POLITECNICO DI TORINO
ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

PRIMA SESSIONE 2007 – SETTORE DELL'INFORMAZIONE
LAUREA SPECIALISTICA

PROVA PRATICA del 27 giugno 2007

CLASSE 29/S: INGEGNERIA MECCATRONICA

Problema

Si consideri l'aereomobile schematizzato in Figura 1, dove:

- $b(t)$: angolo del timone di profondità
- $z(t)$: posizione verticale (quota) del baricentro G dell'aereomobile- $v(t)$: velocità dell'aereomobile; si assuma che v sia a modulo costante: $|v(t)|$ = cost. = V
- $r(t)$: angolo fra la velocità e l'asse dell'aereomobile; si assuma che r sia "piccolo" a che sia quindi esprimibile come: $r(t) \cong a(t) - \dot{z}(t)/V$, dove $\dot{z}$ è la velocità verticale del baricentro G dell'aereomobile
- $p(t)$: portanza delle ali; si assuma per p una caratteristica lineare: $p(t) = P + K_a r(t)$, dove P e K_a sono costanti.
- $f(t)$: forza timone di profondità; si assuma per f una caratteristica lineare: $f(t) = F + K_b b(t)$, dove F e K_b sono costanti.
- m: massa dell'aereomobile
- g: accelerazione di gravità
- l: distanza tra baricentro e timone di profondità
- h: braccio della portanza

Il problema è progettare un sistema per il controllo della quota dell'aereomobile.

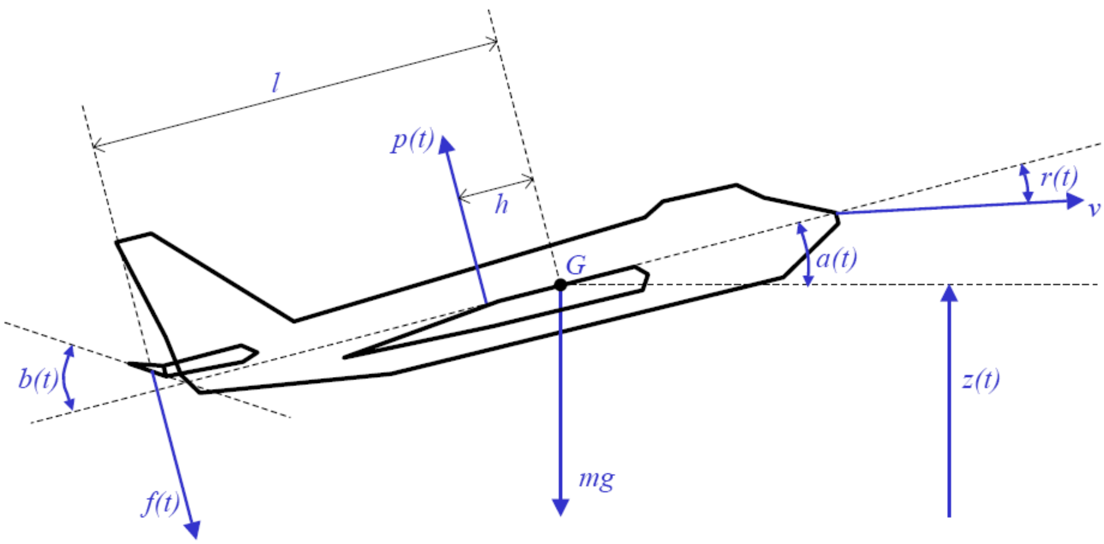

Figura 1: schema di un aereomobile.

Punti da sviluppare

(1) Supponendo che l'aereomobile sia un corpo rigido, ricavarne le equazioni dinamiche usando l'approccio in equazioni di Newton.

(2) Si scelga $x(t) = [z(t), a(t), \dot{z}(t), \dot{a}(t)]^T$ come vettore di stato. Siano $u(t) = b(t)$ e $y(t) = z(t)$ rispettivamente ingresso e uscita. Ricavare le equazioni di stato del sistema.

(3) Linearizzare le equazioni di stato ottenute al punto (2) supponendo che l'angolo a sia "piccolo" e che quindi $\cos(a) \cong 1$.

(4) Si consideri il punto di equilibrio: $\bar{x} = \left[0, \dfrac{mgl}{K_a(l-h)} - \dfrac{P}{K_a}, 0, 0,\right]^T$, $\quad \bar{u} = \dfrac{mgh}{K_b(l-h)} - \dfrac{F}{K_b}$

Definendo $\delta x(t) = x(t) - \bar{x}, \quad \delta u(t) = u(t) - \bar{u}$, si scrivano le equazioni di stato linearizzate intorno a tale punto di equilibrio.

(5) Calcolare la funzione di trasferimento $G(s)$ del sistema lineare ottenuto al punto (4) considerando i seguenti valori dei parametri:

$$m = 7e4\ Kg \qquad J = 28e6\ Kg \times m^2 \qquad V = 250\ m/\sec$$
$$l = 36\ m \qquad h = 6\ m$$
$$K_a = 4e6\ N/rad \qquad K_b = 7e5\ N/rad$$

(6) Si consideri il sistema di controllo in Figura 2, dove $G(s)$ è la funzione di trasferimento calcolata al punto (5), $C(s)$ è il controllore da progettare, $u_r(t)$ è il riferimento, $e(t)= u_r(t)-y(t)$ è l'errore di inseguimento e $d_y(t)$ è un disturbo.

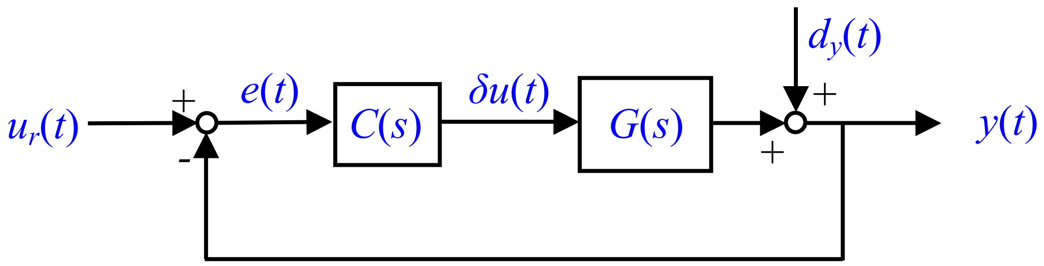

Figura 2: sistema di controllo.

Impostare il progetto di un controllore $C(s)$ tale da soddisfare le seguenti specifiche:

Specifiche a regime.

- Insensibilità (astaticità) ad un disturbo d_y a gradino.
- Sia $u_r(t) = t^2$. Si richiede che l'errore di inseguimento a regime sia in valore assoluto inferiore o uguale a 40 m: $\lim_{t\to\infty} |e(t)| \leq 40$ m.

Specifiche dinamiche. Sia $y_s(t)$ la risposta al gradino del sistema controllato. Si definisca la sovraelongazione come $\hat{s} = \max_{t\in[0,\infty]} [y_s(t)] - 1$, e il tempo di salita t_S come il tempo impiegato da $y_s(t)$ per passare dal valore 0 al valore 0.9. Discutere possibili approcci per soddisfare le seguenti specifiche:

- Sovraelongazione: $\hat{s} \leq 0.2$ m.
- Tempo di salita: $t_S \leq 30$ sec.

(7) Indicare come possono essere verificate le specifiche richieste nel punto (6).