

**Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (6 crediti) /
 “CONTROLLI AUTOMATICI”
 (A.A. fino al 2017/2018)**

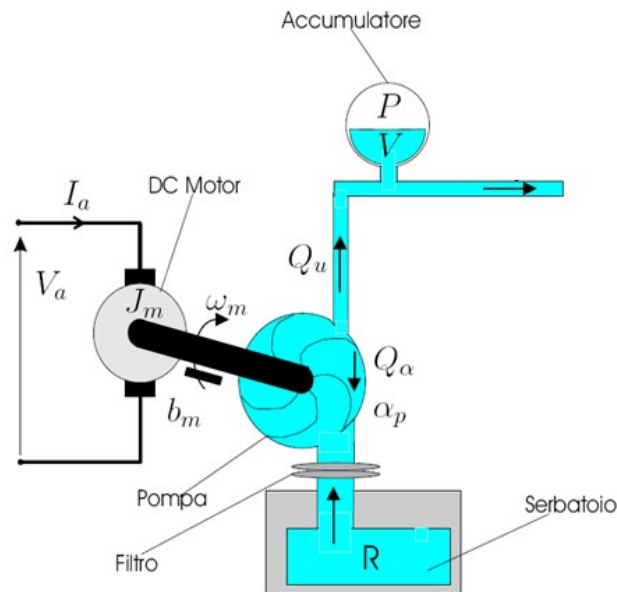
Prova scritta – 19 novembre 2019

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:

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

$$J_m\dot{\omega}_m + b_m\omega_m = K_mI_a - K_pP$$

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

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:

$$R = 0,4; \quad L = 0,2; \quad K_m = 1; \quad J_m = 0,1; \quad b_m = 0,2; \\ K_p = 0,5; \quad K_o = 4; \quad \alpha_p = 1;$$

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

RISPOSTA:

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

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:

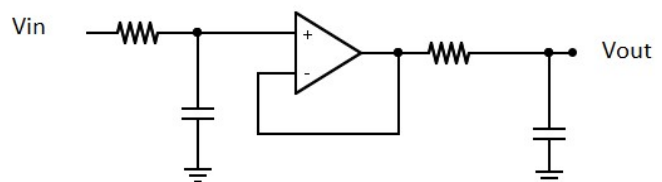
- gli autovalori assegnabili del sistema chiuso in retroazione siano tutti reali e distinti;
- il più lento di tali autovalori abbia tempo di assestamento (al 5%) di 1 secondo e gli altri assegnabili abbiano valori assoluti progressivi di una unità (es. -3, -4, ecc.).

RISPOSTA:

$$H =$$

ESERCIZIO 4.

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:

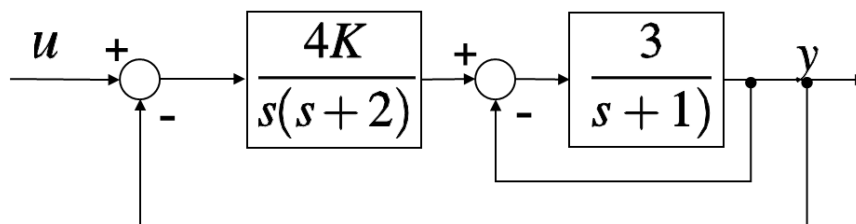
$$x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

RISPOSTA:

$$y(1) =$$

ESERCIZIO 5.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



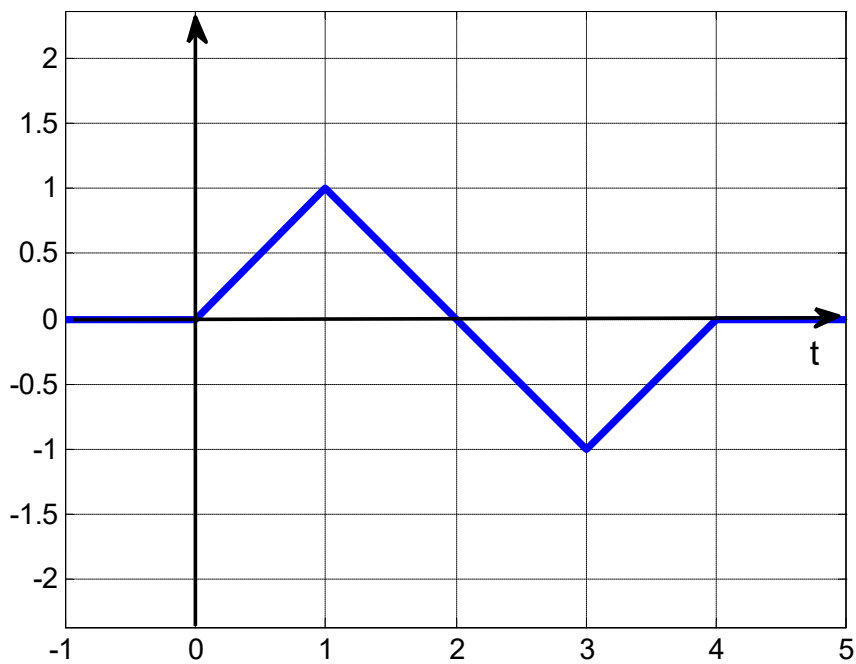
si calcolino i valori di K per i quali il sistema chiuso in retroazione risulti asintoticamente stabile:

RISPOSTA:

K

ESERCIZIO 6.

Si determini la trasformata di Laplace del seguente segnale nel dominio del tempo $f(t)$:

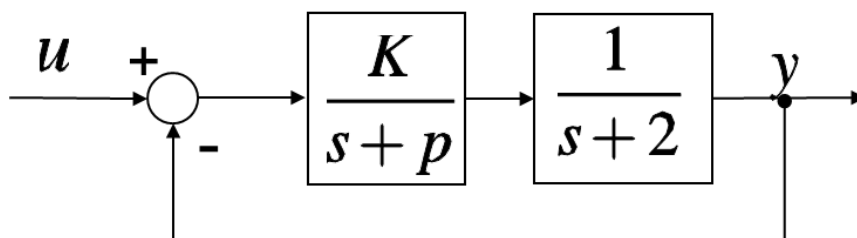


RISPOSTA:

$$F(s) =$$

ESERCIZIO 7.

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 $\delta = 0,5$.

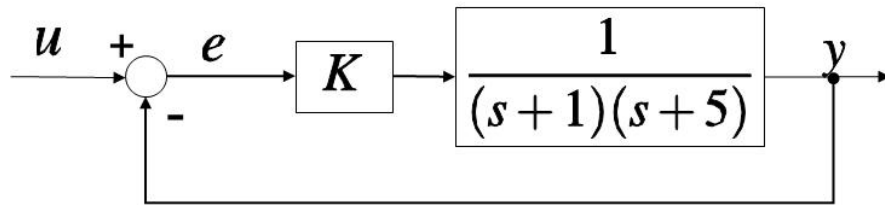
RISPOSTA:

$$K =$$

$$p =$$

ESERCIZIO 8.

Dato il seguente sistema in retroazione:



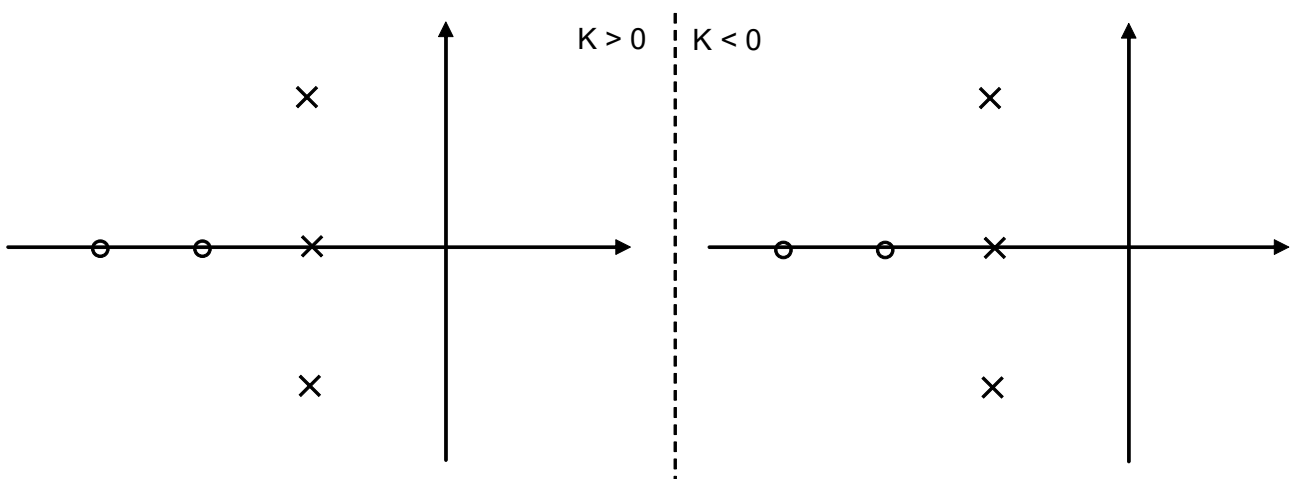
al quale viene applicato un ingresso a gradino unitario ($U(s) = 1/s$) si calcoli il valore di K tale per cui il sistema considerato risulti avere errore a regime $e(\infty) = 0,2$.

RISPOSTA:

$$K =$$

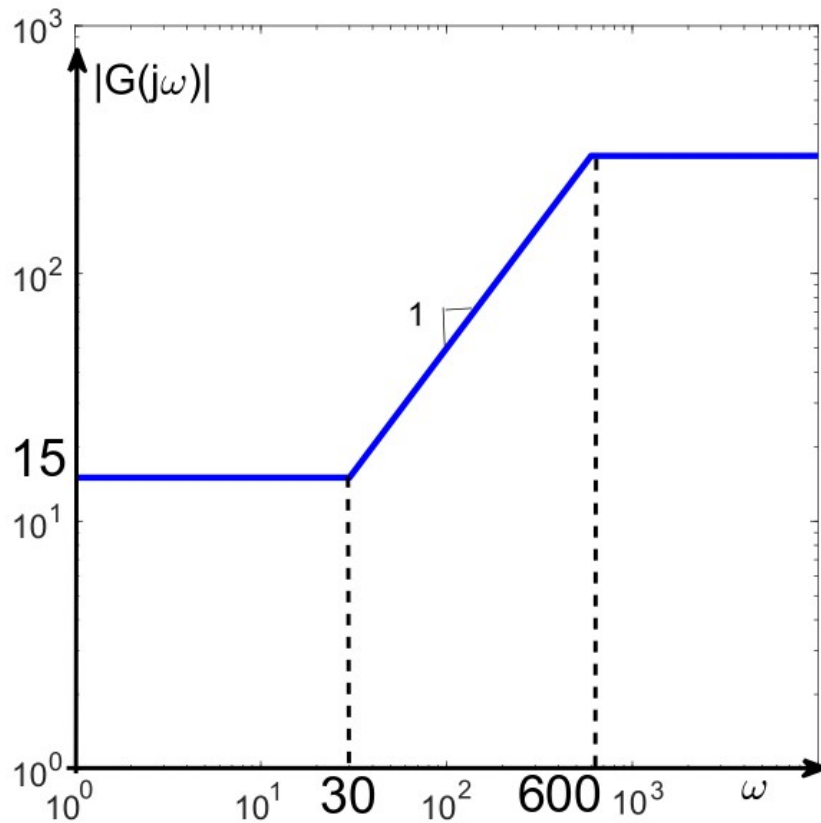
ESERCIZIO 9.

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:



ESERCIZIO 10.

Dato il seguente diagramma di Bode delle ampiezze:



si determinino i parametri della funzione di trasferimento $G(s)$, supposta a fase minima ed espressa nella forma:

$$G(s) = \frac{K(1+\tau s)}{1+\alpha\tau s}$$

RISPOSTA:

$$K = \quad \tau = \quad \alpha =$$
