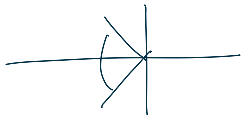
Controlli Automatici 20 marzo 2023	Prof. L. Iannelli	Firma leggibile dello studente
Cognome:	Nome:	Matricola:

Quiz sui sistemi di controllo

ISTRUZIONI

- Per ogni domanda seguente una sola risposta risulta corretta. Il candidato evidenzi la risposta che ritiene corretta.
- Per ogni risposta corretta, viene assegnato il punteggio indicato accanto al testo della domanda. Per ogni risposta errata, viene sottratto un quarto del suddetto punteggio. Se non è indicata alcuna risposta, vengono assegnati zero punti.



8 punti

1. *(1 punto)* Il luogo del piano complesso corrispondente ad una coppia di poli con coefficiente di smorzamento ξ superiore ad un valore $\bar{\xi} > 0$ (cioè $1 > \xi > \bar{\xi} > 0$) è:

(a) Il settore racchiuso tra due semirette che partono dall'origine e giacciono nel secondo e terzo quadrante

(b) Un cerchio centrato nell'origine

(c) Il settore racchiuso tra il semiasse positivo delle ordinate ed una semiretta che parte dall'origine e giace nel secondo quadrante, unito al corrispondente settore simmetrico rispetto all'asse delle ascisse

(d) Il settore racchiuso tra il semiasse positivo delle ordinate ed una semiretta che parte dall'origine e giace nel primo quadrante, unito al corrispondente settore simmetrico rispetto all'asse delle ascisse

(e) Il settore racchiuso tra due semirette che partono dall'origine e giacciono nel primo e quarto quadrante

2. *(2 punti)* Si calcoli l'errore di velocità quando si sollecita con una rampa il sistema

$$G(s) = \frac{s^2-2s+20}{s^3+4s^2+3s+20}$$

$$\begin{array}{c|cc} s^3 & 1 & 3 \\ s^2 & 4 & 20 \\ s^1 & -2 & \\ s^0 & & \end{array} \qquad \frac{12-20}{4} < 0$$

$-2 \leftarrow < 0 \Rightarrow A.I. \Rightarrow e = \infty$

(a) −0,25

(b) 1

(c) 0,25

(d) −1

(e) ∞

3. *(1 punto)* Quali sono i vantaggi del controllo in retroazione?

(a) Aumentando il guadagno del controllo si stabilizza il processo

(b) Consente di risparmiare sui costi di implementazione

(c) È più semplice da progettare rispetto al controllo a ciclo aperto

(d) Con un'azione proporzionale è sempre possibile stabilizzare un processo

(e) Consente di controllare processi non perfettamente noti

4. *(2 punti)* Si consideri un sistema di controllo con retroazione negativa unitaria dove la funzione di anello è $L(s) = \dfrac{19(s+14)}{(s+16)(s+5)(s+2)}$. Si determini il margine di ampiezza.

(a) 6 dB

(b) 0 dB

(c) 3 dB

(d) 12 dB

(e) ∞

$\mu = \frac{19 \cdot 14}{16 \cdot 5 \cdot 2} = 1.66 > 1 \Rightarrow (\mu)_{dB} = 4.4 > 0$

1 Z Re P<0
3 P Re P<0

2 5 14 16
↘ ↘ ↗ ↘

$\varphi_{in} = 0°$ $\varphi_{fin} = (m-n) \cdot 90° = -2 \cdot 90 = -180°$

↑ Asintotico $\Rightarrow M_A = \infty$

5. *(2 punti)* Si consideri un sistema di controllo con retroazione negativa unitaria dove la funzione di anello è $L(s) = \dfrac{25}{(s+19)(s+3)(s+4)}$. Si determini il margine di fase.

(a) $-38°$ $K_s = \mu = \frac{25}{19 \cdot 3 \cdot 4} = 0.11 < 1 \Rightarrow (K_s)_{dB} < 0 \Rightarrow \varphi_m = \infty$

(b) ∞

(c) 0

(d) 38°

(e) 180°

Si svolgano gli esercizi riportati di seguito fornendo le risposte a quanto richiesto. Accanto ad ogni esercizio è riportato il punteggio massimo che si può ottenere.

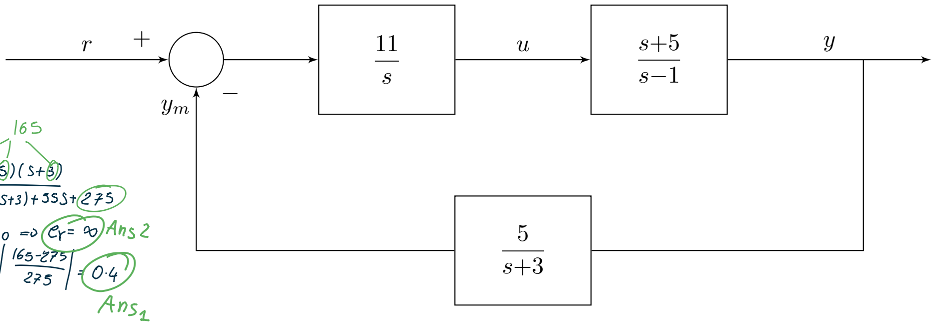
Precisione statica

Esercizio 1.

Si consideri il sistema di controllo a ciclo chiuso schematizzato nella figura seguente e se ne calcoli l'errore di posizione e di velocità.

Si ricorda che $e_p \triangleq |r - y|$ *quando* $r = 1(t)$ *e* $e_v \triangleq |r - y|$ *quando* $r = t \cdot 1(t)$.

4 punti



$L(s) = \frac{11(s+5)}{s(s-1)}$

$H(s) = \frac{5}{s+3}$

$\Rightarrow T_{r \to y} = \dfrac{\frac{11(s+5)}{s(s-1)}}{1 + \frac{55(s+5)}{s(s-1)(s+3)}} = \dfrac{11(s+5)(s+3)}{s(s-1)(s+3) + 55s + 275}$

165

$\beta_0 \neq \alpha_0 \Rightarrow e_r = \infty$ Ans 2

$e_p = \left| \frac{165 - 275}{275} \right| = 0.4$

Ans 1

$e_p =$ $\boxed{0.4}$, $e_v =$ $\boxed{\infty}$

Luogo delle radici

Esercizio 1.

Si consideri l'impianto descritto dalla funzione di trasferimento

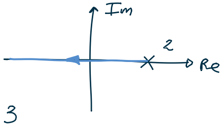
5 punti

$$G(s) = \frac{1}{2 - s}$$

e si progetti un controllore $C(s)$ tale che, in uno schema con retroazione negativa unitaria, si garantisca:

- risposta indiciale con tempo di assestamento T_a all'1% inferiore a 0.2s;
- errore di velocità inferiore al 5%.

$G(S) = \frac{1}{2-S} = -\frac{1}{S-2}$ $\quad 2-S=0 \to S=2$

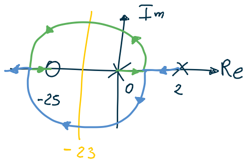


$C_1(S) = -1 \Rightarrow L(S) = \frac{1}{S-2}$

? Non so se si puo' fare

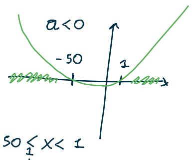
Q_1: $T_{a1} < 0.2 \Rightarrow \frac{4.6}{\sigma} < 0.2 \to |\sigma| > \frac{4.6}{0.2} = 23$

Q_2: $e_r < 5\% \Rightarrow g = 1 \Rightarrow C(S) \triangleq \frac{K(S+Z)}{S}$ Scelgo $Z = 25 \to$



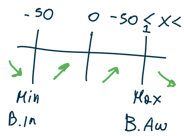
$L'(S) = \frac{K(S+25)}{S(S-2)} \to \gamma(x) = -\frac{x^2-2x}{x+25} \to \gamma' = \frac{-(2x-2)(x+25)+(x^2-2x)}{(\ldots)^2} > 0$ per $-2x^2-50x+\cancel{2x}+50+x^2\cancel{-2x} > 0$

$-x^2-50x+50>0$ $\quad x_1 \simeq -51$, $x_2 = +1$



Scelgo $s^* = -50$

$\Rightarrow |\rho| = \left|\frac{(s^*)^2-2s^*}{s^*+25}\right| = |104| \Rightarrow$ Scelgo $K = 105$



- $e_r < 5\%$ Vuol dire $\left|\frac{1}{\mu_v}\right| < 0.05 \to L'(S) = \frac{K(S+25)}{S(S-2)} \to \mu_v = \lim_{S\to 0} \cancel{S} \frac{K(S+25)}{\cancel{S}(S-2)} = -\frac{25K}{2}$

$\to \left|-\frac{2}{25K}\right| < 0.05 \to \frac{2\cdot 20}{25} < K \to K > 1.6 \Rightarrow K = 105$ e' più che sufficiente

$\Rightarrow C(S) = -\frac{105(S+25)}{S}$ Ans

Controlli Automatici 20 marzo 2023	Prof. L. Iannelli	Firma leggibile dello studente
Cognome:	Nome:	Matricola:

Progetto in frequenza

Esercizio 1.

Si consideri la funzione di trasferimento

$$G(s) = k \cdot \frac{s+z}{(s+5)^2}.$$

5 punti

Si scelga il valore del guadagno $k \in \mathbb{R}$ e del parametro $z \in \mathbb{R}$ in maniera che $G(s)$ abbia un margine di ampiezza pari a 6dB.

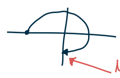
Scelgo $z = -5 \to G'(S) = K\frac{S-5}{(S+5)^2}$ $\quad$ Q: $M_a = 6dB = 10^{\frac{6}{20}} = 1.99 \approx (2)_{VN}$ (A)

- Trovo ω_n // $\angle G(j\omega_n) = -180° = -\pi \to \angle j\omega_c - 5 - \angle(j\omega_c+5)^2 = -\pi \Rightarrow a\tan\left(-\frac{\omega_c}{5}\right) - 2\,a\tan\left(\frac{\omega_c}{5}\right) = -\pi \to -3\,a\tan\left(\frac{\omega_c}{5}\right) = -\pi \to \frac{\omega_c}{5} = \tan\left(\frac{\pi}{3}\right) \to \omega_c = 5\tan\left(\frac{\pi}{3}\right) \simeq 8.66$ rad/s (B)

- Trovo $\frac{1}{|G(j\bar{\omega}_c)|} = 2 \to \frac{\omega_c^2+25}{K\sqrt{\omega_c^2+25}} = 2 \to |K| = \left|\frac{\omega_c^2+25}{2\sqrt{\omega_c^2+25}}\right| = 5$

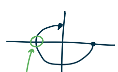
Siccome $\mu = \lim_{S\to 0} \frac{K(S-5)}{(S+5)^2} = -\frac{K}{5}$

$K>0 \to \mu<0$ Parto da $-180° \to -270°$



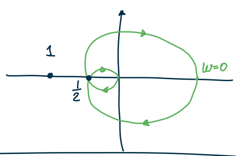
Non Attraverso Mai $-180°$

$K<0 \to \mu>0$ Parto da $0° \to -270°$



Attraverso $-180°$

$\Rightarrow K<0 \to K=-5$ Ans

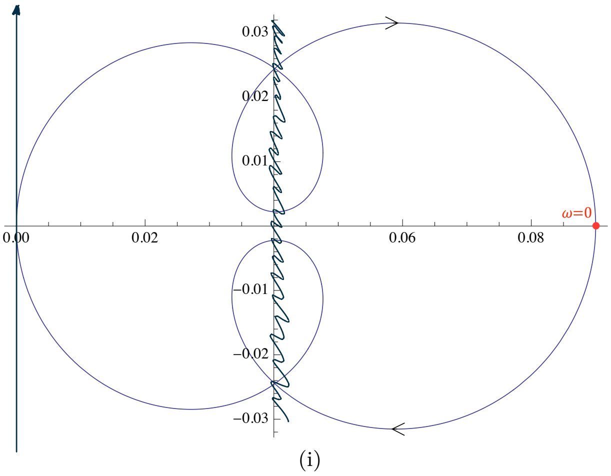


Se avessi scelto $z = 5$

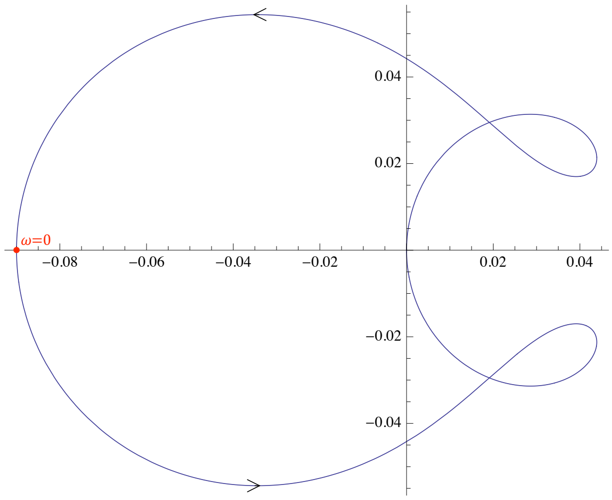
$G'(S) = K\frac{S+5}{(S+5)^2} = \frac{K}{S+5}$

$\mu>0$ $\quad 0° \to -90°$

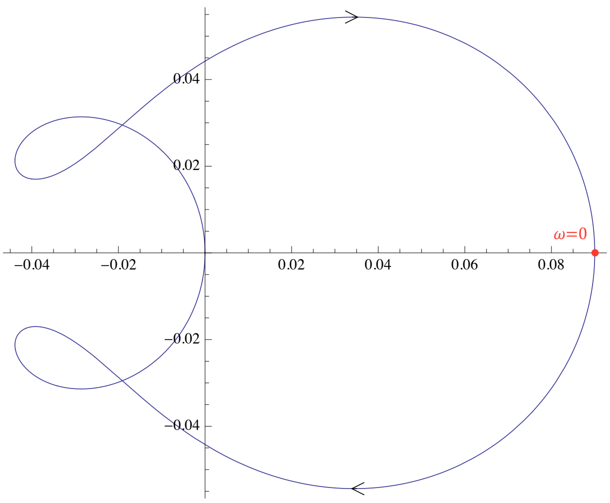
$\mu<0$ $\quad -180° \to -270°$ $\leftarrow$ In nessun caso attraverso $-180° \Rightarrow M_A = \infty / < 0$



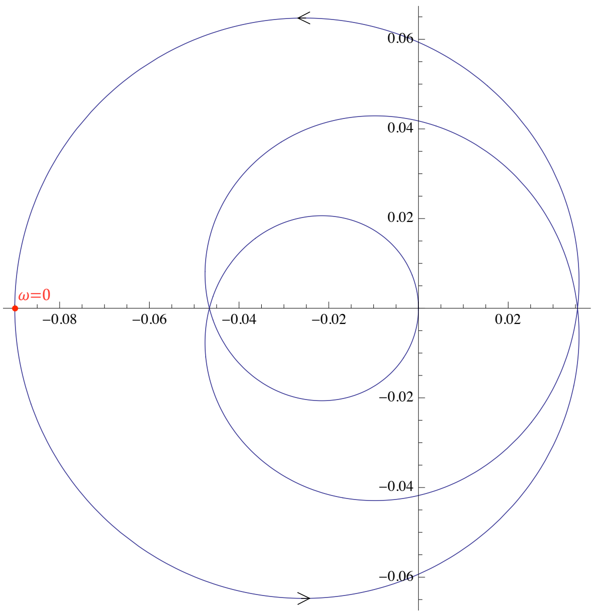
(i)



(ii)



(iii)



(iv)

Esercizio 2.

Si abbinino le funzioni di trasferimento con i corrispondenti diagrammi di Nyquist riportati nelle figure:

5 punti

I ✓ $L(s) = \dfrac{s^2 + \overset{-2\pm\sqrt{5}i}{4s} + 9}{(s+1)(s+10)^2}$ ↑↑ $K = 0.09$ ↓ ↓↓ $\varphi_f = -1 \cdot 90 = -90$ da 0° (A) Fig. (iii)

III ✓ $L(s) = \dfrac{s^2 - \overset{2\pm\sqrt{5}i}{4s} + 9}{(s+1)(s-10)^2}$ ↓↓ $K = 0.09$ ↓ ↑↑ $(2-3)\cdot 90 = -90$ da 0° (B) Fig. (ii)

II ✓ $L(s) = \dfrac{s^2 + 4s + 9}{(s-1)(s+10)^2}$ ↑↑ $K = -0.09$ ↑ ↓↓ $(3-2)\cdot 90 = 90^\circ$ da -180 (C) Fig. (iv)

IV ✓ $L(s) = \dfrac{s^2 + 4s + 9}{(s-1)(s-10)^2}$ ↑↑ $K = -0.09$ ↑ ↑↑ $5 \cdot 90 = 450^\circ$ da -180° (D) Fig. (i)