

Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)

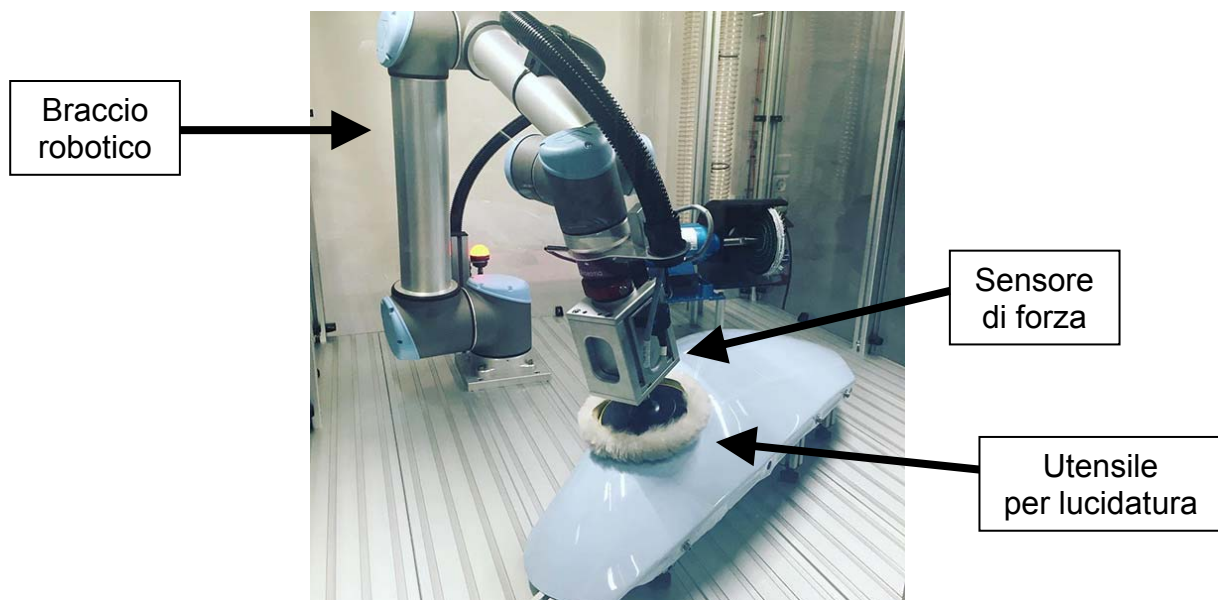
Prova scritta – 28 giugno 2018

COGNOME e NOME: _____

MATRICOLA: _____

ESERCIZIO 1.

Si vuole realizzare un sistema robotico per la lucidatura automatica della superficie di lamiere, costituito da un braccio meccanico articolato sulla cui flangia terminale è installato l'utensile per lucidatura. Tra la flangia del robot e l'utensile vero e proprio è inserito un sensore di forza, allo scopo di mantenere sempre l'utensile in contatto con la superficie da lucidare anche qualora questa non sia planare, regolando la forza di contatto misurata.



Considerando solo movimenti e forze nella direzione normale alla superficie da lucidare, che la posizione della superficie di contatto p_s **sia sempre l'origine degli spostamenti** (i.e. $p_s=0$), che la posizione dell'utensile sia governata dalla forza generata da un attuatore elettrico comandato da una tensione proporzionale all'errore rispetto a un riferimento p_i e che la forza di contatto sia proporzionale alla differenza tra la posizione dell'utensile p_r e p_s , il modello del sistema si può descrivere con le seguenti equazioni:

$$L_m \dot{I}_m + R_m I_m + K_m \dot{p}_r = K_c (p_i - p_r)$$

$$M \ddot{p}_r + B_d \dot{p}_r + F_n = K_m I_m$$

$$F_n = K_s (p_r - p_s) = K_s p_r$$

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:

$$x_1 = p_r; x_2 = \dot{p}_r; x_3 = I_m; u = p_i; y = F_n;$$

RISPOSTA:

$$A =$$

$$B =$$

$$C =$$

$$D =$$

ESERCIZIO 2.

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

$$R_m = 0,4; \quad L_m = 0,1; \quad K_m = 1; \quad K_c = 4;$$

$$M = 2; \quad B_d = 4; \quad K_s = 6;$$

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

RISPOSTA:

$$Q^T =$$

$$\text{rango}(Q^T) =$$

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:

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

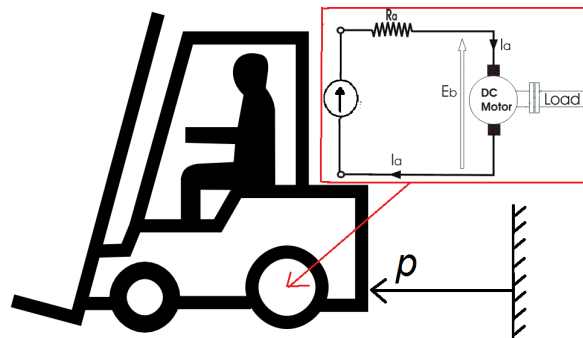
i cui autovalori assegnabili risultino tutti reali ed uguali tra loro (se quelli assegnabili sono più di uno), con un tempo di assestamento (al 5%) di 0,5 secondi.

RISPOSTA:

$$K =$$

ESERCIZIO 4.

Un carrello elevatore azionato da un motore elettrico comandato in corrente, del tipo schematizzato nella figura seguente:



risulta avere il seguente modello nello spazio degli stati:

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

con:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

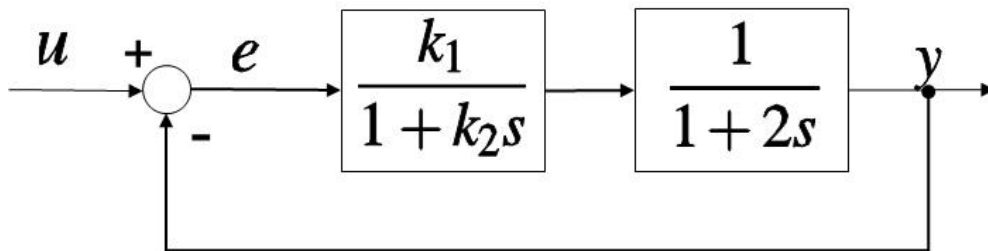
Si calcoli la corrispondente funzione di trasferimento del sistema considerato.

RISPOSTA:

$$G(s) =$$

ESERCIZIO 5.

Dato il seguente sistema in retroazione:



si progettino i valori di k_1 e k_2 tali per cui il sistema ad anello chiuso risulti avere tempo di assestamento $T_a = 0,4$ secondi e pulsazione naturale $\omega_n = 2,5$ rad/s.

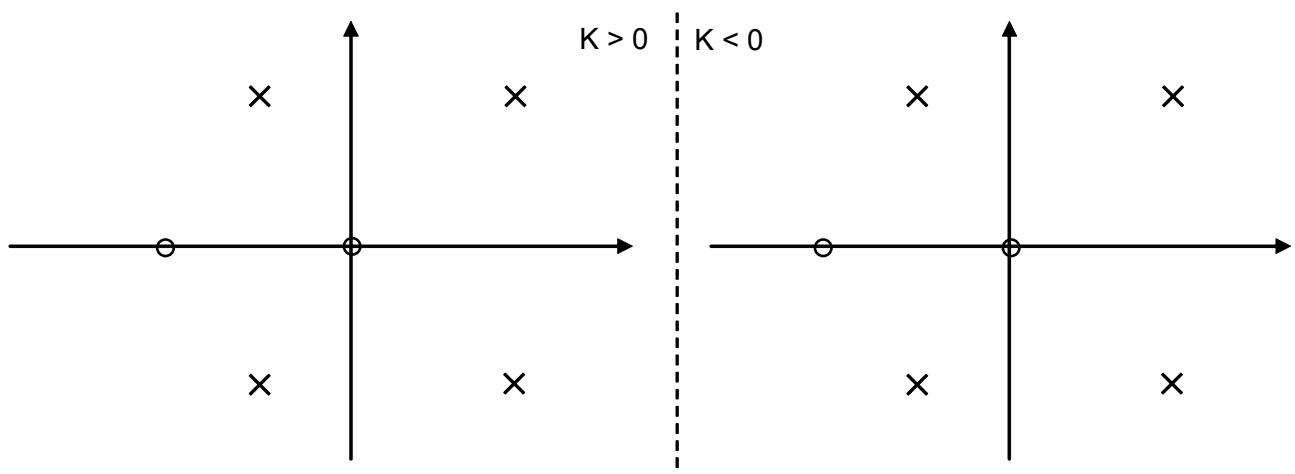
RISPOSTA:

$$k_1 =$$

$$k_2 =$$

ESERCIZIO 6.

Si tracci l'andamento qualitativo del luogo delle radici del sistema con poli (x) e zeri (o) della funzione di trasferimento d'anello come indicato in figura:



TEST A RISPOSTA MULTIPLA

DOMANDA 1.

Un sistema dinamico lineare e stazionario, completamente osservabile, è instabile. Gli osservatori identità progettati per tale sistema sono:

- ☐ Instabili
- ☐ asintoticamente stabili
- ☐ sistemi lineari e stazionari
- ☐ sistemi lineari e non stazionari

DOMANDA 2.

La retroazione uscita-ingresso di un sistema dinamico lineare e stazionario di ordine n , consente di assegnare arbitrariamente tutti gli autovalori del sistema:

- ☐ sempre
- ☐ quando il sistema è completamente raggiungibile e completamente osservabile
- ☐ quando gli autovalori da assegnare sono tutti distinti
- ☐ quando il sistema è completamente raggiungibile e la matrice di distribuzione delle uscite è $C = I_{n \times n}$

DOMANDA 3.

Una rete elettrica costituita da soli elementi reattivi (induttori e condensatori) ideali, è un sistema:

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

DOMANDA 4.

Gli elementi della matrice di risposta impulsiva sono funzioni che tendono a zero al tendere del tempo all'infinito nei sistemi dinamici, lineari e stazionari:

- ☐ semplicemente stabili
- ☐ asintoticamente stabili
- ☐ instabili
- ☐ non completamente controllabili

DOMANDA 5.

La funzione di trasferimento di un sistema SISO NON puramente dinamico, descritto da un modello nello spazio degli stati completamente controllabile e completamente osservabile con n autovalori distinti, è il rapporto di due polinomi in cui:

- ☐ il grado del denominatore è uguale a n
- ☐ il grado del denominatore può essere minore di n
- ☐ il grado del numeratore è uguale a n
- ☐ il grado del numeratore è minore di n

DOMANDA 6.

In base al principio del modello interno, per neutralizzare con errore a regime nullo un segnale in ingresso corrispondente al modo di un polo doppio nell'origine (i.e. un segnale

a rampa, cioè con trasformata di Laplace $= 1/s^2$), occorre che nella funzione di trasferimento di anello del sistema retroazionato:

- ☐ sia presente almeno un polo nell'origine
- ☐ siano presenti almeno tre poli nell'origine
- ☐ siano presenti almeno due poli nell'origine
- ☐ il guadagno statico sia finito

DOMANDA 7.

Dato il diagramma di Bode delle ampiezze di una funzione $G(j\omega)$, da esso si può dedurre il diagramma delle fasi:

- ☐ solo se il diagramma di Bode delle ampiezze ha sempre pendenza negativa o nulla
- ☐ solo la corrispondente funzione di trasferimento $G(s)$ ha tutti poli e tutti gli zeri a parte reale negativa
- ☐ solo la corrispondente funzione di trasferimento $G(s)$ ha tutti poli a parte reale negativa
- ☐ solo la corrispondente funzione di trasferimento $G(s)$ ha tutti gli zeri a parte reale negativa

DOMANDA 8.

Il sistema avente la seguente funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{K}{s^2}$$

può essere reso asintoticamente stabile con uno schema ad anello chiuso che includa:

- ☐ un regolatore P
- ☐ un regolatore PI
- ☐ un regolatore PD
- ☐ una rete ritardatrice