Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)

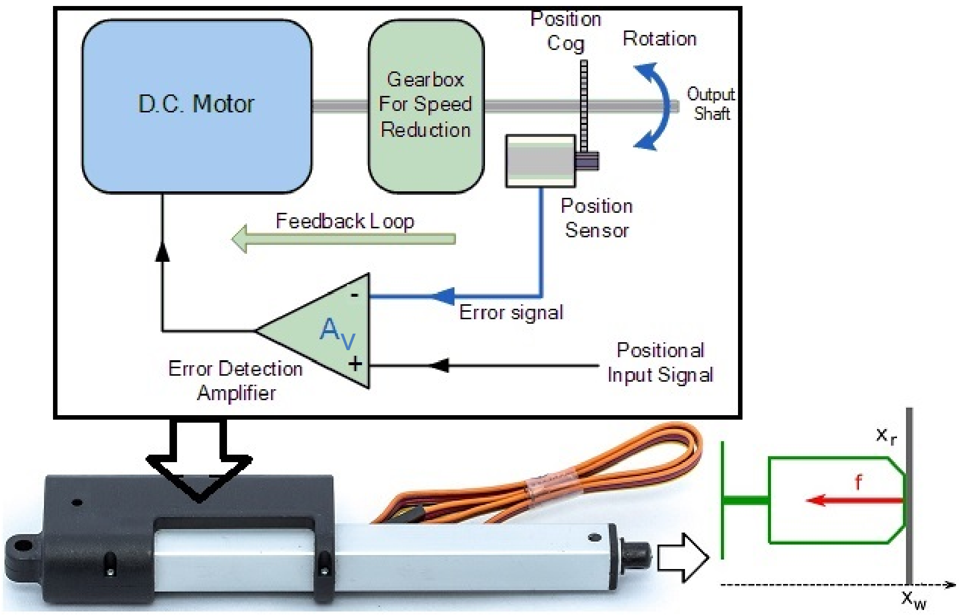
Prova scritta – 29 gennaio 2018

COGNOME e NOME: ____

MATRICOLA: ____

ESERCIZIO 1.

Si vuole realizzare un sistema robotico, costituito da un attuatore lineare che integra il circuito elettronico di regolazione della posizione, al fine di mantenere una forza di spinta desiderata nel punto di contatto tra il robot ed una superficie dell’ambiente, come mostrato nella figura seguente:



Il modello dinamico di tale sistema si ottiene unendo il modello del circuito elettrico (di tipo RL) di un motore a corrente continua (DC motor), la cui tensione è generata dall’amplificatore di controllo in modo proporzionale alla differenza tra la posizione misurata e la posizione desiderata (ingresso del sistema), con il bilancio delle forze agenti sullo stelo dell’attuatore. In particolare, si ipotizza che la posizione della superficie di contatto X_W **sia fissata in 0** e che la forza di contatto, misurabile, sia proporzionale alla differenza tra la posizione dello stelo X_r e X_W. Per semplicità, si considera anche che i parametri del motore includano già il rapporto di riduzione e di trasformazione del moto del motore DC da rotativo a lineare.
In tali condizioni, le equazioni che descrivono il modello dinamico del sistema sono le seguenti:

$$L_a \dot{I}_a + R_a I_a + k_m \dot{x}_r = A_v (x_i - x_r)$$
$$m \ddot{x}_r + b \dot{x}_r + f = k_m I_a$$
$$f = k_w (x_r - x_w) = k_w x_r$$

Si determini il corrispondente modello dinamico nello spazio degli stati, del tipo:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t);\ y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

fissando le seguenti scelte per stato, ingresso e uscita:

$$x_1 = I_a;\ x_2 = x_r;\ x_3 = \dot{x}_r;\ u = x_i;\ y = f;$$

RISPOSTA:

A =

B =

C =

D =

ESERCIZIO 2.

Dato il modello ottenuto nell'Esercizio 1, si sostituiscano i seguenti valori per i parametri fisici:

$R_a = 0{,}4$; $L_a = 0{,}2$; $k_m = 0{,}4$; $A_v = 4$;

$m = 0{,}4$; $b = 0{,}4$; $k_w = 2$;

e si verifichi se il sistema sia o meno **completamente osservabile**, calcolando la matrice di **osservabilità** ed il relativo rango.

RISPOSTA:

$Q^T =$ $\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad$ rango(Q^T) =

Perciò il sistema E' / NON E' completamente osservabile.

ESERCIZIO 3.

Per il sistema con i valori numerici indicati nell'Esercizio 2, si progetti un osservatore in catena chiusa dello stato (osservatore identità), cioè del tipo:

$$\dot{\hat{x}}(t) = A\hat{x}(t) + Bu(t) + K(C\hat{x}(t) - y(t))$$

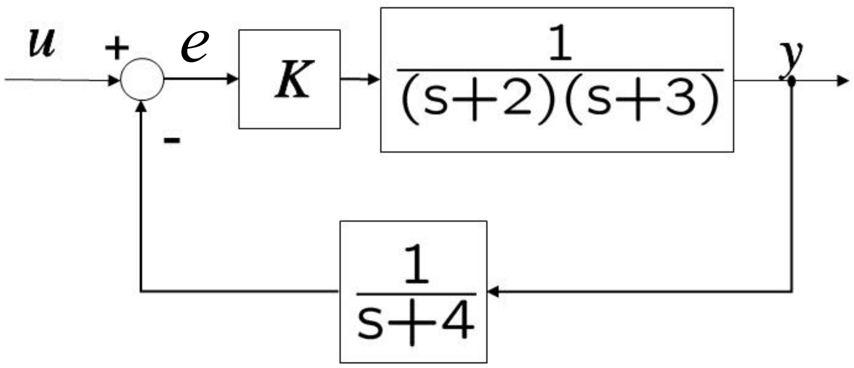
i cui autovalori assegnabili risultino tutti reali ed uguali tra loro (se quelli assegnabili sono più di uno), con tempo di assestamento (al 5%) pari a $T_a = 0{,}5$ secondi.

RISPOSTA:

$K =$

ESERCIZIO 4.

Dato il sistema descritto dallo schema a blocchi mostrato nel seguito, si calcoli il valore di K tale per cui l'errore a regime ($e(t)$) in risposta ad un gradino di ampiezza unitaria ($U(s) = 1 / s$) risulti essere pari a $e(\infty) = 0{,}1$.

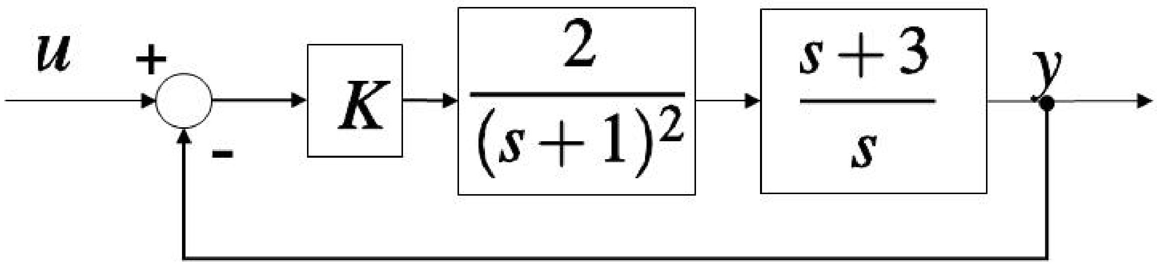


RISPOSTA:

K =

ESERCIZIO 5.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



Si determinino i valori di K che rendono il sistema asintoticamente stabile.

RISPOSTA:

K

ESERCIZIO 6.

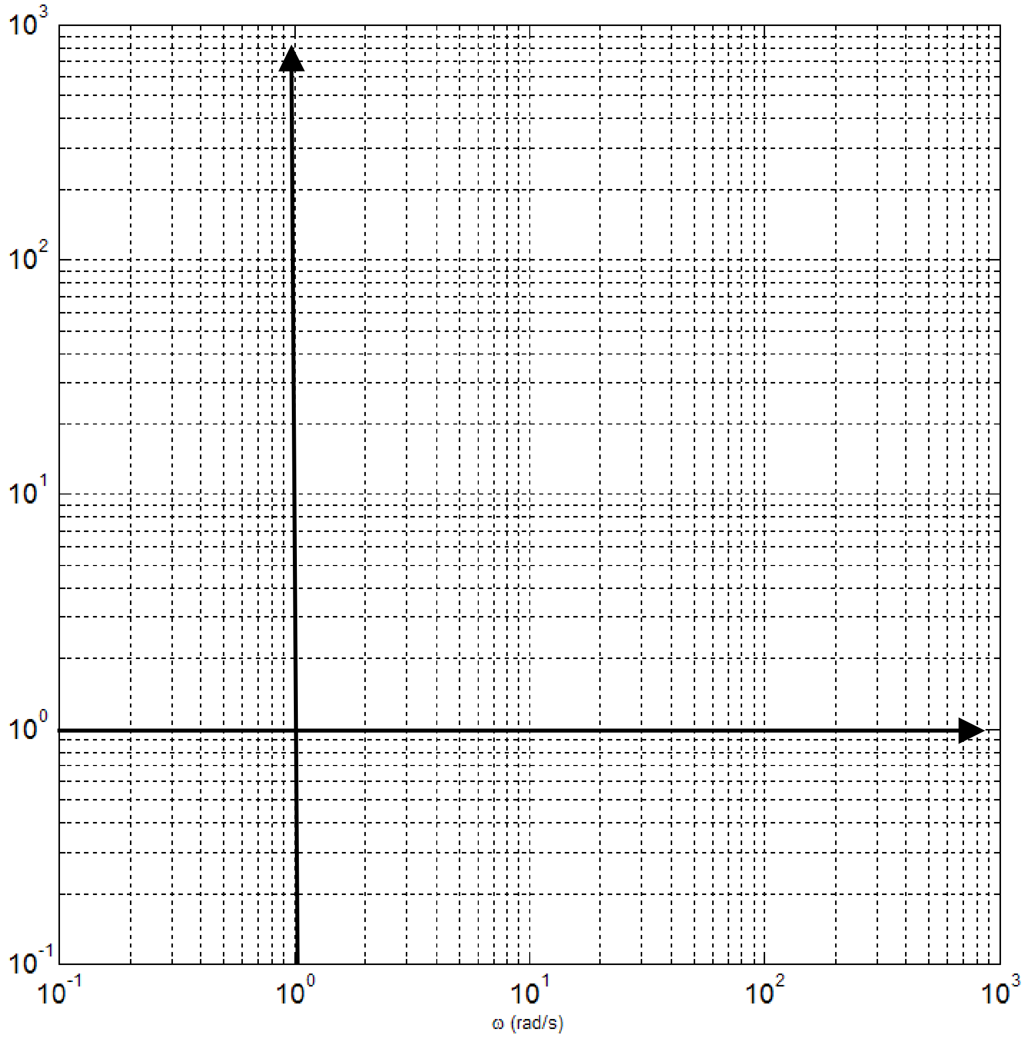
Data la seguente funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{20\left(1+\frac{s}{2}\right)^2}{s^2\left(1+\frac{s}{40}\right)\left(1+\frac{s}{150}\right)}$$

Si disegni il diagramma di Bode delle ampiezze, considerando ovviamente solo la linea spezzata che ne determina l'approssimazione asintotica.

Si noti che entrambi gli assi del piano predisposto per il tracciato del diagramma sono in scala logaritmica (ma che il valore sull'asse delle ascisse è assoluto, NON in dB).

RISPOSTA:


10^3
10^2
10^1
10^0
10^{-1}
10^{-1}
10^0
10^1
10^2
10^3
ω (rad/s)

TEST A RISPOSTA MULTIPLA

DOMANDA 1.
Un sistema dinamico, lineare e stazionario a tempo continuo ha la matrice dinamica A di dimensione (3x3) costituita da tutti elementi nulli, matrice di distribuzione degli ingressi B (3x1) e matrice di distribuzione delle uscite C (1x3). Tale sistema:

O non è completamente raggiungibile-controllabile
O non è completamente osservabile-ricostruibile
O è asintoticamente stabile
O è instabile

DOMANDA 2.
Il moto libero di un sistema dinamico, lineare, stazionario, continuo e di ordine due, è del tipo:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= e^{-t}x_1(0) \\ x_2(t) &= e^{-2t}x_2(0) \end{aligned}$$

Il sistema considerato:

O è completamente controllabile
O può essere completamente controllabile
O è asintoticamente stabile
O è instabile

DOMANDA 3.
Una forma minima per un sistema dinamico, lineare e stazionario, risulta di ordine minore a quello del sistema stesso quando:

O il sistema non è completamente osservabile
O il sistema non è completamente raggiungibile
O esiste una parte non raggiungibile e non osservabile
O il polinomio minimo è di grado inferiore a quello caratteristico

DOMANDA 4.
L'ingresso u(t) e l'uscita y(t) di un sistema sono legati dalla relazione $\dot{y}(t) = u(t)$
Tale sistema:

O ha una funzione di trasferimento pari a G(s) = Y(s) / U(s) = s

O ha una funzione di trasferimento pari a G(s) = Y(s) / U(s) = 1 / s

O ha una funzione di trasferimento pari a G(s) = Y(s) / U(s) = 1 / (s+1)

O è puramente dinamico

DOMANDA 5.
In corrispondenza di una radice multipla di ordine *h*, il luogo delle radici:

O presenta *h* rami entranti
O ha certamente il passaggio di un asintoto
O presenta *h* rami uscenti
O ha almeno un ramo entrante la cui tangente è parallela all'asse reale

DOMANDA 6.
Un sistema con funzione di trasferimento G(s) pari a:

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

risulta essere:

O semplicemente stabile
O asintoticamente stabile
O a fase minima
O puramente dinamico

DOMANDA 7.
Posto $0 < b < a$, il sistema avente la funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{(s+a)}{(s+b)}$$

risulta essere:

O una rete anticipatrice a guadagno statico (i.e. G(0)) unitario
O una rete anticipatrice a guadagno statico (i.e. G(0)) non unitario
O una rete ritardatrice a guadagno statico (i.e. G(0)) unitario
O una rete ritardatrice a guadagno statico (i.e. G(0)) non unitario

DOMANDA 8.
Il regolatore standard di tipo PID, nella forma ideale:

$$C(s) = K_p\left(1 + T_d s + \frac{1}{T_i s}\right)$$

O non è un sistema fisicamente realizzabile
O è un sistema fisicamente realizzabile
O è caratterizzato da una coppia di zeri reali se $T_i \geq 4T_d$
O è caratterizzato da una coppia di poli reali se $T_i \geq 4T_d$