ESERCIZIO 1

Si consideri il seguente sistema dinamico non lineare invariante e a tempo continuo:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_1^2(t) - u(t) \\ \dot{x}_2(t) &= \left(u(t) - x_1^2(t)\right)(x_2(t) - u(t)) \\ y(t) &= x_1^2(t) \end{aligned}$$

1. Si determinino gli equilibri dello stato e dell'uscita corrispondenti all'ingresso costante $u(t) = \bar{u} = 4$.

2. Si studi la stabilità degli equilibri calcolati al punto precedente.

3. Si studi l'osservabilità dei sistemi linearizzati riferiti agli equilibri calcolati al punto precedente.

4. Dette $(\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D})$ le quattro matrici della rappresentazione di stato di uno dei sistemi linearizzati determinati in precedenza, si scrivano le istruzioni Matlab che permettono di:

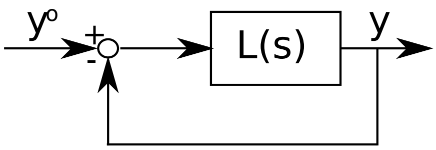
   (a) definire il sistema dinamico di matrici $(\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}, \mathbf{D})$ supponendo che le matrici siano già state definite;

   (b) calcolare le matrici di osservabilità e raggiungibilità;

   (c) tracciare il grafico della risposta all'impulso.

ESERCIZIO 2

Si consideri il seguente sistema in retorazione:



dove:

$$L(s) = \rho \frac{s+1}{(s^2-9)(s+2)}$$

1. Si tracci il luogo delle radici diretto.

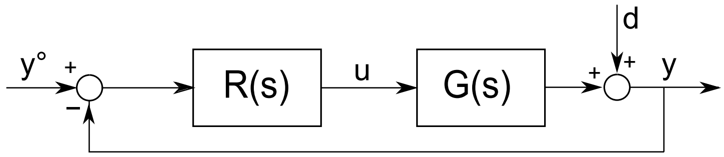
2. Si tracci il luogo delle radici inverso.

3. Sulla base dei luoghi tracciati, si determini l'insieme dei valori di ρ per cui il sistema in anello chiuso è asintoticamente stabile.

4. Si determini il valore di ρ finito per cui almeno un polo in anello chiuso ha parte reale -1.

ESERCIZIO 3

Si consideri il sistema di controllo schematizzato in figura, dove $G(s) = \dfrac{5e^{-\tau s}}{(1+0.02s)(1+5s)}$.



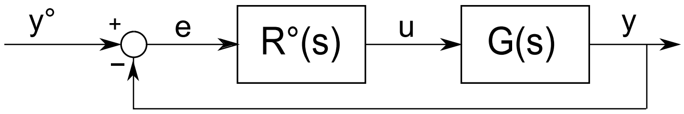
1. Con $\tau = 0$, si progetti un regolatore con funzione di trasferimento $R(s) = \mu_R \dfrac{1+sT_R}{s^{g_R}}$ tale che siano soddisfatte le seguenti specifiche:
   (a) il sistema in anello chiuso sia asintoticamente stabile;
   (b) $|e_\infty| \leq 0.5$ con $y^o(t) = ram(t)$ e $d(t) = 0$;
   (c) $|e_\infty| \leq 0.1$ con $y^o(t) = 0$ e $d(t) = \pm 3sca(t)$;
   (d) il margine di fase sia $\varphi_m \geq 70°$;
   (e) la pulsazione critica sia $\omega_c \geq 1\, rad/sec$.

2. Con riferimento al regolatore progettato al punto precedente, si determini, sempre con $\tau = 0$ e anche in modo approssimato, l'effetto prodotto a transitorio esaurito sull'ampiezza di $y(t)$ da un disturbo $d(t) = sin(0.005t)$ con $y^o(t) = 0$.

3. Supponendo ora τ non nullo, se ne trovi il valore massimo tale che il sistema di controllo rimanga asintoticamente stabile.

ESERCIZIO 4

Si consideri lo schema di controllo in anello chiuso rappresentato in figura



dove $R^o(s) = 10\dfrac{1+10s}{s}$ e $G(s) = \dfrac{0.1}{(1+10s)(1+0.1s)}$.

1. Si determini il periodo di campionamento T_C per la conversione in digitale del regolatore $R^o(s)$ in modo che il ritardo intrinseco di conversione comporti un decremento del margine di fase non superiore a 3°.

2. Mediante il metodo della trasformazione di Tustin (o del trapezio), si determini la funzione di trasferimento $R(z)$ del regolatore digitale ottenuto per discretizzazione dal regolatore $R^o(s)$.

3. Si ipotizzi ora che sia presente un rumore di misura caratterizzato da armoniche di ampiezza non trascurabile fino alla pulsazione di $100\,rad/s$. Si progetti un filtro anti-aliasing che garantisca un'attenuazione alla pulsazione di Nyquist pari ad almeno $40\,dB$.

4. Si determini, considerando sia l'effetto del ritardo intrinseco di conversione che del filtro anti-aliasing, il margine di fase della funzione di trasferimento d'anello.