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

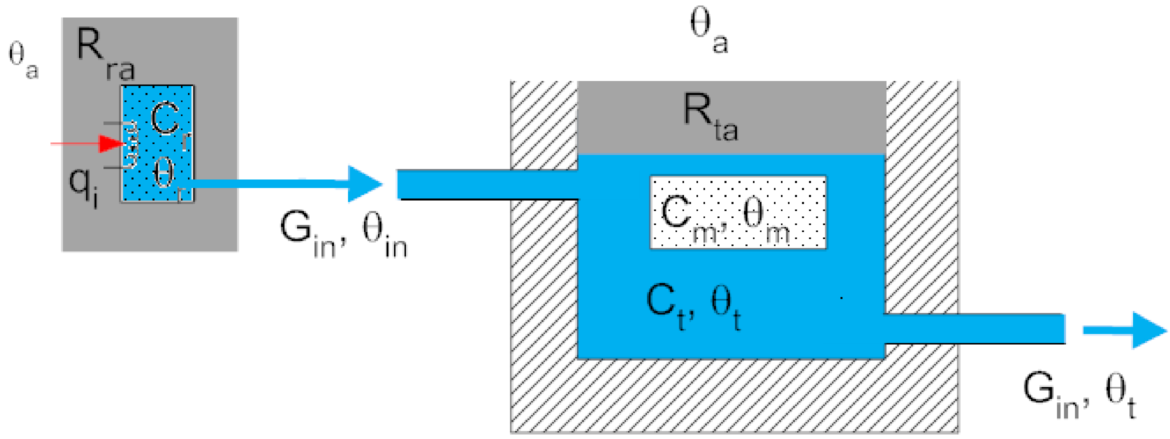
Prova scritta – 24 luglio 2019

COGNOME e NOME: ____

MATRICOLA: ____

ESERCIZIO 1.

Si consideri un sistema per il riscaldamento di parti metalliche, costituito da un contenitore principale nel quale vengono tenute in immersione le parti e nel quale viene fatto circolare un fluido mantenuto ad opportuna temperatura, grazie ad un altro contenitore ausiliario per il riscaldamento del fluido stesso. Il sistema è schematizzato alla figura seguente, che mostra il contenitore ausiliario di riscaldamento del fluido a sinistra e quello principale di riscaldamento delle parti metalliche a destra:



Indicando con Θ_m, Θ_t, Θ_{in} rispettivamente la temperatura del metallo, quella del contenitore principale e quella del fluido in ingresso a quest’ultimo, il modello matematico del sistema si può esprimere con le seguenti equazioni (<u>nell’ipotesi che la temperatura ambiente sia nulla</u>):

$$C_m\dot{\theta}_m + \frac{\theta_m - \theta_t}{R_{mt}} = 0$$

$$C_t\dot{\theta}_t + \frac{\theta_t}{R_{ta}} = \frac{\theta_m - \theta_t}{R_{mt}} + G_{in}c_p\left(\theta_{in} - \theta_t\right)$$

$$C_r\dot{\theta}_{in} + \frac{\theta_{in}}{R_{ra}} = q_i$$

nelle quali: R_{mt} è la resistenza termica tra il metallo e il fluido; R_{ta} è la resistenza termica tra il contenitore con le parti metalliche e l'ambiente; R_{ra} è la resistenza termica tra il contenitore di riscaldamento del fluido e l'ambiente, C_m è la capacità termica del metallo; C_t è la capacità termica del contenitore principale; C_r è la capacità termica del contenitore ausiliario; G_{in} è la portata di fluido entrante/uscente dal contenitore principale (che si suppone costante), c_p è il calore specifico del fluido utilizzato e q_i è il calore erogato al contenitore ausiliario.

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:

$$x_1 = \theta_m;\ x_2 = \theta_t;\ x_3 = \theta_{in};\ u = q_i;\ y = x_1;$$

RISPOSTA:

$A =$ $B =$

$C =$ $D =$

ESERCIZIO 2.

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

$$R_{mt} = 0{,}025;\ R_{ta} = 0{,}1;\ R_{ra} = 1;\ C_m = 200;\ C_t = 100;\ C_r = 100;$$

$$G_{in} = 0{,}1;\quad c_p = 1000;$$

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

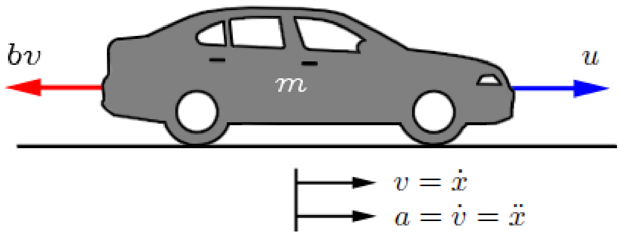
RISPOSTA:

Q^T = rango(Q^T) =

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

ESERCIZIO 3.

Si consideri il modello dinamico di un'automobile comunemente utilizzato per la regolazione automatica della velocità (*cruise control*):



Nelle condizioni di assenza del comando u (i.e. rallentamento libero), il modello è costituito dalla seguente equazione nello spazio degli stati:

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -\frac{1}{20} \end{bmatrix} x(t)$$

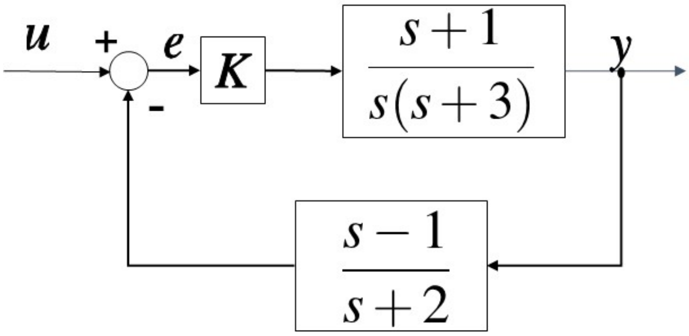
Si calcoli lo stato raggiunto dal sistema al tempo $t_1 = 60$ a partire dallo stato iniziale $x(0) = [\,0 \quad 20\,]^T$ (i.e. $t_0 = 0$)

RISPOSTA:

x(60) =

ESERCIZIO 4.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



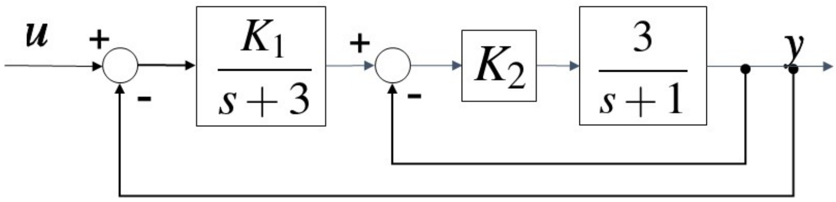
si determini l'intervallo di valori di K tali per cui il sistema ad anello chiuso risulti essere ASINTOTICAMENTE STABILE.

RISPOSTA:

K

ESERCIZIO 5.

Dato il sistema descritto dal seguente diagramma a blocchi:



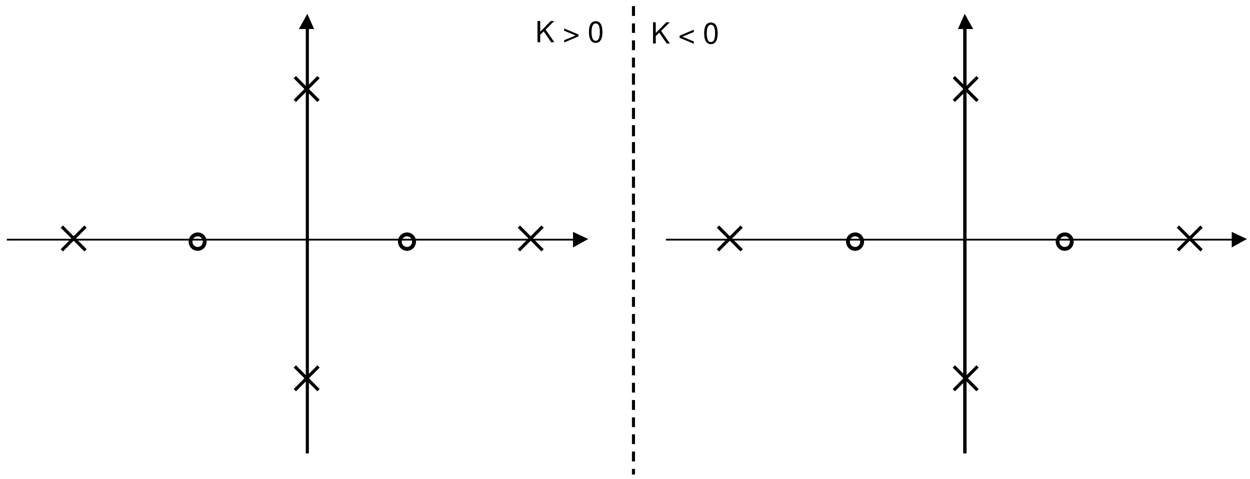
si determinino i valori di K_1 e K_2 tali per cui il sistema chiuso in retroazione risulti avere coefficiente di smorzamento $\delta = 0{,}5$ e tempo di assestamento $T_a = 2$ secondi.

RISPOSTA:

$K_1 =$ $K_2 =$

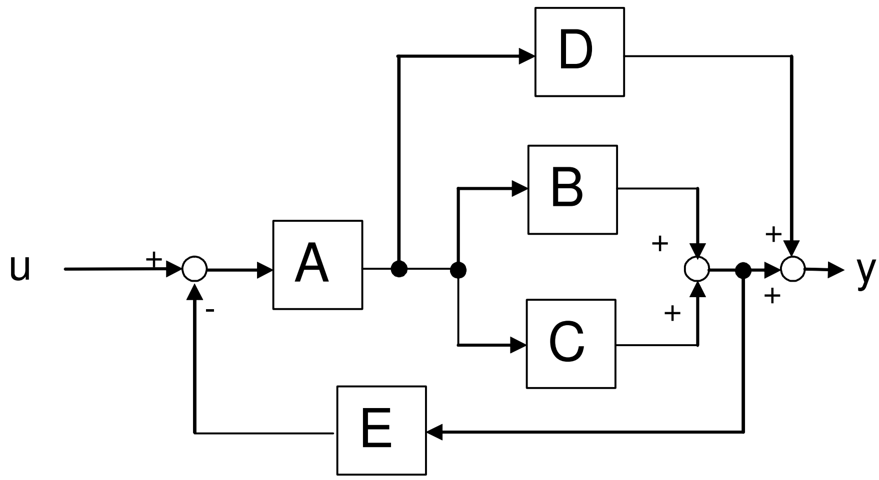
ESERCIZIO 6.

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:



ESERCIZIO 7.

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



RISPOSTA:

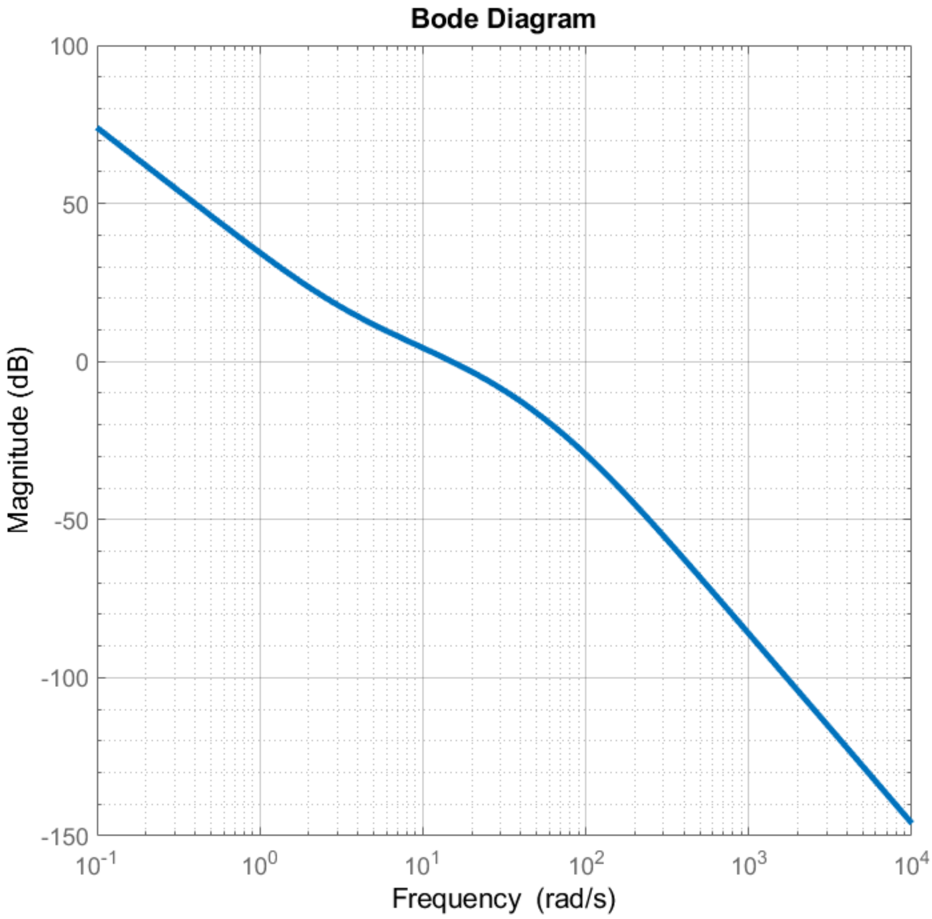
$$Y / U =$$

ESERCIZIO 8.

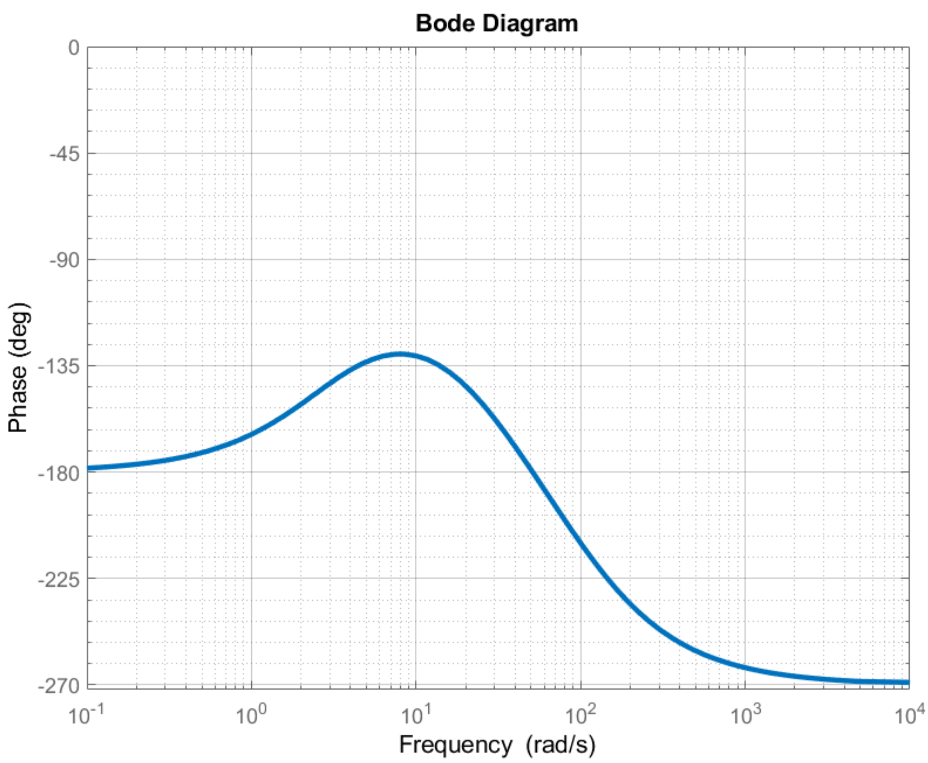
Dato il diagramma di Bode completo mostrato nella pagina successiva (ampiezze in alto, fasi in basso), si determini per via grafica il margine di fase della funzione di trasferimento corrispondente (con arrotondamento al multiplo di 5° più vicino).

RISPOSTA:

$$M_f =$$



Bode Diagram
100
50
0
-50
-100
-150
Magnitude (dB)
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
10^{4}
Frequency (rad/s)



Bode Diagram
0
-45
-90
-135
-180
-225
-270
Phase (deg)
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
10^{3}
10^{4}
Frequency (rad/s)

TEST A RISPOSTA MULTIPLA

DOMANDA 1.
Due sistemi dinamici, lineari e stazionari, asintoticamente stabili, collegati in cascata danno luogo ad un sistema:
O asintoticamente stabile
O semplicemente stabile
O instabile
O lineare e stazionario

DOMANDA 2.
L'ingresso u(t) e l'uscita y(t) di un sistema sono legati dalla relazione $\dot{y}(t) = u(t)$
Tale sistema è:
O puramente algebrico
O puramente dinamico
O dinamico, non puramente
O non fisicamente realizzabile

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

$$\lambda^3(\lambda + 2)$$

Il sistema:
O presenta modi semplicemente stabili
O presenta modi asintoticamente stabili
O presenta modi instabili
O può presentare modi instabili

DOMANDA 4.
La funzione di trasferimento di un sistema dinamico a tempo continuo è:

$$G(s) = \frac{(s+2)(s+1)}{s(s+3)}$$

Tale sistema:
O è puramente dinamico
O è asintoticamente stabile
O è semplicemente stabile
O è a fase minima

DOMANDA 5.
Il luogo delle radici di una funzione di trasferimento di anello, con n poli ed m zeri ($n > m$), presenta almeno un asintoto reale:
O quando $K > 0$ (luogo diretto) e $n - m$ è dispari
O quando $K > 0$ (luogo diretto) e $n - m$ è pari
O quando $K < 0$ (luogo inverso) e $n - m$ è dispari
O quando $K < 0$ (luogo inverso) e $n - m$ è pari