

Esame di “FONDAMENTI DI AUTOMATICA” (6 CFU) / “CONTROLLI AUTOMATICI”

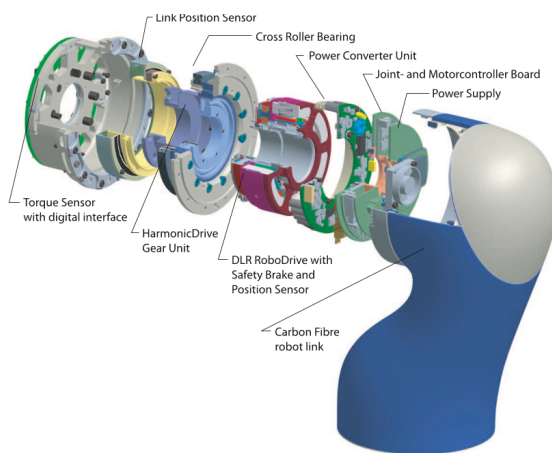
Prova scritta – 13 luglio 2017

COGNOME e NOME: _____

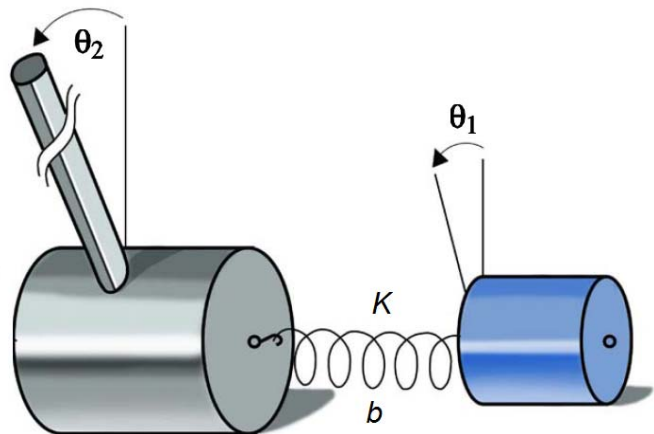
MATRICOLA: _____

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:

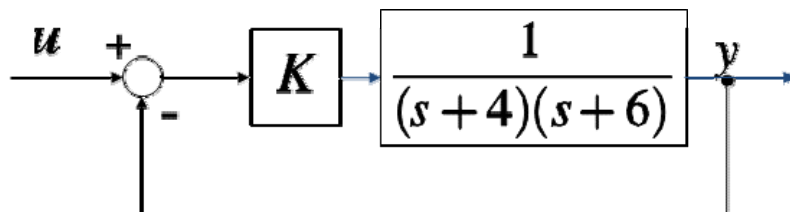
- gli autovalori assegnabili del sistema chiuso in retroazione siano tutti reali e distinti;
- il più lento di tali autovalori abbia tempo di assestamento (al 5%) di 0,6 secondi e gli altri assegnabili abbiano valori assoluti progressivi di una unità (es. -5, -6, ecc.).

RISPOSTA:

$$H =$$

ESERCIZIO 4.

Dato lo schema a blocchi della seguente figura



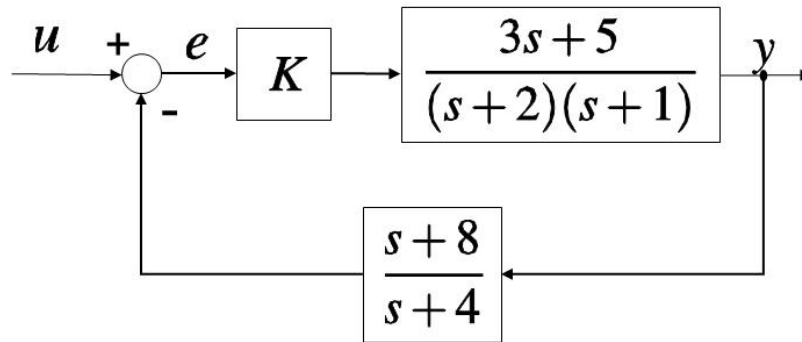
si progetti il valore di $K (>0)$ in modo che il sistema ad anello chiuso abbia due poli entrambi pari a $-p$, calcolando anche il valore di $p(>0)$.

RISPOSTA:

$$K = \qquad p =$$

ESERCIZIO 5.

Dato il sistema descritto dallo schema a blocchi indicato in figura:



Si progetti il valore di K in modo che l'errore a regime tenda al seguente valore finale:

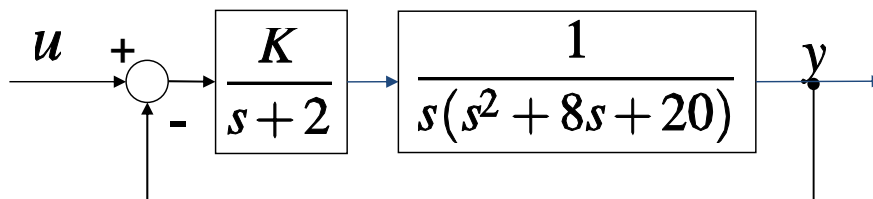
$$e(\infty) = 1/5 = 0,2$$

RISPOSTA:

$$K =$$

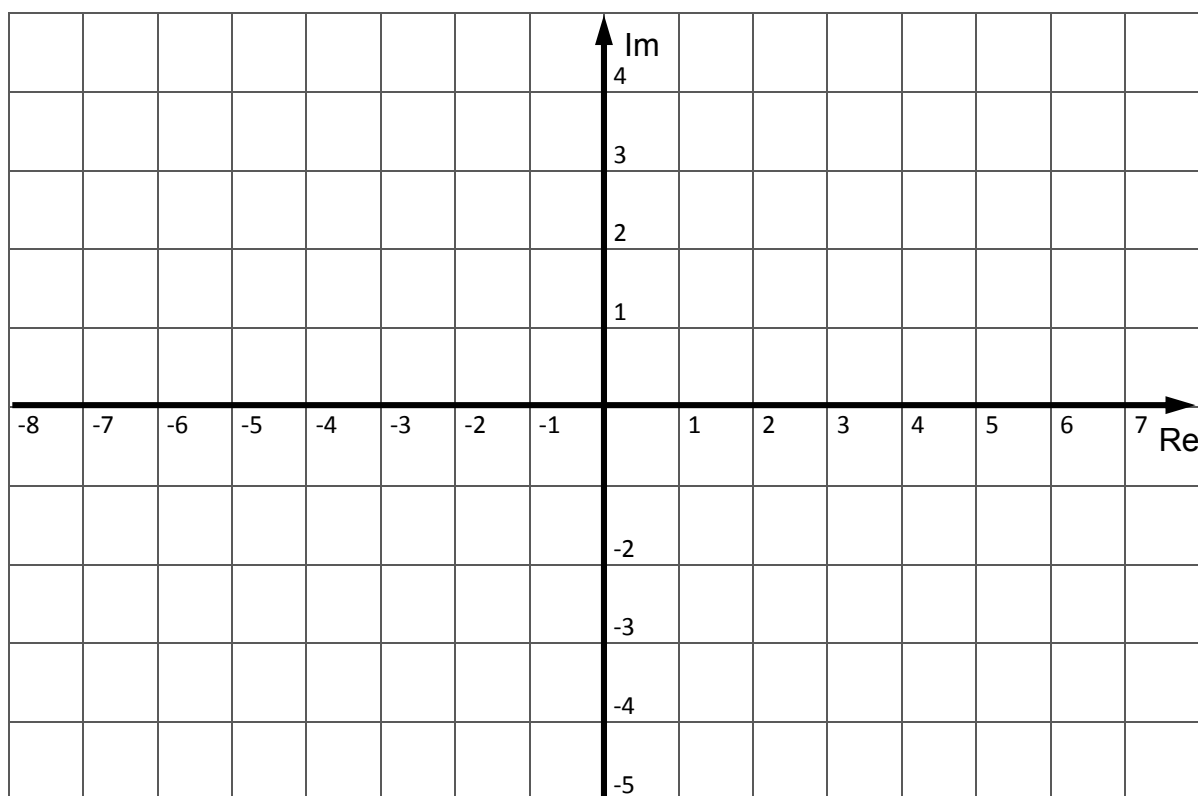
ESERCIZIO 6.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



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

RISPOSTA (usare il riquadro di pagina successiva):



ESERCIZIO 7.

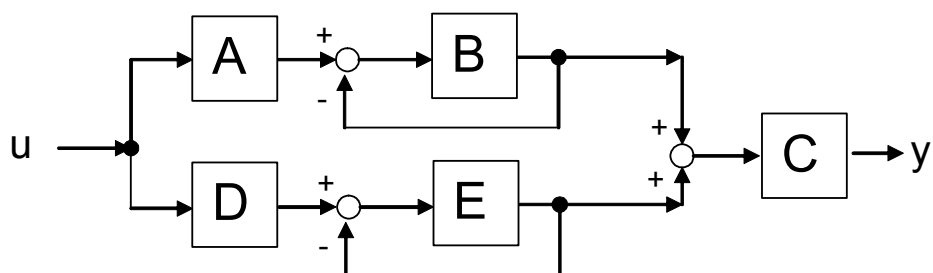
Dato il sistema dal diagramma a blocchi dell'Esercizio 6, si determini l'intervallo di valori di K per i quali il sistema risulti asintoticamente stabile.

RISPOSTA:

K

ESERCIZIO 8.

Si determini la funzione di trasferimento tra ingresso U e uscita y corrispondente al seguente diagramma a blocchi:

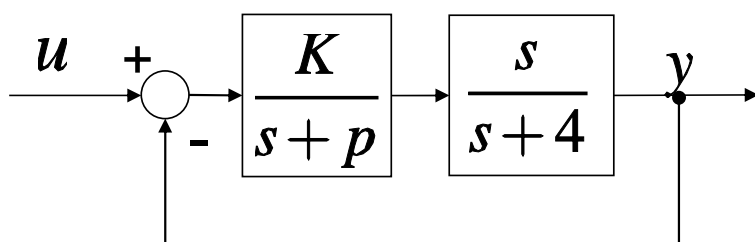


RISPOSTA:

$$Y / U =$$

ESERCIZIO 9.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



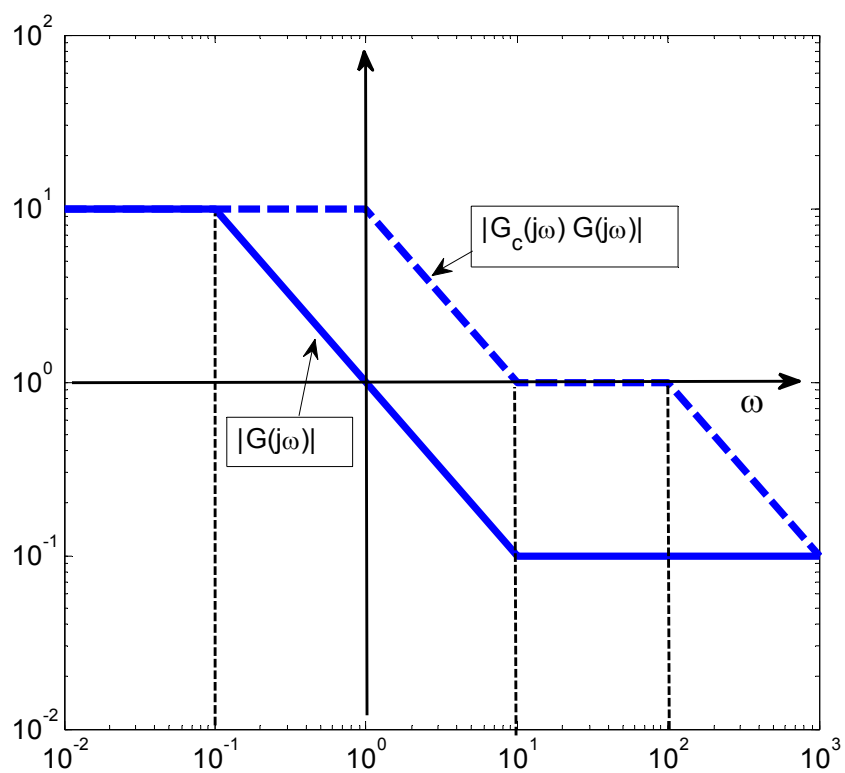
si determinino i valori di K e p tali che il sistema ad anello chiuso risulti avere pulsazione naturale $\omega_n = 3$ e tempo di assestamento $T_a = 2$ secondi

RISPOSTA:

$$K = \qquad p =$$

ESERCIZIO 10.

Dato il seguente diagramma di Bode, si determinino le funzioni di trasferimento, supposte a fase minima, del sistema controllato $G(s)$ e del controllore $G_c(s)$:



RISPOSTA:

$G(s) =$

$G_c(s) =$
