

Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)

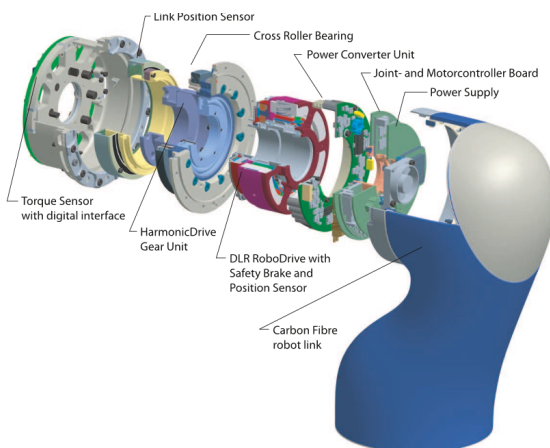
Prova scritta – 13 luglio 2017

COGNOME e NOME: _____

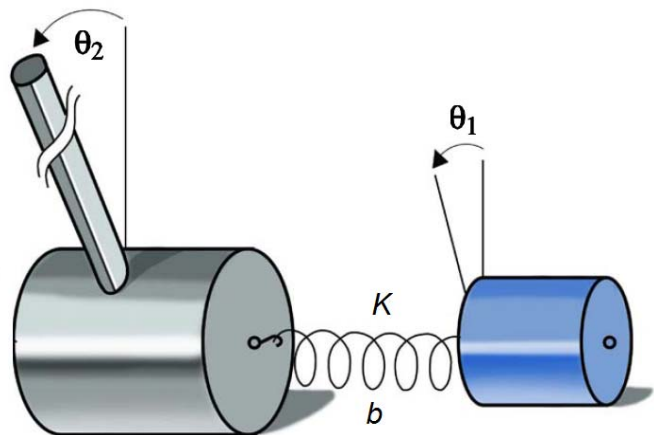
MATRICOLA: _____

ESERCIZIO 1.

I moderni robot industriali con funzionalità *collaborative* (i.e. co-esistenza e interazione sicura tra umani e robot) sono spesso dotati di accoppiamenti meccanici elastici tra motori e parti in movimento, come ad esempio nel Light-Weight Robot (LWR) progettato dall'ente di ricerca tedesco DLR. La figura seguente mostra un esploso dettagliato del progetto meccanico (sinistra) e uno schema semplificato della trasmissione del moto tra motore e giunto:



(figura dal sito DLR – Institute of Robotics and Mechatronics)



Dal bilancio delle forze generalizzate applicate alle due parti in moto (i.e. rotore del motore elettrico e braccio), si ottengono le seguenti equazioni differenziali:

$$J_1 \dot{\omega}_1 = -K(\theta_1 - \theta_2) - b(\omega_1 - \omega_2) + K_m I$$

$$J_2 \dot{\omega}_2 = K(\theta_1 - \theta_2) + b(\omega_1 - \omega_2)$$

nella quale $\omega_1 = \dot{\theta}_1$ e $\omega_2 = \dot{\theta}_2$, J_1 e J_2 sono i momenti di inerzia delle due parti rotanti, K e b sono rispettivamente l'elasticità e la viscosità dell'accoppiamento meccanico, mentre I e K_m sono rispettivamente la corrente elettrica nel motore e la costante di coppia di quest'ultimo.

Si determini il corrispondente modello dinamico nello spazio degli stati, di ordine 3 e del tipo:

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

fissando le seguenti scelte per stato, ingresso e uscita:

$$x_1 = (\theta_1 - \theta_2); x_2 = \omega_1; x_3 = \omega_2; u = I; y = x_1$$

RISPOSTA:

$$A = \qquad \qquad \qquad B =$$

$$C = \qquad \qquad \qquad D =$$

ESERCIZIO 2.

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

$$J_1 = 0,2; \quad J_2 = 0,1; \quad K = 2; \quad b = 0,1; \quad K_m = 0,8;$$

e si verifichi se il sistema sia o meno completamente controllabile, calcolando la matrice di raggiungibilità ed il relativo rango.

RISPOSTA:

$$P = \qquad \qquad \qquad \text{rango}(P) =$$

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

ESERCIZIO 3.

Per il sistema con i valori numerici indicati nell'Esercizio 2, si progetti una retroazione stato-ingresso (i.e. $u = Hx + v$), in modo tale che:

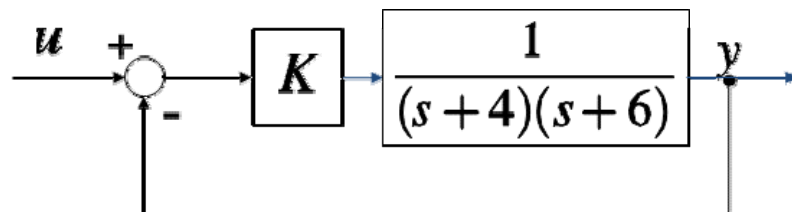
- gli autovalori assegnabili del sistema chiuso in retroazione siano tutti reali e distinti;
- il più lento di tali autovalori abbia tempo di assestamento (al 5%) di 0,6 secondi e gli altri assegnabili abbiano valori assoluti progressivi di una unità (es. -5, -6, ecc.).

RISPOSTA:

$$H =$$

ESERCIZIO 4.

Dato lo schema a blocchi della seguente figura



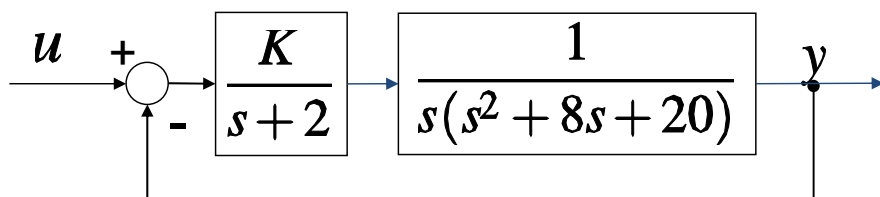
si progetti il valore di $K (>0)$ in modo che il sistema ad anello chiuso abbia due poli entrambi pari a $-p$, calcolando anche il valore di $p(>0)$.

RISPOSTA:

$$K = \quad \quad \quad p =$$

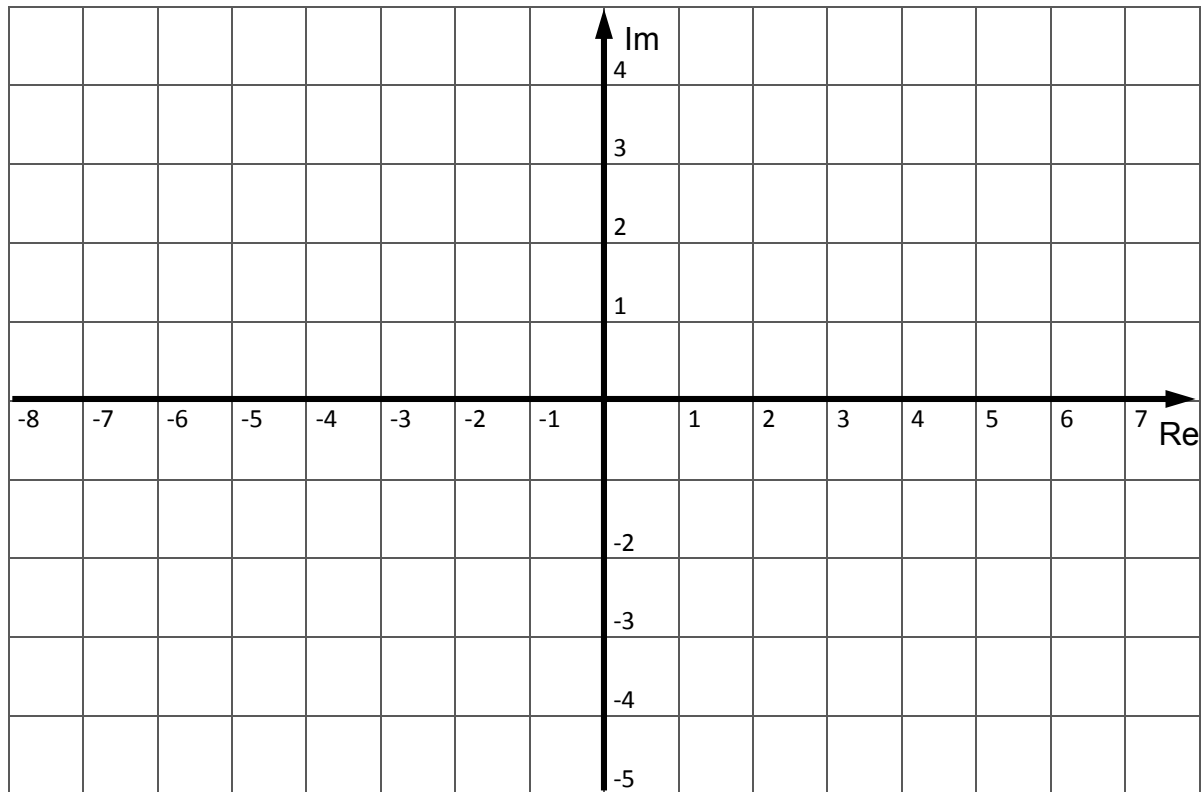
ESERCIZIO 5.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



si disegni il corrispondente luogo delle radici valido per $K > 0$ (luogo diretto).

RISPOSTA:



ESERCIZIO 6.

Dato il sistema dal diagramma a blocchi dell'Esercizio 5, si determini l'intervallo di valori di K per i quali il sistema risulti asintoticamente stabile.

RISPOSTA:

K

TEST A RISPOSTA MULTIPLA

DOMANDA 1.

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

- ☐ Il sistema non è completamente osservabile
- ☐ Il sistema non è completamente raggiungibile
- ☐ Esiste una parte non raggiungibile e non osservabile
- ☐ Sempre

DOMANDA 2.

Due sistemi dinamici, lineari e stazionari, asintoticamente stabili, collegati in cascata danno luogo ad un sistema:

- ☐ non completamente controllabile
- ☐ non completamente osservabile
- ☐ asintoticamente stabile
- ☐ semplicemente stabile

DOMANDA 3.

Il polinomio caratteristico di un sistema dinamico lineare, stazionario e tempo continuo, è:

$$\lambda^3(\lambda + 2)$$

Il sistema:

- ☐ ha un modo semplicemente stabile
- ☐ ha un modo asintoticamente stabili
- ☐ è instabile
- ☐ può essere instabile

DOMANDA 4.

La matrice di transizione del sistema dinamico: $\dot{x}(t) = ax(t) \quad (x(t) \in \mathbb{R})$ risulta essere:

- ☐ e^{0t}
- ☐ e^{-at}
- ☐ e^{at}
- ☐ 0

DOMANDA 5.

La funzione di trasferimento del sistema il cui modello è rappresentato dalla seguente equazione differenziale:

$$\dot{y}(t) + y(t) = u(t)$$

è:

- ☐ fisicamente realizzabile
- ☐ asintoticamente stabile
- ☐ semplicemente stabile
- ☐ a fase non minima

DOMANDA 6.

Il tempo di salita T_s della risposta al gradino di un sistema retroazionato è definito come:

- ☐ il tempo necessario per raggiungere il 50% del valore finale
- ☐ il tempo necessario per raggiungere il 90% del valore finale
- ☐ il tempo necessario per passare dal 10% al 90% del valore finale
- ☐ il tempo necessario perché l'uscita rimanga entro il $\pm 5\%$ del valore finale

DOMANDA 7.

Due sistemi di tipo 0, entrambi asintoticamente stabili, aventi la stessa costante di posizione K_p , se vengono posti in retroazione negativa unitaria:

- ☐ Generano sistemi stabili ad anello chiuso
- ☐ Presentano errore a regime nullo per ingresso a gradino
- ☐ Presentano lo stesso errore a regime per lo stesso ingresso a gradino
- ☐ Presentano errore a regime nullo per ingresso a rampa

DOMANDA 8.

In una rete anticipatrice, all'aumentare di ω da zero all'infinito:

- ☐ agisce prima il polo e poi lo zero
- ☐ agisce prima lo zero e poi il polo
- ☐ la fase è sempre positiva
- ☐ la fase è sempre negativa