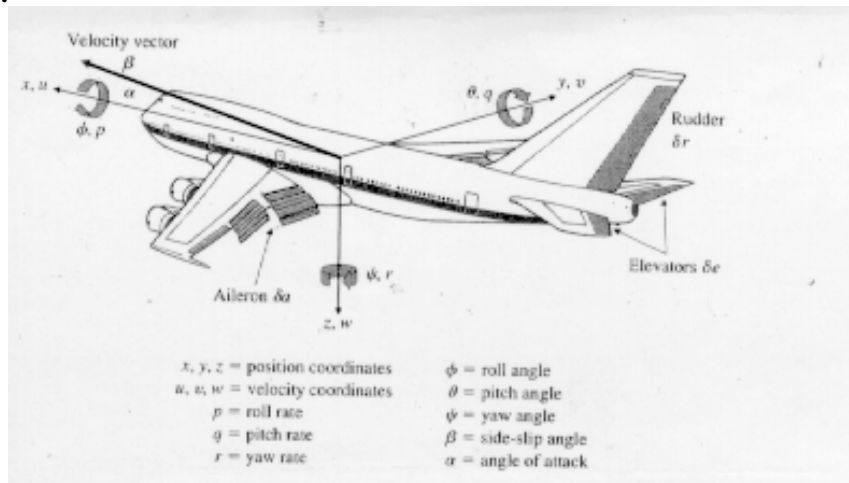


Sistema di coordinate:



Descrizione del processo:

Le equazioni lineari di moto del corpo rigido per un Boeing 747 sono dell'ottavo ordine, ma sono in prima approssimazione separabili in due gruppi del quarto ordine. Il primo gruppo (β, r, p, ϕ) rappresenta il moto laterale, consistente in rollio (ϕ, p), imbardata (r) e movimento laterale, associato all'angolo di *side-slip* β . Il secondo (u, w, q, θ) rappresenta il moto longitudinale, consistente in moto assiale (u), verticale (w) e di beccheggio (θ e q). Possibili variabili di controllo per il moto laterale sono gli angoli del timone (δr) e degli alettoni (δa), per il moto longitudinale l'angolo di inclinazione dell'equilibratore (δe) e la manetta (*throttle*).

Moto laterale

Modello lineare del moto laterale: (per moto orizzontale a 40000 ft, velocità nominale Mach 0.8)

Posto $x_1 = [\beta \ r \ p \ \phi]^T$, $u_1 = [\delta r \ \delta a]^T$, $y_1 = [r \ \phi]^T$ si ha:

$$\dot{x}_1 = A_1 x_1 + b_1 u_1, \text{ con } A_1 = \begin{bmatrix} -0.0558 & -0.9968 & 0.0802 & 0.0415 \\ 0.598 & -0.115 & -0.0318 & 0 \\ -3.05 & 0.388 & -0.465 & 0 \\ 0 & 0.0805 & 1 & 0 \end{bmatrix}, b_1 = \begin{bmatrix} 0.0729 & 0.0001 \\ -4.75 & 1.23 \\ 1.53 & 10.63 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, c_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(β e ϕ in rad, r e p in rad/s, δr e δa in rad).

- dopo avere definito le tre matrici, creare, con il comando **ss**, il sistema dinamico in Matlab.
- con il comando **damp** ricavare gli autovalori del sistema. Si individueranno due modi corrispondenti ad autovalori reali (lo *spiral mode*, a bassissima frequenza, e il *roll mode*) ed un modo vibratorio poco smorzato (*dutch roll*).
- utilizzare il comando **ltview** per tracciare le risposte allo scalino e all'impulso, visualizzare poli e zeri, e tracciare i diagrammi di Bode e polari. Si osservi la risonanza in corrispondenza del modo di dutch roll.

Moto longitudinale

Modello lineare del moto longitudinale: (per moto orizzontale a 20000 ft, velocità nominale Mach 0.8).

Posto $x_2 = [u \ w \ q \ \theta \ h]^T$, $y_2 = [q \ h]^T$ si ha:

$$\dot{x}_2 = A_2 x_2 + b_2 \delta e, \text{ con } A_2 = \begin{bmatrix} -0.00643 & 0.0263 & 0 & -32.2 & 0 \\ -0.0941 & -0.624 & 820 & 0 & 0 \\ -0.000222 & -0.00153 & -0.668 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 830 & 0 \end{bmatrix}, b_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ -32.7 \\ -2.08 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, c_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(u e w in ft/s, θ in rad, q in rad/s, h in ft, δe in rad. h è l'altitudine).

- dopo avere definito le tre matrici, creare, con il comando **ss**, il sistema dinamico in Matlab.
- con il comando **damp** ricavare gli autovalori del sistema. Oltre al polo in $s=0$, si individueranno due modi vibratori, uno a bassa frequenza (*phugoid mode*) ed uno a frequenza molto più alta (*short-period mode*).
- utilizzare l'ambiente grafico **ltview** come descritto sopra.