POLITECNICO DI MILANO

FONDAMENTI DI AUTOMATICA

Ingegneria Informatica e Ingegneria delle Telecomunicazioni

Allievi da CM (incluso) a IM (escluso)

Prof. Maria Prandini

Anno Accademico 2017/18

Appello del 5 settembre 2018

COGNOME E NOME ....

MATRICOLA ....

FIRMA ……..

- Consegnare esclusivamente il presente fascicolo.
- Utilizzare, per la minuta, i fogli bianchi forniti in aggiunta a questo fascicolo.
- Non si possono consultare libri, appunti, dispense, ecc.
- Si raccomandano chiarezza, precisione e concisione nelle risposte.

1. Si consideri il sistema non lineare $\mathcal{S}$ descritto dalle seguenti equazioni:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = -2x(t)u(t) + 2x^2(t) \\ y(t) = x(t) \end{cases}$$

1.1 Calcolare gli stati di equilibrio del sistema associati all'ingresso costante $u(t) = \bar{u}$, $\forall t \geq 0$.

1.2 Posto $\bar{u} = 1$, valutare le proprietà di stabilità degli stati di equilibrio calcolati al punto precedente mediante il metodo grafico. A tale scopo, tracciare il grafico di $h(x) = -2x\bar{u} + 2x^2$ con $\bar{u} = 1$.
Come varia la risposta a questo quesito se si pone $\bar{u} = 0$?

1.3 Calcolare l'espressione analitica del movimento dell'uscita del sistema non lineare associato all'ingresso $u(t) = sca(t)$ ed alla condizione iniziale $x(0) = 0$.

2. Si consideri il seguente sistema lineare:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -x_1(t) + u(t) \\ \dot{x}_2(t) = -x_1(t) - 10x_2(t) \\ y(t) = x_2(t) + u(t) \end{cases}$$

2.1 Scrivere l'espressione analitica del movimento dell'uscita $y(t)$ associato alla condizione iniziale $x_1(0) = 1$, $x_2(0) = 0$ e all'ingresso $u(t) = sca(t)$.

2.2 Ricavare la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema con ingresso u ed uscita y.

2.3 Tracciare l'andamento del movimento forzato dell'uscita associato all'ingresso a scalino unitario (riportare nel grafico valore iniziale, finale, e tempo di assestamento).

3. Si consideri la funzione di trasferimento

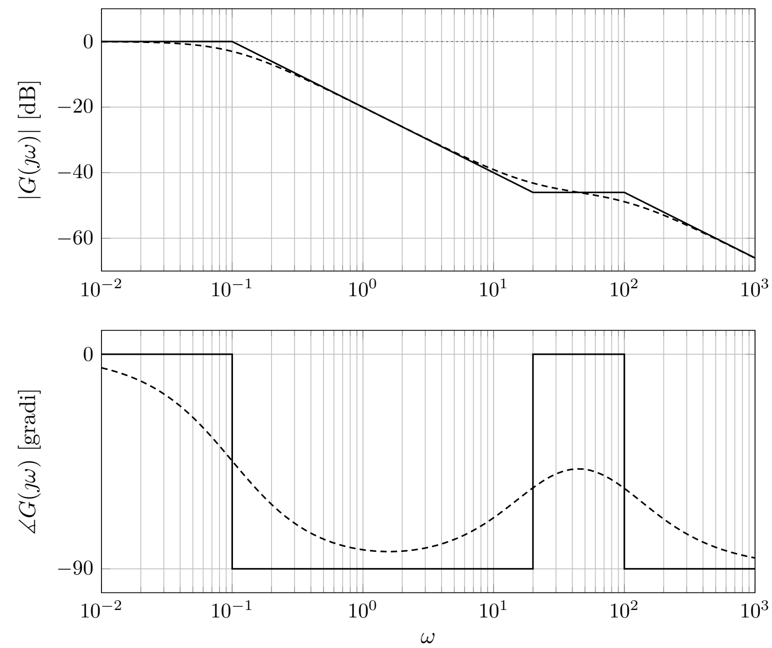
$$F(s) = \frac{10 - s}{(s+1)(1+0.1s)^2}$$

di un sistema lineare di ordine $n = 3$ con ingresso u ed uscita y.

3.1 Calcolare la trasformata di Laplace del movimento forzato dell'uscita associato all'ingresso $u(t) = e^{10t}$, $t \geq 0$. Determinare, se possibile valore iniziale $y(0)$ e finale $\lim_{t \to +\infty} y(t)$ di tale movimento mediante i teoremi del valore iniziale e finale.

3.2 Calcolare l'espressione analitica del movimento forzato dell'uscita associato all'ingresso $u(t) = e^{10t}$, $t \geq 0$. Confrontare valore iniziale $y(0)$ e finale $\lim_{t\to+\infty} y(t)$ con quelli calcolati al punto precedente.

4. Nella figura sotto riportata sono rappresentati i diagrammi di Bode (asintotici ed esatti) della risposta in frequenza associata alla funzione di trasferimento $G(s)$ di un sistema dinamico lineare con ingresso $u(t)$ ed uscita $y(t)$ senza autovalori nascosti.



4.1 Ricavare l'espressione di $G(s)$.

4.2 Dire, giustificando la risposta, se le seguenti affermazioni sono vere o false.

a. La risposta del sistema all'ingresso $u(t) = sca(t)$ si assesta al valore 1.

b. La risposta del sistema all'ingresso $u(t) = sca(t)$ presenta oscillazioni ripetute smorzate.

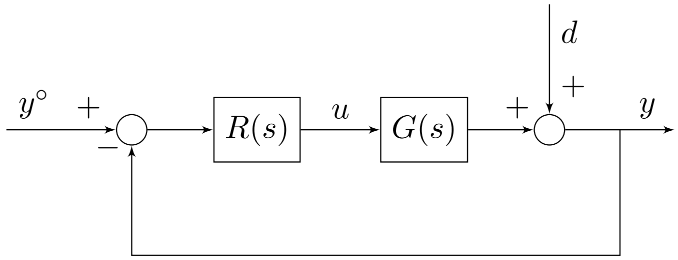
c. I transitori si esauriscono in un tempo pari circa a 0.5.

d. I segnali sinusoidali in ingresso $u(t) = \sin(\omega t)$ con pulsazione $\omega \in [100,\ 1000]$ sono attenuati in ampiezza sull'uscita di un fattore maggiore di 100.

5. Si consideri il sistema lineare asintoticamente stabile con funzione di trasferimento

$$G(s) = \frac{3}{2} \cdot \frac{s + 200}{(s + 0.1)(s + 300)}.$$

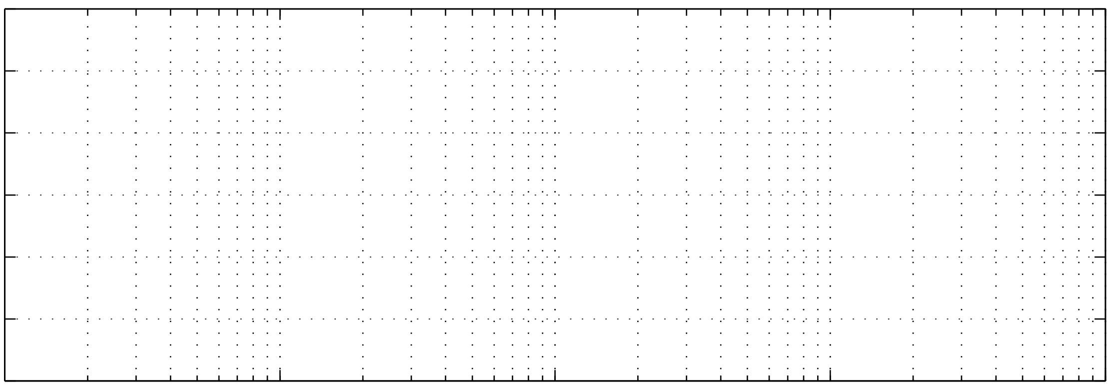
Il sistema viene inserito nello schema di controllo sotto riportato dove $d(t)$ è un disturbo additivo sull'uscita.

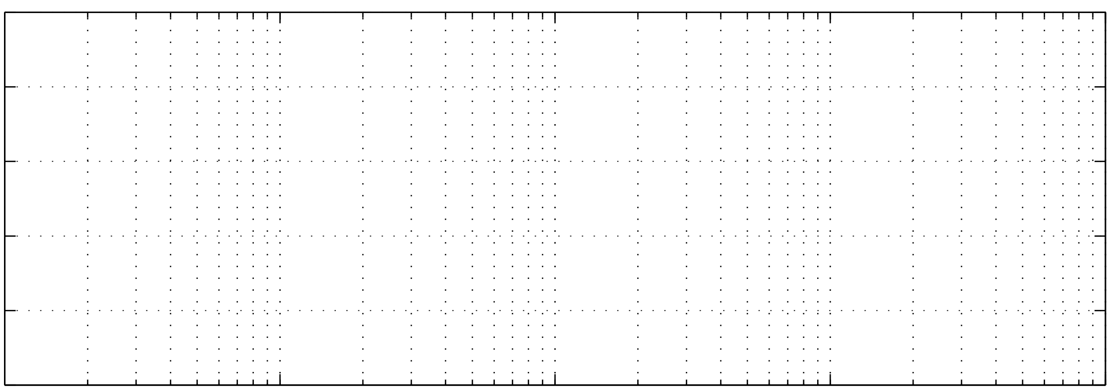


5.1 Determinare i valori dei parametri k e T_I della funzione di trasferimento $R(s)$ di un regolatore PI $R(s) = k\left(1 + \frac{1}{sT_I}\right)$ in modo tale che siano soddisfatte le seguenti specifiche:

i) $y(t)$ tende ad A in circa 50 unità di tempo senza oscillazioni ripetute, quando $y^{\circ}(t) = Asca(t)$ e $d(t) = 0$, $t \geq 0$.

ii) $y(t)$ tende a 0 quando $d(t) = sca(t)$ e $y(t) = 0$, $t \geq 0$, in un tempo inferiore a 100 unità di tempo.





5.2 Si supponga che l'attuatore saturi quando l'ingresso di controllo raggiunge in modulo il valore 100. Si disegni lo schema con cui viene realizzata l'azione integrale del regolatore PI per evitare il fenomeno del wind-up.

6. Con riferimento all'esperimento svolto in laboratorio, descrivere in modo chiaro e sintetico il problema di controllo affrontato.

Formule: $S\% = 100e^{-\frac{\pi\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}}$ $\qquad T = \frac{2\pi}{\omega_n\sqrt{1-\xi^2}}$