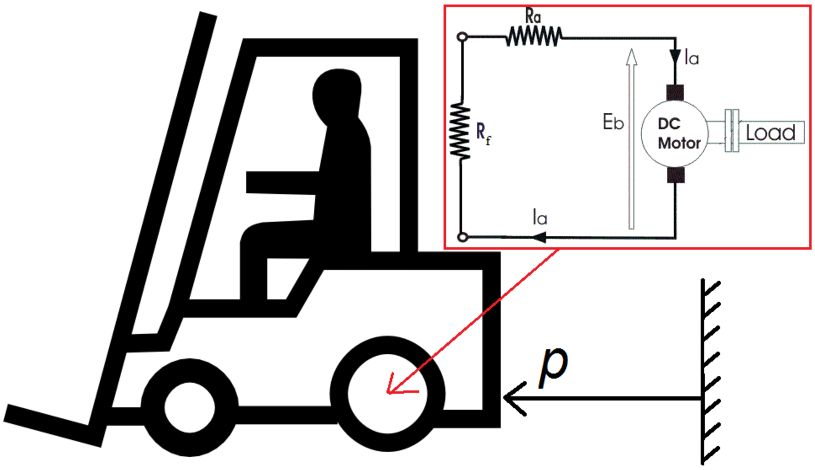
Prova TIPO – D per:

- **Esame di "FONDAMENTI DI AUTOMATICA" (9 crediti):** 6 dei 10 esercizi numerici (nell'effettiva prova d'esame verranno selezionati a priori dal docente) + domande a risposta multipla (v. ultime due pagine)

- **Esame di "FONDAMENTI DI AUTOMATICA" (6 crediti) / "CONTROLLI AUTOMATICI":** tutti i 10 esercizi numerici (escluse le domande a risposta multipla nelle ultime 2 pagine)

ESERCIZIO 1.

Si consideri un carrello elevatore a trazione elettrica. Si vuole caratterizzare l'azione frenante del motore elettrico del carrello quando ai suoi terminali è collegata una resistenza di frenatura, anziché il generatore alimentato dalle batterie del mezzo.



Il modello dinamico di tale sistema corrisponde a quello di una massa smorzata, alla quale oltre all'attrito meccanico si somma quello equivalente determinato dalla corrente del motore elettrico (indotta dalla tensione contro-elettromotrice) che scorre sulle resistenze in serie R_a (intrinseca degli avvolgimenti del motore) ed R_f (inserita solo per la frenata). Considerando per semplicità che i parametri del motore includano già il rapporto di riduzione e di trasformazione del moto del motore DC da rotativo a lineare, il sistema risulta descritto dalla seguente equazione differenziale:

$$m\ddot{p} + b\dot{p} + \frac{k_m^2}{R_a + R_f}\dot{p} = 0$$

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

$$\dot{x}(t) = Ax(t);$$

fissando le seguenti scelte per le variabili di stato:

$$x_1 = p;\ x_2 = \dot{p};$$

RISPOSTA:

$A =$

ESERCIZIO 2.

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

m = 1000; b = 100; R_a = 10; R_f = 90 ; k_m = 300;

e si determini lo spazio percorso e la velocità raggiunta in 12 secondi dal veicolo (i.e. x(t) con t=12) in tale modalità di frenata, considerando una velocità iniziale di 5 m/s, vale a dire:

$$x(0) = [0 \quad 5]^T$$

RISPOSTA:

x(12) =

ESERCIZIO 3.

Si consideri ora il sistema descritto nell'Esercizio 1 e con i parametri dell'Esercizio 2, ma con il motore elettrico connesso ad un generatore di corrente modulabile (ingresso di controllo), la cui equazione differenziale diventa:

$$m\ddot{p} + b\dot{p} = k_m I_a$$

Si riveda di conseguenza il modello nello spazio degli stati del sistema, considerando:

$$x_1 = p;\ x_2 = \dot{p};\ u = I_a$$

e si progetti un controllore stato-ingresso ingresso (i.e. $u = H x + v$), 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 3 secondi e l'altro, se assegnabile, abbia valore assoluto maggiore dell'altro di una unità (es. -3, -4, ecc.).

RISPOSTA:

$A =$ $B =$

$H =$

ESERCIZIO 4.

Si consideri ancora il modello del sistema ottenuto nell'Esercizio 3, <u>non</u> chiuso in retroazione (i.e. matrici A e B di partenza) e si supponga di definire come uscita la variabile $y = p = x_1$, da cui risulta:

$$C = [\ 1 \quad 0\ ]$$

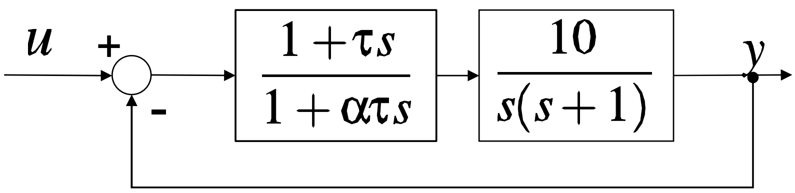
Si calcoli la corrispondente funzione di trasferimento del sistema considerato.

RISPOSTA:

$G(s) =$

ESERCIZIO 5.

Si consideri il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



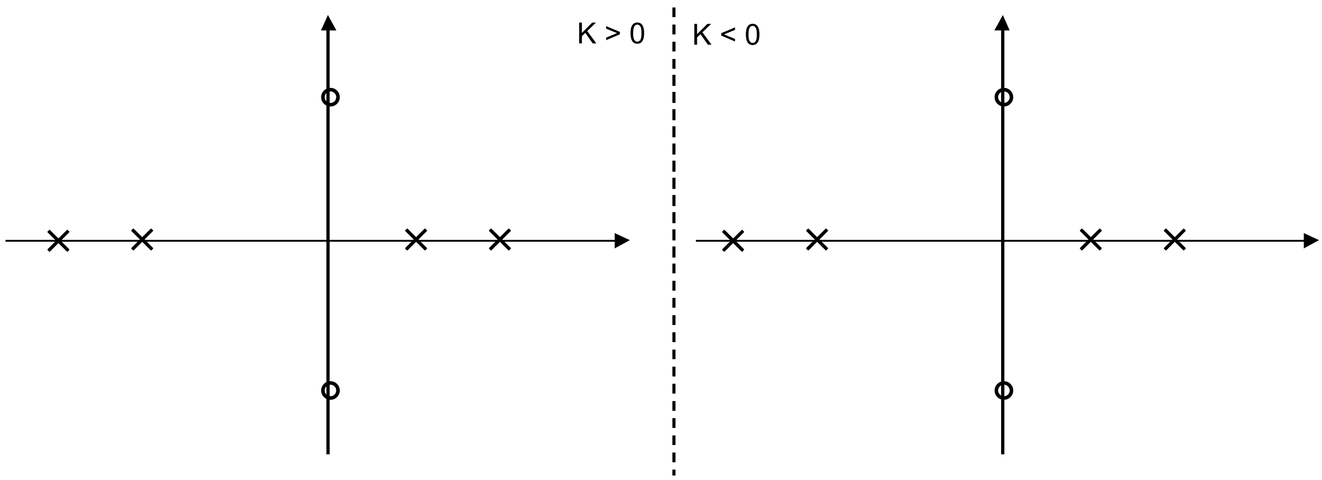
e si progettino i parametri del controllore α e τ in modo tale che lo zero del controllore "cancelli" (i.e. si semplifichi con) uno dei poli del sistema controllato ed il sistema chiuso in retroazione risulti avere coefficiente di smorzamento $\delta = 0{,}5 = 1/2$.

RISPOSTA:

α = τ =

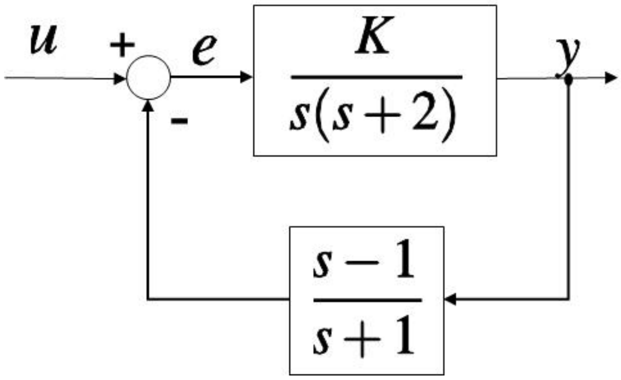
ESERCIZIO 6.

Si tracci l'andamento <u>qualitativo</u> del luogo delle radici per un sistema in retroazione la cui funzione di trasferimento d'anello abbia poli (X) e zeri (O) come indicato in figura:



ESERCIZIO 7.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



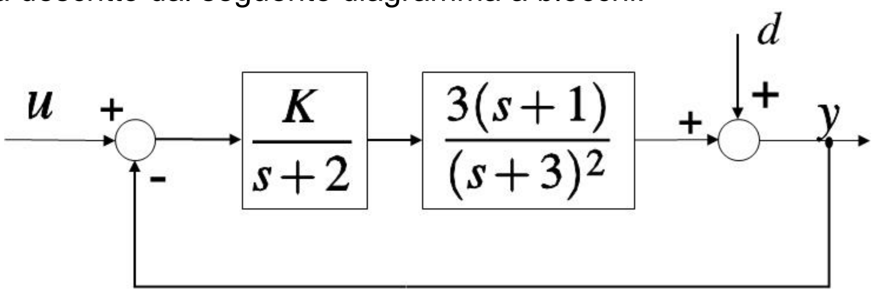
si determini l'intervallo di valori di K tali per cui il sistema ad anello chiuso risulti essere ASINTOTICAMENTE STABILE.

RISPOSTA:

K

ESERCIZIO 8.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



Si progetti il valore di K tale per cui risulti

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = 0,1$$

quando ai segnali u(t) e d(t) sono applicati rispettivamente un segnale nullo ed un segnale a gradino unitario:

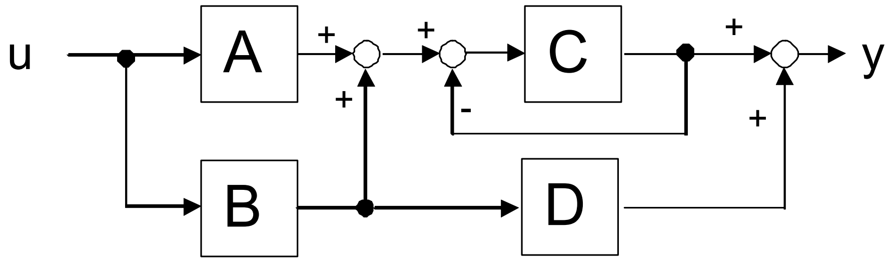
$$\mathrm{u(s)} = 0; \quad \mathrm{d(s)} = \frac{1}{\mathrm{s}}$$

RISPOSTA:

$K =$

ESERCIZIO 9.

Si determini la funzione di trasferimento del seguente schema a blocchi:

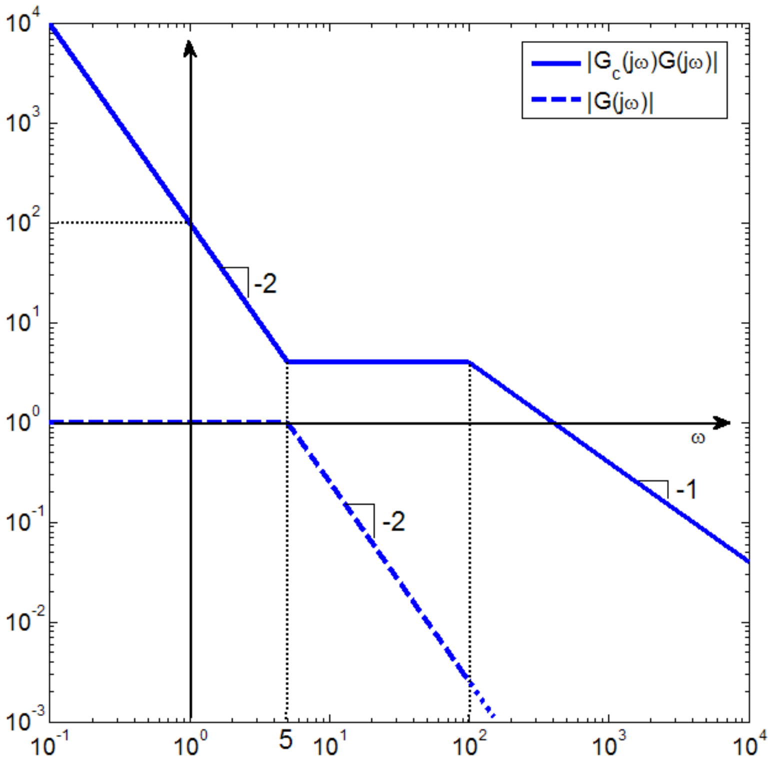


RISPOSTA:

Y / U =

ESERCIZIO 10.

Dato il seguente diagramma di Bode delle ampiezze:



si determinino le due funzioni di trasferimento $G(s)$ e $G_c(s)$, supposte a fase minima.

RISPOSTA:

$G(s) =$

$G_c(s) =$

TEST A RISPOSTA MULTIPLA

DOMANDA 1.
Un sistema dinamico, lineare e stazionario, presenta, con ingresso nullo e stato iniziale <u>non</u> nullo, uscita sinusoidale. Il sistema considerato può essere di ordine (dimensione del vettore di stato):

O 1
O 2
O 3
O 4

DOMANDA 2.
La retroazione tra lo stato stimato mediante osservatore identità e l'ingresso, in un sistema dinamico lineare e stazionario, consente di ottenere un sistema globale (i.e. sistema + relativo osservatore) i cui autovalori sono tutti assegnabili arbitrariamente se il sistema è:

O completamente controllabile
O completamente osservabile
O sia completamente controllabile che completamente osservabile
O asintoticamente stabile

DOMANDA 3.
Il polinomio caratteristico di un sistema dinamico lineare, stazionario e tempo continuo, è:

$$\lambda^2(\lambda+1)^2$$

Il sistema:

O ha un modo semplicemente stabile
O ha due modi asintoticamente stabili
O ha un modo instabile
O potrebbe avere un modo instabile

DOMANDA 4.
Un sistema meccanico costituito da sole masse e molle ideali interconnesse tra loro, senza smorzatori o altri effetti dissipativi per attrito, è un sistema:

O non completamente controllabile
O asintoticamente stabile
O semplicemente stabile
O instabile

DOMANDA 5.
Per avere errore a regime nullo a fronte del segnale di ingresso a rampa:

$$U(s)=\frac{R_0}{s^2}$$

la funzione di trasferimento di anello del sistema retroazionato:

O deve avere almeno un polo nell'origine
O deve avere almeno due poli nell'origine
O deve avere una costante di velocità K_v finita
O deve avere una costante di velocità K_v infinita

DOMANDA 6.
Un sistema avente funzione di trasferimento G(s) con due poli e due zeri posizionati in modo alterno sull'asse reale (i.e. partendo da sinistra: un polo → uno zero → un polo → uno zero; oppure: uno zero → un polo → uno zero → un polo), presenta un luogo delle radici:

O che per K > 0 evolve tutto sull'asse reale
O che per K < 0 evolve tutto sull'asse reale
O che può evolvere anche al di fuori dell'asse reale
O che ha un asintoto

DOMANDA 7.
Il tempo di assestamento del sistema avente funzione di trasferimento:

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2+2\delta\omega_n s+\omega_n^2}$$

O diminuisce all'aumentare di ω_n

O aumenta all'aumentare di ω_n

O diminuisce all'aumentare di δ

O aumenta all'aumentare di δ

DOMANDA 8.
La funzione di trasferimento del regolatore PID, espressa con la seguente formulazione (detta *interagente*):

$$G_c(s) = K_c\left(1+\frac{1}{T_i s}\right)(1+T_d s)$$

O è un sistema fisicamente realizzabile
O non è un sistema fisicamente realizzabile
O è sempre caratterizzata da una coppia di zeri reali
O è sempre caratterizzata da una coppia di poli reali