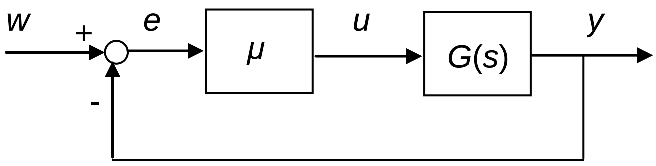
ESERCIZIO 1

Si consideri il sistema di controllo mostrato in figura, dove $G(s) = \frac{40(s-2)}{(s+2)^3}$ e μ è un parametro reale.



1.1) Mostrare che $G(s)$ può essere interpretata come la funzione di trasferimento approssimata di un sistema del secondo ordine con ritardo.

1.2) Tracciare l'andamento del luogo delle radici per valori *positivi* del parametro μ.

1.3) Dal luogo delle radici calcolare il massimo valore del parametro μ per cui il sistema di controllo è asintoticamente stabile.

1.4) Tracciare l'andamento del luogo delle radici per valori *negativi* del parametro μ, calcolando in particolare la posizione esatta del punto di confluenza dei rami sull'asse reale.

1.5) Aggiungere al sistema di controllo un'azione *in feedforward* del riferimento, spiegando come andrebbe progettata e a cosa potrebbe servire nel caso in esame.

ESERCIZIO 2

Si supponga di voler effettuare la discretizzazione di un controllore analogico descritto dalla funzione di trasferimento

$$R°(s) = \frac{2(s+0.5)}{s+1}$$

progettato con l'obiettivo di ottenere un sistema di controllo avente pulsazione critica $\omega_c \cong 0.8$.

2.1) Si scelga un adeguato valore del periodo di campionamento.

2.2) Si applichi il metodo di Tustin per ricavare la legge di controllo (nel dominio del tempo) del controllore digitale "equivalente".

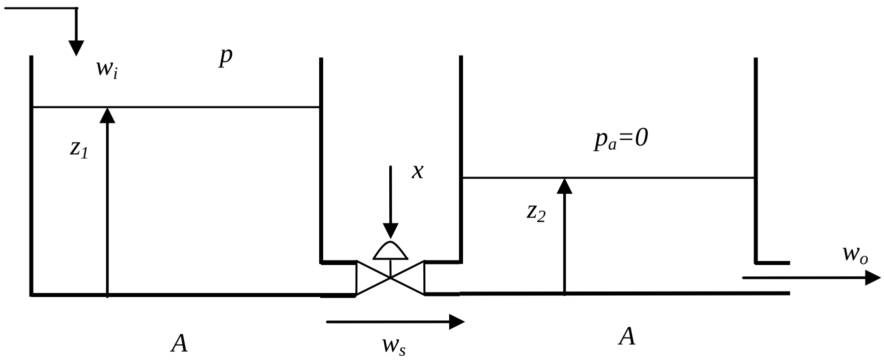
2.3) Si confrontino i valori del guadagno statico del controllore analogico $R°(s)$ e del controllore digitale ottenuto al punto precedente.

2.4) Si calcoli il modulo della risposta in frequenza del controllore digitale progettato, spiegando come esso si relaziona con quello associato al controllore analogico.

2.5) Si supponga che il sistema da controllare presenti una funzione di trasferimento *a segnali campionati* data da $G^*(z) = 0.1/z$. Si verifichi in tal caso la stabilità del sistema di controllo basato sul controllore digitale progettato.

ESERCIZIO 3

Si consideri il processo idraulico schematicamente illustrato in figura, costituito da due serbatoi di identica superficie A collegati tra loro da una valvola. Nel primo serbatoio la pressione p è maggiore di quella atmosferica $p_a = 0$. Si indichi con ρ la densità del liquido e si supponga che la portata w_s che attraversa la valvola sia modellizzata dalla relazione $w_s = kx\sqrt{\Delta p}$, dove k è una costante positiva, $0 \le x \le 1$, e Δp rappresenta la differenza di pressione sulla valvola. Le variabili manipolabili siano il grado x di apertura della valvola e la portata di uscita w_o. La portata di ingresso w_i va invece considerata come un disturbo.



3.1) Determinare il modello dinamico nonlineare del processo.

3.2) Con $\overline{w}_i$ costante, determinare i valori degli ingressi manipolabili che mantengono il sistema in equilibrio con dati valori $\overline{z}_1$ e $\overline{z}_2$ dei livelli nei due serbatoi.

3.3) Si verifichi che il modello linearizzato intorno a una generica condizione di equilibrio è dato da:

$$\delta\dot{z}_1(t) = -\alpha_1\delta z_1(t) + \alpha_2\delta z_2(t) - \alpha_3\delta x(t) + \alpha_4\delta w_i(t)$$
$$\delta\dot{z}_2(t) = \alpha_1\delta z_1(t) - \alpha_2\delta z_2(t) + \alpha_3\delta x(t) - \alpha_5\delta w_o(t)$$

con opportuni coefficienti positivi α_i. Si calcolino tali coefficienti in funzione dei parametri fisici del processo.

3.4) A partire dal sistema linearizzato si progetti un regolatore PI per controllare il livello del secondo serbatoio.

3.5) Si supponga ora di voler effettuare il controllo congiunto di z_1 e z_2. Disegnare lo schema a blocchi di un sistema di controllo MIMO decentralizzato e discutere la miglior procedura per progettare i regolatori.