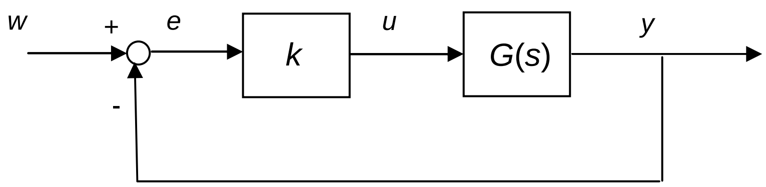
ESERCIZIO 1

Si consideri il sistema di controllo mostrato in figura, dove $G(s) = \dfrac{1-2s}{5-2s+s^2}$ è la funzione di trasferimento di un sistema instabile e k è un parametro reale di progetto.



1.1) Tracciare l'andamento qualitativo del luogo dei poli in anello chiuso al variare di *k*.

1.2) Valutare in modo preciso i punti di confluenza/diramazione sull'asse reale.

1.3) Verificare che esistono valori del parametro *k* che stabilizzano il sistema.

1.4) Dimostrare che variando *k* non è possibile ottenere un sistema di controllo arbitrariamente veloce.

ESERCIZIO 2

Si consideri un sistema MIMO con 3 ingressi (u_a, u_b, u_c) e 2 uscite (y_a, y_b) descritto dalle seguenti relazioni in termini di trasformate di Laplace:

$$Y_a(s) = \frac{-2}{1+2s} U_a(s) + 4U_b(s) + U_c(s)$$

$$Y_b(s) = \frac{5}{(1+2s)(1+10s)} U_a(s) + \frac{3(1+s)}{1+10s} U_b(s) - \frac{7}{1+10s} U_c(s)$$

2.1) Inizialmente si considerino u_a, u_b come variabili di controllo e u_c come un disturbo e si progetti un disaccoppiatore “in avanti” (statico o, se possibile, dinamico).

2.2) Si verifichi che il disaccoppiatore progettato non effettua cancellazioni “illecite” di poli e zeri.

2.3) Si calcolino ora le due funzioni di trasferimento su cui dovrebbero essere progettati i due regolatori che controllano y_a e y_b.

2.4) Si consideri di nuovo il sistema di partenza, supponendo però che anche l’ingresso u_c sia utilizzabile come variabile di controllo. Si valuti, nel caso che si volesse realizzare uno schema di controllo decentralizzato, quali sarebbero gli accoppiamenti ingresso/uscita più favorevoli.

ESERCIZIO 3

3.1) Dato un processo da controllare descritto dalla funzione di trasferimento *G*(*s*), si disegni lo schema a blocchi di un sistema di controllo digitale a campionamento dell'uscita, trascurando la presenza del filtro anti-aliasing.

3.2) Supponendo che la legge di controllo sia data da

$$u^*(k) = 0.8u^*(k-1) + be^*(k-2)$$

dove *b* è un parametro reale positivo, si ricavi la funzione di trasferimento $R^*(z)$ del regolatore digitale.

3.3) Sapendo che la funzione di trasferimento del sistema a segnali campionati corrispondente a *G*(*s*) è

$$G^*(z) = \frac{10(z-0.8)}{(z-0.1)(z-0.5)}$$

e che i convertitori A/D e D/A operano con periodo di campionamento $T = 2$, si determinino i poli e il guadagno di *G*(*s*).

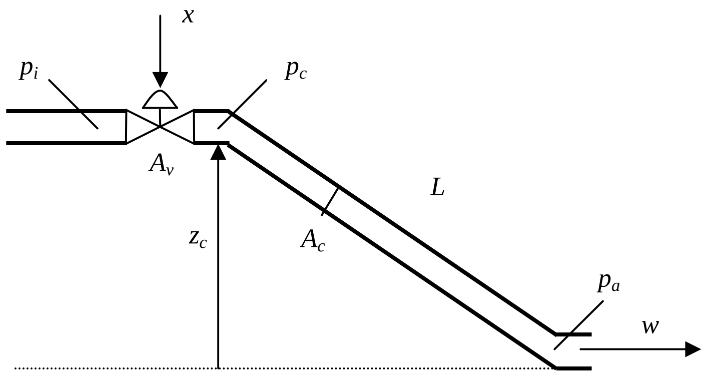
3.4) Si verifichi che, per valori del parametro *b* sufficientemente piccoli, il sistema di controllo è asintoticamente stabile.

3.5) Ponendo ora $b = 0.1$, si calcoli l'errore a transitorio esaurito del sistema di controllo quando il riferimento è uno scalino unitario.

ESERCIZIO 4

Si consideri il sistema idraulico schematicamente descritto in figura, dove il liquido ha densità ρ, L rappresenta la lunghezza della condotta, A_c la sua sezione, $\bar{f}$ il suo coefficiente di attrito. I parametri della valvola (supposta lineare) sono la costante adimensionale k e l'apertura massima A_v.

Per convenzione, si assuma $p_a = 0$ e $z_a = 0$ dove p_a e z_a sono la pressione e la quota all'uscita della condotta.



4.1) Si ricavi il modello nonlineare con ingressi *x* e p_i e uscita *w* che descrive il comportamento dinamico del sistema.

4.2) A partire dal modello, si mostri che, in condizioni di equilibrio e in assenza di attrito all'interno della condotta ($\bar{f} = 0$), il valore della pressione p_c all'ingresso della condotta rispetta la legge di Bernoulli valutata tra le sezioni di ingresso e uscita della condotta.

4.3) Linearizzando il modello intorno alla condizione di equilibrio corrispondente a $\bar{x}$, $\bar{p}_i$, $\bar{w}$ si ottiene la seguente relazione nel dominio delle trasformate:

$$W(s) = \frac{\beta}{s+\alpha} X(s) + \frac{\gamma}{s+\alpha} P_i(s)$$

Sulla base dell'intuizione fisica, dedurre quali delle tre costanti α, β e γ sono positive. Determinare poi come esse dipendono dai parametri del sistema.

4.4) Per il sistema in esame, supponendo di poter misurare la portata *w* e manipolare la variabile *x*, disegnare lo schema a blocchi di un sistema di controllo di portata basato sul regolatore PI $R(s) = K_p + \frac{K_i}{s}$. Spiegare poi secondo quali criteri potrebbero essere scelti i parametri K_p e K_i.

4.5) Indicando con *T* il periodo di campionamento, si determini una versione digitale del regolatore PI.

4.6) Supponendo ora di poter misurare anche la pressione p_i, proporre uno schema per la compensazione di in anello aperto di tale variabile.