

TRACCE DI ESAME: Manovre in Volo e Stabilita' Statica

TRACCIA 1)

Parte A)

Siano date le seguenti caratteristiche di un velivolo:

$W=850 \text{ Kg}$ $S_w=14 \text{ m}^2$ $C_{L\text{crociera}}=.2$ $C_{L\text{MAX}}=2.2$ e
supponendo un $n_{\text{max}}=4.5$

Determinare:

- 1) Massimo angolo di rollio in virata
- 2) Velocita' di stallo e raggio di virata nelle condizioni del punto 1)
- 3) L'angolo di rollio necessario a virare con una velocita' angolare di 180 gradi/minuto

Se lo stesso aeroplano sta effettuando un loop di 100 metri di raggio, si determini la velocita' che l'aeroplano deve tenere alla sommita' del loop affinche' il carico sull'aeroplano sia quello pari al volo orizzontale.

Parte B)

Si supponga che un aeroplano sia dotato di stabilatore con angolo di calettamento indicato con i_t , considerato positivo per stabilatore deflesso verso l'alto. Si supponga che l'ala sia calettata con $i_w=1^\circ$ rispetto alla retta di riferimento delle incidenze (asse fusoliera). Se le caratteristiche di momento di tale aeroplano sono:

$C_{m0}=.05$ $C_{m\alpha}=-.0125/\text{deg}$ $(C_{m0})_{wb}=-.0094$ $(C_{m\alpha})_{wb}=.0047/\text{deg}$ $C_{\text{mit}}=-1.43/\text{rad}$,

determinare i valori di ε considerando un'escursione dello stabilatore compresa tra -3° e 3°
nonche' ε_0 e $\frac{d\varepsilon}{d\alpha}$

TRACCIA 2)

Siano date le seguenti caratteristiche di un velivolo:

$W=1215 \text{ Kg}$ $X_{cg}=35\%$ della corda alare media

Ala:

$b=10 \text{ m}$ $S=16.5 \text{ m}^2$ $C_{media}=1.65 \text{ m}$ $C_r=2.12 \text{ m}$ $\lambda=.5$ $\Lambda_{c/4}=20 \text{ gradi}$

$C_{l\alpha 3D}=.0775/\text{grado}$ $X_{acw}=25\% C_{media}$ $\alpha_{0L3D} = -1. \text{ grado}$ $i_w=2 \text{ gradi}$

e (Fattore di Oswald) = .9 $C_{L\delta a}=-.003/\text{grado}$ (δa positivo se momento di rollio negativo)

$\tau_{alettoni}=.45$

Piano orizzontale di coda:

$b_H=3.6 \text{ m}$ $S_H=3.3 \text{ m}^2$ $l_H=4.3 \text{ m}$ $i_H=2 \text{ gradi verso l'alto}$ $C_{l\alpha 2DH}=6 \text{ rad}^{-1}$ (profilo
simmetrico) e (Fattore di Oswald) = .9 $\eta_H=1$ $\tau_{equilib}=.4$ forma in pianta rettangolare

Piano verticale di coda:

$S_V=1.1 \text{ m}^2$ $l_V=4.5 \text{ m}$ $C_{l\alpha 3DV}=3.4 \text{ rad}^{-1}$ $\eta_V=1$ $h_V=1 \text{ m}$ $\tau_{timone}=.56$;
 $\frac{d\sigma}{d\beta} = .1$

h_V e' la distanza verticale tra il centro aerodinamico del piano di coda ed il baricentro del velivolo.

Si supponga che la condizione di volo sia quella orizzontale a $V=50 \text{ m/s}$ e che l'angolo di attacco rispetto alla retta di fusoliera sia di 2 gradi.

- 1) Determinare l'angolo di deflessione dell'equilibratore che garantisca l'equilibrio verticale
- 2) Volendo un $C_{L\beta}$ di tutto l'aeroplano pari a $-.05$ per radianti, si determini l'angolo diedro dell'ala
- 3) Determinare la deflessione del timone di coda per volare con un angolo di derapata pari a 10 gradi (si consideri la sola imbardata)
- 4) Determinare la deflessione degli alettoni per contrastare il momento di rollio risultante dall'angolo di derapata di 10 gradi

L'allievo riporti le espressioni usate e giustifichi le eventuali approssimazioni.

TRACCIA 3)

Siano date le seguenti caratteristiche di un velivolo:

$W=350 \text{ Kg}$ $X_{cg}=30\%$ della corda alare media

Ala:

$i_w=3^\circ$ $b=15 \text{ m}$ $S=13 \text{ m}^2$ rettangolare

$C_{l\alpha 2D}=6. \text{ rad}^{-1}$ $X_{acw}=26\%$ c media $C_{Macw}=-.065$ $\alpha_{0Lw}=-2.$

$e(\text{Fattore di Oswald}) = .94$

Piano orizzontale di coda:

$b_H=3 \text{ m}$ $S_H=1.6 \text{ m}^2$ $l_H=3 \text{ m}$ $C_{l\alpha 3DH}=5.3 \text{ rad}^{-1}$

Equilibratore: $S_e=.64 \text{ m}^2$ $c_e=.21\text{m}$ (corda media)

Si supponga che la fusoliera contribuisca con un $C_{M0B}=-.043$ ed un $C_{M\alpha B}=.2 \text{ rad}^{-1}$ e che non abbia effetto sul coefficiente di portanza e sul gradiente di questo rispetto all'angolo di attacco.

Si consideri inoltre $\eta_H=1.$, si trascurino gli effetti di interferenza con la fusoliera e si supponga che tutta la portanza viene fornita dall'ala.

Se l'aeroplano viaggia a 200 Km/h con l'angolo dell'equilibratore δ_e pari a -1 grado, si determini l'angolo di calettamento del piano di coda necessario per effettuare il volo livellato orizzontale.

Si determini la posizione del centro aerodinamico del velivolo parziale

TRACCIA 4)

Siano date le seguenti caratteristiche di un velivolo:

$W=2800$ Kg $X_{cg}=30\%$ della corda alare media

Ala:

$i_w=2^\circ$ $S=21.3$ m² $c_r=2.75$ m $c_t=1.34$ m $b=10.4$ m $\Lambda=0^\circ$ $\Gamma=5^\circ$

$C_{l\alpha 2D}=6.0$ rad⁻¹ $X_{ac_w}=25\%$ C.m.a. $C_{M0 2D}=-.08$

$\alpha_{0l 2D}=-2.$ e (Fattore di Oswald) = .95

Posizione alettoni: $\eta_{1al}=3.4$ m $\eta_{2al}=4.8$ m $c_{al}/c.m.a.=25\%$ $\tau=.4$

Piano orizzontale di coda:

$i_H=2^\circ$ (verso il basso) $b_H=4$ m $S_H=4$ m² $l_H=5.$ m $C_{l\alpha 2D}=6.24$ rad⁻¹

Si supponga che la fusoliera contribuisca con un $\Delta C_{M0B}=-.04$ ed un $\left\langle \frac{dC_M}{d\alpha} \right\rangle_B = .16$ rad⁻¹ e che non abbia effetto sul coefficiente di portanza e sul gradiente di questo rispetto all'angolo di attacco.

Si consideri inoltre $\eta_H=1.$ e si trascurino gli effetti di interferenza con la fusoliera.

Supponendo la posizione del punto neutro al 40% c.m.a., si determini:

1. L'angolo di attacco (rispetto alla fusoliera) necessario ad equilibrare il velivolo ai momenti (con $\delta_e=0^\circ$)
2. $C_{\xi\beta w}$, $C_{\xi\delta aw}$, $C_{\xi pw}$.
3. Supponendo $p=60^\circ/\text{sec}$ calcolare il momento di rollio smorzante dell'ala ad una velocità di 200 km/h

TRACCIA 5)

Siano date le seguenti caratteristiche di un velivolo:

$$W=1200 \text{ Kg}$$

Fusoliera:

$$C_{m0f} = -.05 \quad C_{m\alpha f} = .2 \text{ rad}^{-1} \quad C_{n\beta f} = -.25 * 10^{-3} / \text{grado}$$

Ala Trapezia:

$$b=9 \text{ m} \quad Cr=2. \text{ m} \quad \lambda=.6 \quad \Lambda=0 \text{ gradi}$$

$$C_{L\alpha 2D} = .108 / \text{grado} \quad X_{acw} = 24\% C_{media} \quad \alpha_{0L2D} = -1.5 \text{ grado} \quad C_{m02d} = -.08 \quad \epsilon_{tip} = -3 \text{ gradi}$$

$i_w = 2$ gradi rispetto alla retta di costruzione fusoliera

e (Fattore di Oswald) = .9 Γ (Angolo diedro) = 5 gradi

$$\text{alettoni:} \quad \eta_i = .7 \quad \eta_f = 1. \quad \tau_{alettoni} = .4$$

Piano orizzontale di coda: Stabilizzatore

$$b_H = 3. \text{ m} \quad S_H = 3.3 \text{ m}^2 \quad l_H = 4.57 \text{ m} \quad C_{l\alpha 2DH} = 6 \text{ rad}^{-1} \text{ (profilo simmetrico)}$$

e (Fattore di Oswald) = .85 $\eta_H = 1$ forma in pianta rettangolare

Piano verticale di coda:

$$S_V = 2.1 \text{ m}^2 \quad l_V = 4.5 \text{ m} \quad C_{l\alpha 3DV} = 4.0 \text{ rad}^{-1} \quad \eta_V = 1 \quad h_V = 1.2 \text{ m} \quad \tau_{timone} = .45;$$
$$\frac{d\sigma}{d\beta} = .11$$

h_V e' la distanza verticale media tra il centro aerodinamico del piano di coda e la direzione della velocita'.

- 5) Determinare gli angoli dello stabilizzatore ed il carico agente su di esso (espresso in Kg) per il quale il velivolo e' equilibrato al momento di beccheggio a $V=140 \text{ km/h}$ con il baricentro posto al 20% della c.ma. ed al 33% della c.m.a. Ai fini dell'equilibrio verticale, si supponga la portanza generata dalla sola ala.
- 6) Determinare la posizione del punto neutro e riportare la derivazione della sua espressione.
- 7) Determinare la deflessione del timone di coda e degli alettoni per volare con un angolo di derapata β pari a 10 gradi con le ali livellate

L'allievo riporti le espressioni usate e giustifichi le eventuali approssimazioni.

TRACCIA 6)

Siano date le seguenti caratteristiche di un velivolo:

$W=4500 \text{ Kg}$ $X_{cg}=30\%$ della corda alare media

Ala bassa a freccia:

$b=12 \text{ m}$ $C_r=2.6 \text{ m}$ $\lambda=.6$ $\Lambda_{\text{leading. edge}}=15 \text{ gradi}$ $\Lambda_{\text{trailing. edge}}=0 \text{ gradi}$ $C_{m03D}=-.08$

$C_{l\alpha 2D}=.108/\text{grado}$ $X_{acw}=25\% C_{\text{media}}$ $\alpha_{0L2D} = -2. \text{ gradi}$ $i_w=3 \text{ gradi}$ $\epsilon_{\text{tip}}=-3 \text{ gradi}$

alettoni: $(y/b/2)=\eta_i=.7$ $\eta_f=1.$ $\tau_{\text{alettoni}}=.3$ $\Gamma=5 \text{ gradi}$

e (Fattore di Oswald) = .9

Fusoliera: $C_{m0f}=-.015$ $C_{M\alpha f}=.0025/\text{grado}$ $C_{n\beta f}=-.4*10^{-3}/\text{grado}$

Piano orizzontale di coda :

$b_H=4.5 \text{ m}$ $C_H=1.2 \text{ m}$ $l_H=5.73 \text{ m}$ $i_H=-1 \text{ grado (leading edge verso il basso)}$
 $C_{l\alpha 2DH}=5.73 \text{ rad}^{-1}$ (profilo simmetrico) e (Fattore di Oswald) = .9 $\eta_H=1$ $\tau_{\text{equilib}}=.4$

Piano verticale di coda:

$S_V=5.2 \text{ m}^2$ $l_v=5 \text{ m}$ $C_{l\alpha 3DV}=4. \text{ rad}^{-1}$ $\eta_v=1$ $h_v=2. \text{ m}$ $\tau_{\text{timone}}=.45; \frac{d\sigma}{d\beta} = .11$

h_v e' la distanza verticale tra il centro aerodinamico del piano di coda e la direzione media della velocita'

Si supponga che la condizione di volo sia quella orizzontale a $V=250 \text{ km/h}$ e che la portanza totale sia generata dalla sola ala.

- 8) Determinare l'angolo di deflessione dell'equilibratore ed il carico agente sul piano orizzontale di coda che garantisca l'equilibrio al momento di beccheggio supponendo
 - a. Velocita' angolare $q=0 \text{ gradi/sec}$
 - b. Velocita' angolare $q=20 \text{ gradi/sec}$
- 9) Determinare la posizione del punto neutro
- 10) Ricavare in modo esplicito e completo l'espressione del $C_{L\beta}$ dell'ala
- 11) Determinare il momento di rollio totale dell'aeroplano supposto nelle condizioni del punto 1 ed ipotizzando una deflessione degli alettoni pari a 10 gradi ed una velocita' angolare di rollio pari a -40 gradi/sec

L'allievo riporti le espressioni usate e giustifichi le eventuali approssimazioni.

TRACCIA 7)

Siano date le seguenti caratteristiche di un velivolo monomotore propulso ad elica:

$$W = 950 \text{ Kg} \quad \text{quota} = \text{S.L.} \quad X_{c.g.} = 30\% \text{ cma}$$

$$\text{Fusoliera:} \quad C_{m0f} = -.035 \quad C_{m\alpha f} = 0.0030 \text{ deg}^{-1}$$

Ala rettangolare

$$b = 9.3 \text{ m} \quad C_r = 1.4 \text{ m} \quad \Gamma = 5 \text{ gradi} \quad \text{alettoni: } (y/b/2) = \eta_i = .75 \quad \eta_f = 1. \quad \tau_{\text{alettoni}} = .35$$

$$C_{L\alpha 2D} = .105 \text{ deg}^{-1} \quad X_{ac2d} = 25\% \quad C_{m\alpha 2D} = -1. \text{ deg} \quad C_{m02D} = -.04 \quad e_w \text{ (Fattore di Oswald)} = .9$$

$$i_w = 2 \text{ gradi (rispetto alla retta di costruzione fusoliera)}$$

Piano orizzontale di coda (convenzionale)

$$b_H = 2.5 \text{ m} \quad c_H = 0.8 \text{ m} \quad X_{ac_{H-W}} = 4. \text{ m (distanza tra i due centri aerodinamici)}$$

$$C_{L\alpha 2DH} = .11 \text{ deg}^{-1} \text{ (profilo simmetrico)} \quad e \text{ (Fattore di Oswald)} = .9 \quad \eta_H = 1$$

$$\tau_e = 0.35 \quad i_h = -2 \text{ deg} \quad c_{h\alpha} = -.0070 \text{ deg}^{-1} \quad c_{h\delta e} = -.012 \text{ deg}^{-1}$$

Piano verticale di coda:

$$S_V = 4.0 \text{ m}^2 \quad l_V = 4.2 \text{ m} \quad C_{L\alpha 3DV} = 4. \text{ rad}^{-1} \quad \eta_V = 1 \quad h_V = 1.5 \text{ m} \quad \tau_{\text{timone}} = .45; \quad \frac{d\sigma}{d\beta} = .11$$

h_V e' la distanza verticale tra il centro aerodinamico del piano di coda e la direzione media della velocita'

Gruppo Propulsione

Motore alternativo con elica di diametro $D=1.8 \text{ m}$, rendimento $\eta=.85$, posta a 2.5 metri avanti al baricentro ed a 20 cm sotto di esso.

Si supponga che la condizione di volo sia quella di volo orizzontale equilibrato corrispondente ad un rapporto di avanzamento $J=.77$, che il motore eroghi in queste condizioni 100 kW all'albero con un numero di giri al minuto pari a 2400 e che l'elica, oltre alla spinta, produca una forza appartenente al piano del disco e diretta verso l'alto, N_p , pari a 20 kg. Nell'espressioni di Renard e nel rapporto di avanzamento si consideri il numero di giri espresso in giri/sec

Ai fini dell'equilibrio verticale si supponga che la portanza totale del velivolo sia generata dalla sola ala.

- 12) Calcolare C_Q e C_T .
- 13) Calcolare il δ_e di equilibrio ed il carico in kg agente sul piano orizzontale di coda a comandi bloccati e liberi
- 14) Determinare la posizione del punto neutro a comandi bloccati e liberi. Per quest'ultimo si derivi l'espressione.
- 15) Nelle condizioni di volo indicate sopra, si determini la velocità angolare di rollio stabilizzato, espressa in gradi/sec, ipotizzando una deflessione degli alettoni pari a -10 gradi (rollio positivo) ed un angolo $\beta=10$ gradi. Si consideri l'elica ruotante in senso antiorario se osservata di fronte.

L'allievo riporti le espressioni usate, i risultati parziali e giustifichi le eventuali approssimazioni.