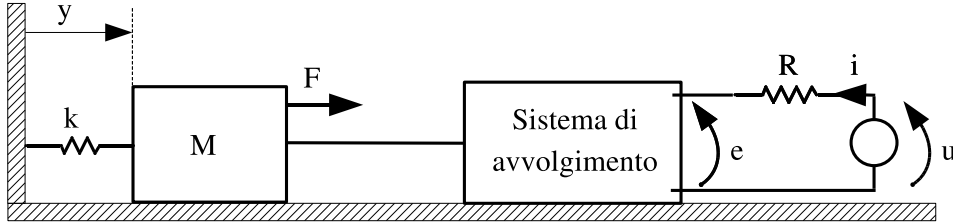


Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
II Sessione 2010
Previgente ordinamento (Prova pratica)
(Tema 10)

Si consideri il sistema meccanico in figura



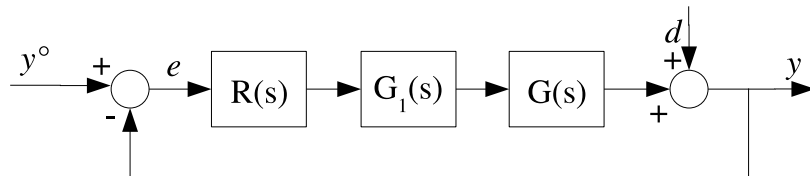
ove una massa $M = 2 \text{ kg}$ è vincolata tramite una molla ad un riferimento fisso e trainata tramite una fune da un sistema di avvolgimento. In particolare, $y(t)$ denota la posizione della massa (in m) e la molla esercita una forza nonlineare di modulo $ky(t)^3$, $k = \frac{5}{3} \text{ N/m}$. La forza esercitata sulla massa tramite la fune è $F(t)$. Il sistema di avvolgimento utilizza un motore elettrico collegato ad una resistenza $R = 0.5 \text{ } \Omega$ e ad un generatore di tensione. L'accoppiamento tra il sistema di avvolgimento e la massa è dato dalle relazioni $F(t) = \alpha i(t)$ e $e(t) = \beta \dot{y}(t)$ ove $\alpha = 1 \text{ N/A}$ e $\beta = 11 \text{ Vs/m}$.

1. Verificare che le equazioni

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\frac{5}{6}x_1^3 - 11x_2 + u \\ y = x_1 \end{cases} \quad (1)$$

forniscono una descrizione in variabili di stato del sistema con ingresso u , ed uscita y .

2. Si determini lo stato di equilibrio del sistema (1) corrispondente all'ingresso costante $\bar{u} = \frac{20}{3} \text{ V}$, $\forall t \geq 0$ e si ricavino le equazioni del sistema linearizzato nell'intorno dell'equilibrio.
3. Utilizzando il sistema linearizzato trovato al punto precedente, si ricavi la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema.
4. Si consideri il sistema di controllo riportato in figura ove $G_1(s)$ è la funzione di trasferi-



mento dell'attuatore.

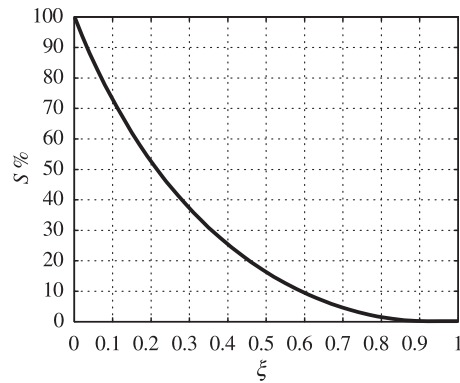
- 4.1 Per $G_1(s) = 1$ si assuma $R(s) = \mu$ e si determinino tutti i valori $\mu \neq 0$ che rendono il sistema di controllo asintoticamente stabile.

4.2 Per

$$G_1(s) = 100 \frac{-\frac{s}{30} + 1}{\frac{s}{100} + 1}$$

progettare il regolatore $R(s)$ in modo che

- (a) l'errore a transitorio esaurito e_∞ verifichi $|e_\infty| \leq 0.1$ quando $y(t) = 9\text{sca}(t)$;
- (b) la banda passante del sistema in anello chiuso sia almeno pari a 5 rad/s
- (c) La sovraelongazione percentuale massima $S\%$ della risposta allo scalino del sistema in anello chiuso sia minore del 20% (il diagramma che relaziona lo smorzamento dei poli in un sistema del secondo ordine senza zeri e $S\%$ è riportato nella figura seguente).



- (d) un disturbo $d(t) = 100 \sin(\omega t)$, $\omega \leq 1 \text{ rad/s}$ sia attenuato sull'uscita a regime di un fattore almeno pari a 10.

5. Discutere l'implementazione digitale del controllore $R(s)$ progettato al punto precedente.