac{180°}{\pi} - \text{atan}(0,1 \times 1,5) \frac{180°}{\pi} \simeq -155°$$

$$\boxed{\varphi_m = 45° < 60° \Leftarrow \text{NO!}}$$

LO ZERO NEL SEMIPIANO DX PONE LIMITI ALLE PRESTAZIONI !!!

se fisso ed es ← { se voglio la stessa ω_c avrò φ_m ; se voglio lo stesso φ_m dovrò abbassare ω_c }

$\mu_R = 0,05$
ho $\omega_c \simeq 0,5 \, \frac{rad}{s}$ e $\varphi_m \simeq 65°$ (6)

Nel caso 2) invece, l'approccio usato per il sistema a fase MINIMA NON è applicabile, perché

NON POSSO CANCELLARE ZERI NEL SEMIPIANO DX CON POLI DEL REGOLATORE CON $Re > 0$

⇓

CREEREI UNA CANCELLAZIONE CRITICA CHE RENDE IL SISTEMA INTERNAMENTE INSTABILE !!!!

N.B. Allo stesso modo, NON posso mai cancellare con $R(s)$ UN RITARDO PURO!!

$\left\{ \begin{array}{l} \text{RITARDO PURO e} \\ \text{ZERI con } Re > 0 \end{array} \right.$ ⇒ PONGONO LIMITI ALLE PRESTAZIONI in AN. CHIUSO!