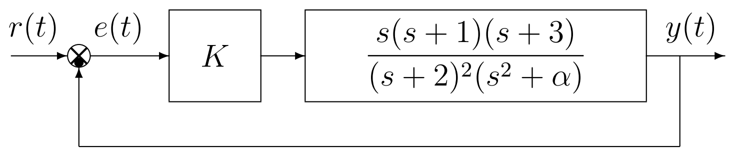
# Controlli Automatici B
# 7 Giugno 2023 - Esercizi

| | |
|---|---|
| Nome: | |
| Nr. Mat. | |
| Firma: | |

a) Sia dato il seguente sistema retroazionato:




a.1) Posto $\alpha = 1$, tracciare qualitativamente il luogo delle radici del sistema retroazionato per $K > 0$. Determinare la posizione di eventuali punti di diramazione “solo in modo qualitativo”. Guardando il solo luogo delle radici, dire per quali valori di $K$ il sistema retroazionato é stabile.

a.2) Posto $K = 3$, tracciare qualitativamente il contorno delle radici del sistema retroazionato al variare del parametro $\alpha > 0$. Nella graficazione si tenga conto che: a) la posizione dei poli del sistema retroazionato quando $K = 3$ e $\alpha = 0$ è: $p_1 = 0$, $p_2 \simeq -0.83$ e $p_{3,4} \simeq -3.09 \pm 1.17\,j$. Determinare la posizione dei punti di diramazione “solo in modo qualitativo”.

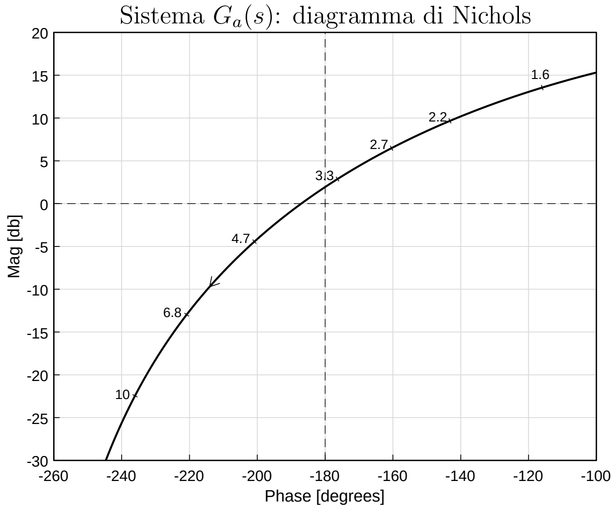
a.3) Sia data la seguente funzione di trasferimento $G_3(s)$ che descrive il legame tra la tensione in ingresso $V(s)$ e la posizione angolare in uscita $\theta(s)$ di un motore elettrico in corrente continua:

$$G_3(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K_e}{s[(R + L\,s)(b + J\,s) + K_e^2]}$$

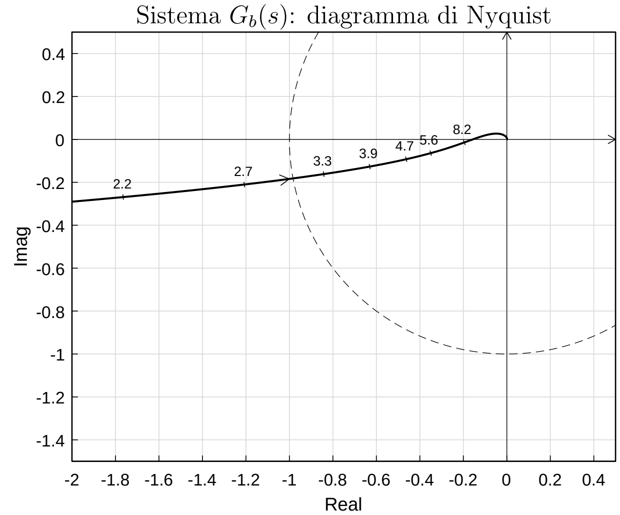
Posto $b = 1$, $L = 1$, $K_e = 2$ e $R = 1$, mostrare graficamente come si muovono sul piano complesso i poli della funzione $G_3(s)$ al variare del parametro $J > 0$. Calcolare il valore $J^*$ a cui corrisponde il minimo tempo di assestamento del sistema $G_3(s)$ alla risposta al gradino.

b) Siano date le seguenti due funzioni di risposta armonica dei sistemi $G_a(s)$ e $G_b(s)$:

Sistema $G_a(s)$: diagramma di Nichols



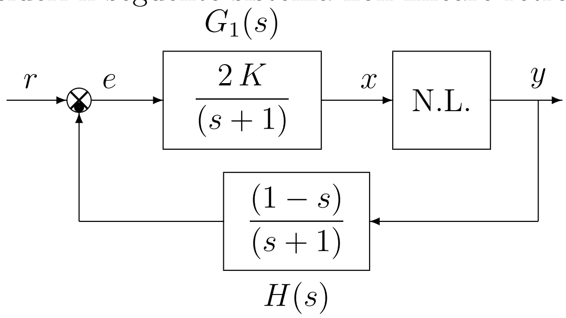

Sistema $G_b(s)$: diagramma di Nyquist

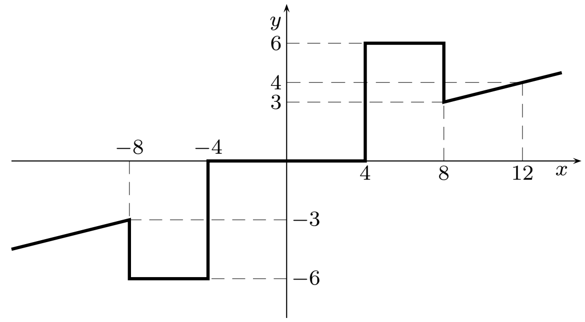



b.1) Per il sistema $G_a(s)$ progettare una rete ritardatrice in modo da garantire al sistema compensato un margine di ampiezza $M_\alpha = 5$. Scegliere il valore della pulsazione $\omega$ che si ritiene più opportuno;

b.2) Per il sistema $G_b(s)$ progettare una rete correttrice in grado da garantire al sistema compensato un margine di fase $M_\varphi = 50$. Scegliere il valore della pulsazione $\omega$ che si ritiene più opportuno;

c) Si consideri il seguente sistema non lineare retroazionato:



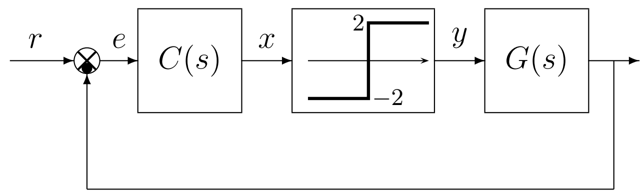

c.1) Posto $K = 1$, determinare per quale valore $r^*$ dell'ingresso $r$ il punto di lavoro del sistema retroazionato é posizionato in $(x_1, y_1) = (2, 0)$.

c.2) Posto $K = 1$ ed utilizzando il criterio del cerchio, dire se il sistema retroazionato è stabile o meno nell'intorno del punto $(x_1, y_1) = (2, 0)$.

c.3) Disegnare in modo qualitativo l'andamento della funzione descrittiva $F(X)$ della non linearità $y(x)$ nell'intorno del punto $(0, 0)$. Utilizzare le variabili $m_1$, $m_2$, ... per rappresentare gli eventuali valori minimi e massimi "non noti" della funzione $F(X)$.

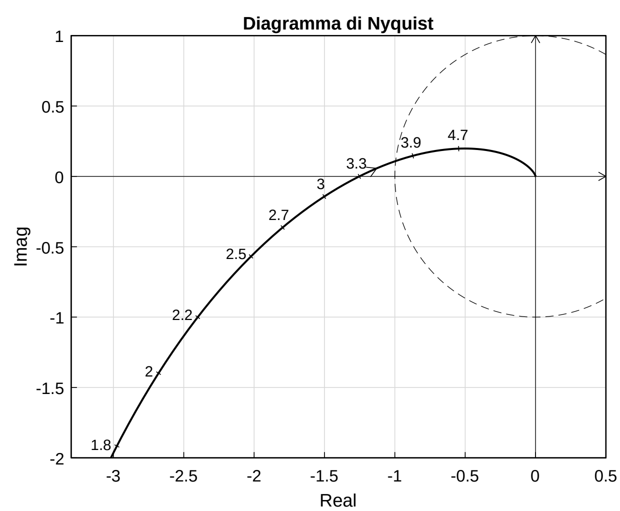
c.4) Discutere "qualitativamente", in funzione dei parametri $m_1$, $m_2$ ..., l'esistenza o meno di cicli limite nel sistema retroazionato al variare del guadagno $K > 0$.

d) Sia dato il sistema retroazionato riportato a fianco, e il diagramma di Nyquist della funzione $G(s)$ riportato sotto.




d.1) Posto $C(s) = 1$, determinare l'ampiezza $X^*$ e la pulsazione $\omega^*$ dell'oscillazione autosostenuta che è presente all'interno del sistema quando $r = 0$.

d.2) Progettare una rete correttrice $C(s)$, in modo che l'oscillazione autosostenuta presente all'interno del sistema quando $r = 0$ sia caratterizzata da un'ampiezza $X^* = 5$ e da una pulsazione $\omega^* = 2$.




e) Utilizzando il metodo della corrispondenza poli-zeri, discretizzare il seguente regolatore PI:

$$D(s) = \frac{M(s)}{E(s)} = \frac{(s+1)}{s}$$

giungendo anche alla determinazione della corrispondente equazione alle differenze. Si utilizzi il periodo di campionamento $T = 0.2$ e si imponga l'uguaglianza dei guadagni alle alte frequenze.

f) Partendo da condizioni iniziali nulle, calcolare la risposta $y(n)$ della seguente equazione alle differenze

$$y(n+2) = 1.5\,y(n+1) - 0.5\,y(n) + 2\,x(n+1)$$

quando in ingresso è presente l'impulso di ampiezza unitaria: $\delta(n) = 1$.

| | |
|---|---|
| Nome: | |
| Nr. Mat. | |
| Firma: | |

**Controlli Automatici B**

**7 Giugno 2023 - Domande Teoriche**

Rispondere alle domande e ai test che seguono. Per ciascuno dei test segnare con una crocetta le affermazioni che si ritengono corrette.

1. Calcolare la funzione di trasferimento $G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$ corrispondente alla seguente equazione alle differenze:

   $y(k+1)+2\,y(k)+4\,y(k-1) = 5\,x(k)+3\,x(k-1) \quad \rightarrow \quad G(z) =$

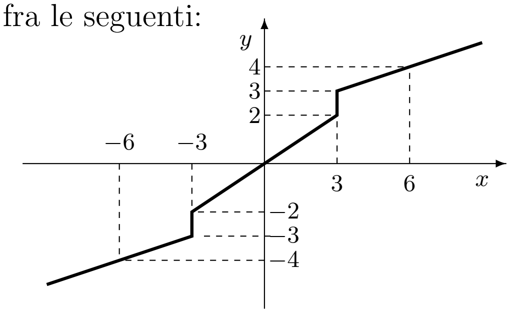
2. Il sistema dinamico discreto $G(z) = \frac{1}{z^2(z+1)}$:

   ◯ è asintoticamente stabile   ◯ è semplicemente stabile   ◯ è instabile

3. Il valore finale $y(\infty)$ della successione $y(k)$ corrispondente alla seguente funzione di trasferimento discreta $Y(z) = \frac{z(z-0.2)}{(z-1)(z-0.6)}$ è:

   ◯ $y(\infty) = 1$   ◯ $y(\infty) = 0$   ◯ $y(\infty) = \infty$   ◯ $y(\infty) = 2$

4. Data la seguente caratteristica non lineare simmetrica rispetto all'origine, selezionare le affermazioni corrette fra le seguenti:




   ◯ per $X \to \infty$, $F(X) \to \frac{1}{3}$;
   ◯ per $X \to 0$, $F(X) = \frac{1}{3}$;
   ◯ $F(X)$ assume anche valori non finiti;
   ◯ $F(X)$ ha un massimo dopo $X = 3$;

5. Per la categoria di sistemi non lineari visti a lezione, il metodo della funzione descrittiva:

   ◯ è un metodo approssimato;
   ◯ permette di valutare la stabilità del sistema indipendentemente dal punto di lavoro;
   ◯ è applicabile solo se l'ingresso $r$ é costante;
   ◯ richiede che la nonlinearità sia simmetrica rispetto all'origine;

6. Per la categoria di sistemi non lineari visti a lezione, la retta di carico:

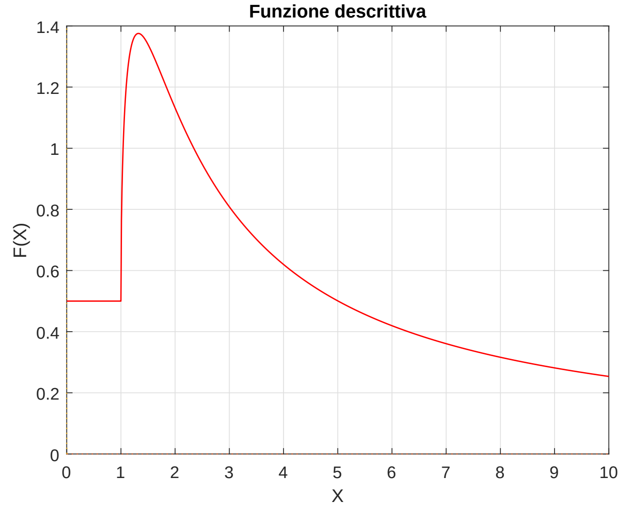
   ◯ descrive la parte lineare del sistema in condizioni stazionarie;
   ◯ è indipendente dall'ingresso del sistema;
   ◯ coincide con l'asse delle ascisse $y = 0$ se $K_1 = \infty$;
   ◯ ha sempre una pendenza negativa;

7. Fornire l'enunciato del Teorema del baricentro: *La somma dei poli del sistema ottenuto chiudendo in retroazione un sistema dinamico descritto da una funzione di trasferimento $G(s)$ razionale fratta con ...*

8. Quella riportata a fianco è la funzione descrittiva $F(X)$ di una non linarità posta in retroazione su di un sistema lineare $G(s)$ il cui diagramma di Nyquist interseca l'asse rele negativo nel punto $\sigma_0 = -1.25$. Fornire una stima dell'ampiezza $X^*$ di ciascun ciclo limite (stabile e instabile) eventualmente presente all'interno del sistema retroazionato:

   $X_1^* = \ldots$ Stabile? $\boxed{\text{si}}$, $\boxed{\text{no}}$

   $X_2^* = \ldots$ Stabile? $\boxed{\text{si}}$, $\boxed{\text{no}}$




9. A fianco è riportato il luogo delle radici del sistema $G(s) = \frac{-10}{(s+6)(s^2+9)}$ al variare del parametro $K > 0$. Calcolare:

   4.1) L'ascissa $\sigma_0$ corrispondente alla condizione di minimo tempo di assestamento:

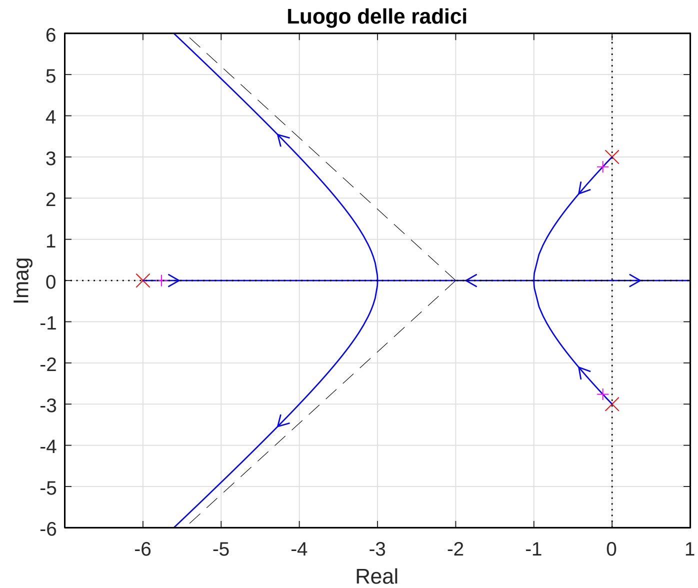
   $\sigma_0 =$

   4.2) Il valore $K_0$ corrispondente alla condizione di minimo tempo di assestamento:

   $K_0 =$

   4.3) Per quali valori di $K$ il sistema retroazionato è stabile:

   $\ldots < K < \ldots$




10. Nel tracciamento del luogo delle radici, i punti di diramazione sull'asse reale:

    ○ corrispondono a radici multiple dell'equazione caratteristica;

    ○ localmente dividono il piano in parti uguali;

    ○ possono corrispondere alla condizione di minimo tempo di assestamento;

    ○ corrispondono sempre alla condizione di minimo tempo di assestamento;

11. Con riferimento all'equazione caratteristica $1 + KG(s) = 0$ di un sistema retroazionato, con $G(s)$ in forma fattorizzata poli-zeri, si scelgano le affermazioni corrette fra le seguenti:

    ○ le parti dell'asse reale appartenenti a luogo delle radici dipendono dal grado relativo $r$ di $G(s)$;

    ○ il verso di percorrenza degli asintoti dipende dal segno del grado relativo $r$ di $G(s)$;

    ○ tutti i punti dell'asse reale appartengono al luogo delle radici per un qualche valore di $K$ positivo o negativo;

    ○ le parti dell'asse reale appartenenti al luogo delle radici dipendono dal segno di $K$;

12. Calcolare la soluzione $y(n)$ della seguente equazione alle differenze a partire dalla condizione iniziale $y(0) = 2$:

$$y(n+1) = -0.3\,y(n) \qquad \rightarrow \qquad y(n) =$$