

Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (9 CFU)

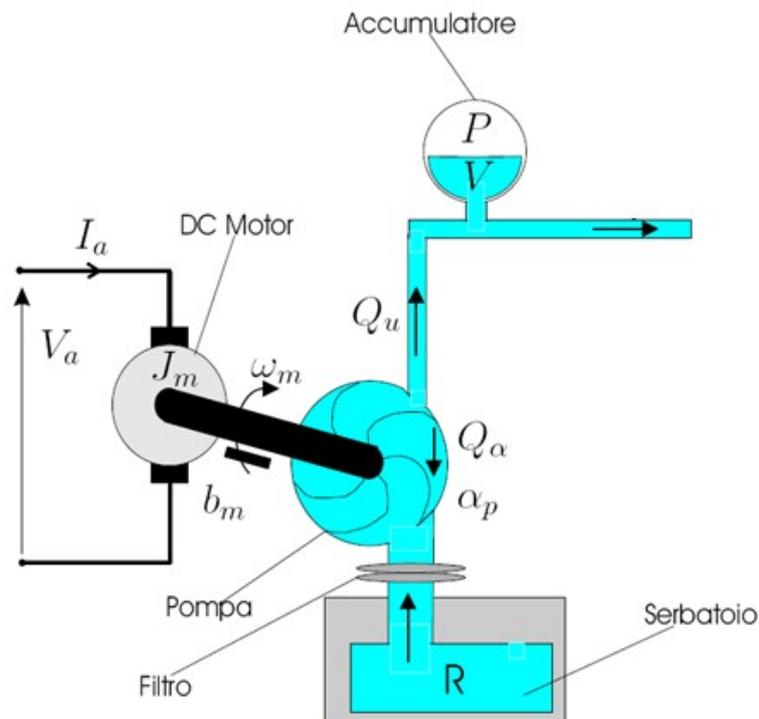
Prova scritta – 19 novembre 2019

COGNOME e NOME: _____

MATRICOLA: _____

ESERCIZIO 1.

Si consideri il sistema per la regolazione della pressione in un circuito idraulico, costituito da un motore elettrico a corrente continua, una pompa la cui girante è azionata dal motore stesso, da un serbatoio di fluido e da un accumulatore di volume fissato. Lo schema del circuito è mostrato nella seguente figura:



Applicando le opportune leggi fisiche per il circuito di tipo RL del motore e per la dinamica del fluido attraverso la pompa e l'accumulatore, il modello matematico del sistema può essere descritto tramite le seguenti equazioni differenziali:

$$V_a = RI_a + LI_a + K_m \omega_m$$

$$J_m \dot{\omega}_m + b_m \omega_m = K_m I_a - K_p P$$

$$\dot{P} = K_o (K_p \omega_m - \alpha_p P)$$

nelle quali R e L sono rispettivamente la resistenza e l'induttanza dell'avvolgimento del motore elettrico, J_m e b_m il momento di inerzia e il coefficiente di attrito viscoso del motore, K_m è la costante di coppia/BEMF del motore, K_p è la cilindrata della pompa, α_m è la resistenza fluidica del circuito idraulico e K_o è il coefficiente di comprimibilità.

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 le variabili di stato, ingresso e uscita:

$$x_1 = I_a; x_2 = \omega_m; x_3 = P; u = V_a; y = P = x_3;$$

RISPOSTA:

$$A =$$

$$B =$$

$$C =$$

$$D =$$

ESERCIZIO 2.

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

$$R = 2; \quad L = 0,2; \quad K_m = 5; \quad J_m = 0,5; \quad b_m = 0,5;$$

$$K_p = 0,25; \quad K_o = 2; \quad \alpha_p = 1;$$

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

RISPOSTA:

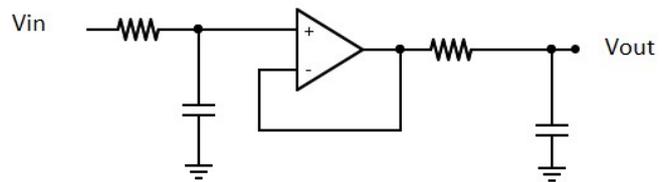
$P =$

$\text{rango}(P) =$

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

ESERCIZIO 3.

Un sistema costituito dal circuito elettronico del tipo mostrato a fianco risulta avere il seguente modello nello spazio degli stati:



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

con:

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

Si determini il valore dell'uscita $y(t)$ (i.e. tensione V_{out}) all'istante $t = 1$ secondo, ponendo l'ingresso $u(t) = 0$ e considerando lo stato all'istante iniziale $t = 0$ pari a:

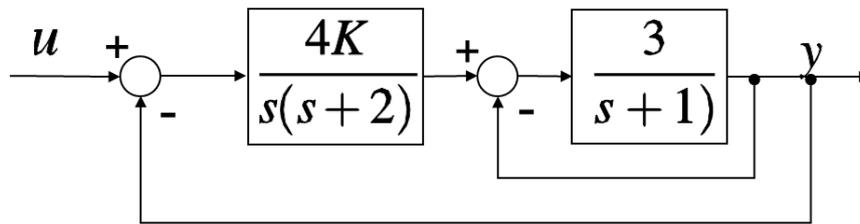
$$x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

RISPOSTA:

$y(1) =$

ESERCIZIO 4.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



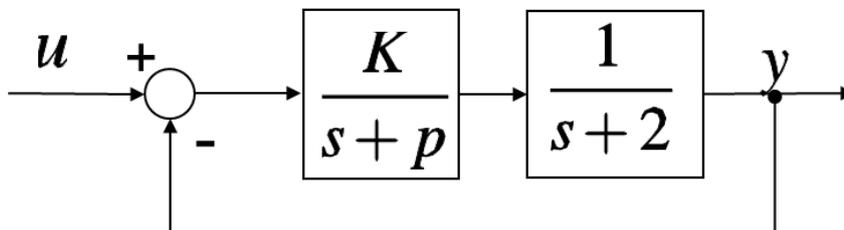
si calcolino i valori di K per i quali il sistema chiuso in retroazione risulti asintoticamente stabile:

RISPOSTA:

K

ESERCIZIO 5.

Dato il seguente sistema in retroazione:



si progettino i valori di K e p tali per cui il sistema ad anello chiuso risulti avere tempo di assestamento $T_a = 2$ secondi e coefficiente di smorzamento $\delta = 0,5$.

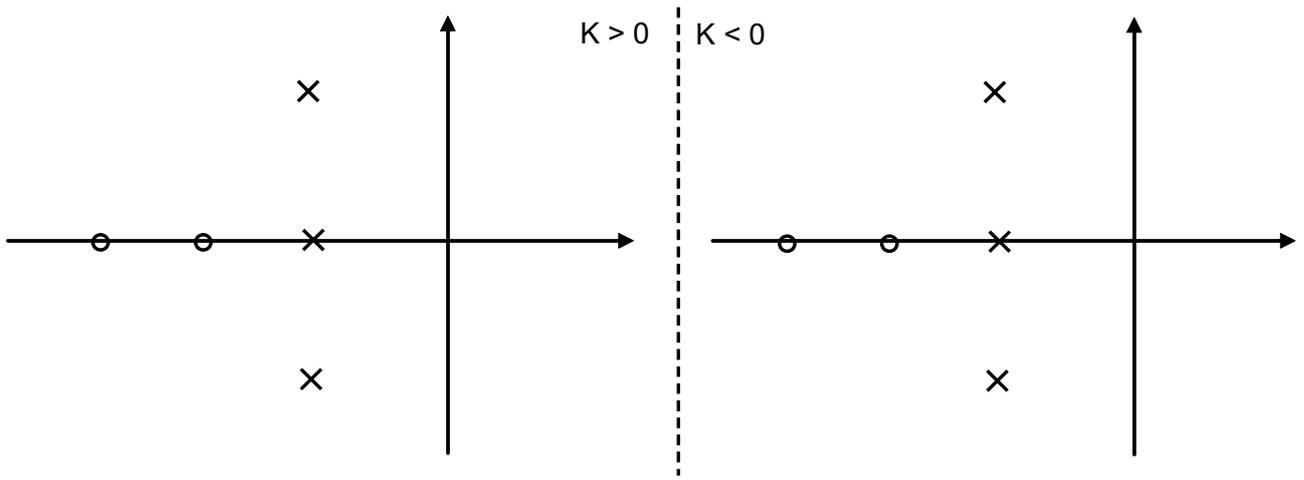
RISPOSTA:

$K =$

$p =$

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.

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

- asintoticamente stabile
- semplicemente stabile
- completamente osservabile
- completamente controllabile

DOMANDA 2.

La matrice di trasferimento è una rappresentazione ingresso-uscita che può essere utilizzata:

- per i sistemi non lineari stazionari
- per i sistemi non lineari e non stazionari
- per i sistemi lineari stazionari
- per i sistemi lineari non stazionari

DOMANDA 3.

In base al principio del modello interno, per neutralizzare con errore a regime nullo un modo in ingresso corrispondente ad un polo doppio nell'origine (i.e. un segnale a rampa), 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 4.

Il regolatore standard di tipo PID espresso con la cosiddetta *formulazione classica*:

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

- è un sistema fisicamente realizzabile
- non è un sistema fisicamente realizzabile
- è sempre caratterizzato da una coppia di zeri reali distinti
- è sempre caratterizzato da una coppia di poli reali distinti