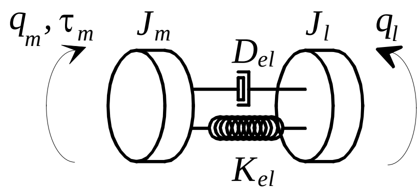
Controlli Automatici per la Meccatronica

Prof. Paolo Rocco

Assegnamento degli autovalori

Si consideri il controllo del moto per il servomeccanismo caratterizzato dai seguenti dati (in unità SI):

Momento di inerzia del motore: J_m = 1.5 10^{-4}
Rapporto di trasmissione: n = 100
Coefficiente di attrito viscoso: D_m=0.0034;
Momento di inerzia del carico: J_l=2.7;
Costante elastica della trasmissione: K_{el}=3.05;
Smorzamento della trasmissione D_{el}=0.0022;



Scelte come variabili di stato, ordinatamente, posizione e velocità del motore e posizione e velocità del carico, il modello in variabili di stato è caratterizzato dalle matrici:

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\dfrac{K_{el}}{J_m} & -\dfrac{D_m + D_{el}}{J_m} & \dfrac{K_{el}}{J_m} & \dfrac{D_{el}}{J_m} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \dfrac{K_{el}}{J_{lr}} & \dfrac{D_{el}}{J_{lr}} & -\dfrac{K_{el}}{J_{lr}} & -\dfrac{D_{el}}{J_{lr}} \end{bmatrix}, \quad \boldsymbol{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dfrac{1}{J_m} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

in cui si è assunta come uscita la posizione lato motore e si è posto $J_{lr}=J_l/n^2$.

Si vuole progettare un sistema di controllo ad assegnamento degli autovalori, ricostruendo lo stato dalle misure della posizione motore.

Traccia di svolgimento

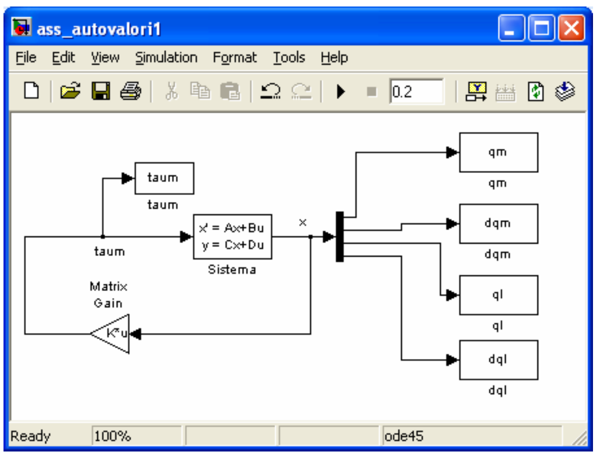
1. Verificare che il sistema sia completamente raggiungibile e completamente osservabile.
2. Progettare una legge di controllo con retroazione dello stato che, agendo sulla coppia, assegni gli autovalori del sistema in anello chiuso come radici del polinomio:

   $$\chi^o(s) = \left(s^2 + 2*\zeta^o\omega_p s + \omega_p^2\right)\left(s^2 + 2*\zeta^o\left(0.5\omega_p\right)s + \left(0.5\omega_p\right)^2\right)$$

   dove ω_p è la pulsazione naturale dei poli complessi del servomeccanismo e ζ^o=0.7. Le istruzioni MATLAB sono:

   ```
   popt=conv([1 2*0.7*wp wp^2],[1 2*0.7*(0.5*wp) (0.5*wp)^2]);
   K=-place(A,B,roots(popt));
   ```

3. Simulare l'effetto di questa legge di controllo nel caso, ideale, in cui si disponga di tutte le variabili di stato del sistema (posizioni e velocità, lato motore e carico):



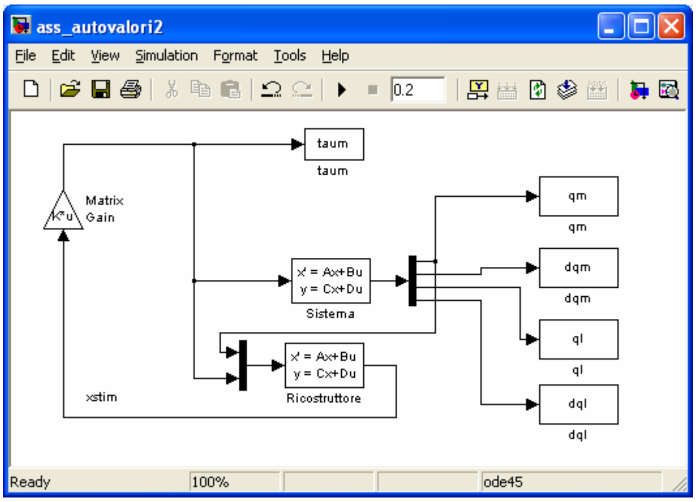
   Si simuli una condizione in cui l'angolo tra motore e carico sia inizialmente di 0.01 rad (lato carico). Si confronti il transitorio con quello ottenibile in anello aperto.

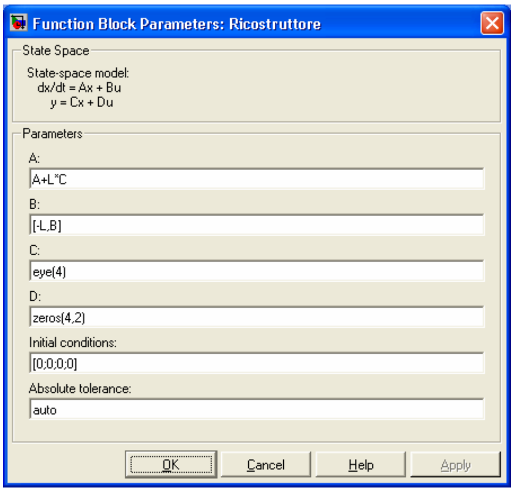
4. Si progetti ora un ricostruttore dello stato che, misurando q_m, assegni gli autovalori della dinamica dell'errore di stima come radici del polinomio:

$$\chi^o(s) = \left(s^2 + 2 * \zeta^o (5\omega_p) s + (5\omega_p)^2\right)\left(s^2 + 2 * \zeta^o (2.5\omega_p) s + (2.5\omega_p)^2\right)$$

```
pobs=conv([1 2*0.7*(5*wp) (5*wp)^2],[1 2*0.7*(2.5*wp) (2.5*wp)^2]);
L=-place(A',C',roots(pobs))';
```

Utilizzando il seguente schema SIMULINK, simuliamo il moto del sistema a partire dalla condizione perturbata citata prima. La maschera dei dati del blocco ricostruttore va riempita come nella figura a lato.





5. Proponiamoci ora di progettare uno schema ad assegnamento degli autovalori con regolazione a zero dell'errore. Si determini la legge di controllo in modo da assegnare globalmente gli autovalori del sistema aumentato con lo stato dell'integratore, come radici del polinomio:

$$\chi^o(s) = \left(s^2 + 2 * \zeta^o \omega_p s + \omega_p^2\right)\left(s^2 + 2 * \zeta^o (0.5\omega_p) s + (0.5\omega_p)^2\right)(s + \omega_p)$$

```
F=[A,zeros(4,1);-C,0];
G=[B;0];
popt=conv([1 2*0.7*wp wp^2],[1 2*0.7*(0.5*wp) (0.5*wp)^2]);
popt=conv(popt,[1 wp]);
Ktot=-place(F,G,roots(popt));
K=Ktot(1:4);
ki=Ktot(5);
```

Si simuli il moto a partire da condizioni iniziali nulle, dando un gradino di ampiezza unitaria al riferimento: