

## Capitolo 4 - MOTI CURVI

## ESERCIZI (VIRATA)

*Esercizio 1. Virata corretta a velocità costante.....*

Dall'equazione di equilibrio della virata corretta  $P \cos \theta = Q$  ricavo la velocità della virata  
 $V_V = 184.67 \text{ m/s}$

Fattore di contingenza  $n = \frac{1}{\cos \theta} = 1.74$

Raggio di virata  $r = \frac{V^2}{g \cdot \operatorname{tg} \theta} = 2434 \text{ m}$

Coefficiente di portanza in virata  $C_{pV} = n C_{pVROU} = 0.609$   $C_{rV} = 0.0299$

Velocità angolare di virata  $\omega = \frac{V}{r} = 0.0759 \text{ rad/s}$

Potenza necessaria in virata  $W_{nV} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_{rV} \cdot S = 5391 \text{ kW}$

Potenza motore in virata  $W_{mV} = 5391/0.85 = 6342 \text{ kW}$

Potenza necessaria in V.R.O.U.  $W_{nVROU} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_{rVROU} \cdot S = 4075 \text{ kW}$

Potenza motore in V.R.O.U.  $W_{mVROU} = 4075/0.85 = 4794 \text{ kW}$

*Esercizio 2. Virata corretta ad assetto costante .....*

Conoscendo il fattore di contingenza, ricavo subito l'angolo di sbandamento  $\theta = 36.8^\circ$

La velocità di virata è  $V_V = V_{VROU} \cdot \sqrt{n} = 234.79 \text{ m/s}$

Calcolo il  $C_p$  che rimane costante  $C_p = \frac{2 \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot V_{VROU}^2} = 0.199$   $C_r = 0.0138$

Raggio della virata  $r = \frac{V^2}{g \cdot \operatorname{tg} \theta} = 7512 \text{ m}$

Spinta necessaria in virata  $T_{nV} = n T_{nVROU} = 34597 \text{ N}$

**Esercizio 3. Virata corretta a velocità costante.....**

Dalla formula del raggio di virata ricavo la velocità  $V = \sqrt{r \cdot g \cdot \tan \theta} = 140 \text{ m/s}$

Calcolo il  $C_p$  e il  $C_r$  in VROU  $C_{p_{VROU}} = \frac{2 \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot V^2} = 0.403$   $C_{r_{VROU}} = 0.0286$

Calcolo il  $C_p$  e il  $C_r$  in virata  $C_{p_V} = n \cdot C_{p_{VROU}} = 0.604$   $C_{r_V} = 0.0368$

La potenza necessaria in virata è  $W_{n_V} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_{r_V} \cdot S = 3387 \text{ kW}$

Assumendo come rendimento il valore 0.8

ricavo la potenza motore in virata  $W_{mv} = 3387/0.8 = 4233 \text{ kW}$

La potenza necessaria in VROU è  $W_{n_{VROU}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_{r_{VROU}} \cdot S = 2632 \text{ kW}$

Quindi la velocità ascensionale all'uscita della virata sarà  $w = \frac{W_{n_V} - W_{n_{VROU}}}{Q} = 2.85 \text{ m/s}$

L'angolo di rampa in salita è  $\beta = \arcsen \frac{w}{V} = 1.17^\circ$

**Esercizio 4. Turboelica da ricognizione.....**

Assumendo un rendimento = 0.85 ricavo la potenza disponibile in VROU

$W_{d_{VROU}} = 0.85 \cdot 1470 = 1249.5 \text{ kW}$

Ora ipotizzando una virata ad assetto costante posso ricavare la potenza disponibile in virata

$$W_{d_V} = n \cdot \sqrt{n} \cdot W_{d_{VROU}} = 3017.5 \text{ kW}$$

quindi la potenza motore in virata sarà  $W_{mv} = 3017.5/0.85 = 3550 \text{ kW}$

**Esercizio 5. Virata piatta.....**

Dalla formula del raggio di virata piatta, ricavo il coefficiente di devianza  $C_d = \frac{2 \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot g \cdot r} = 0.1035$

Posso quindi determinare il coefficiente angolare di devianza  $C_d' = \frac{C_d}{\delta} = 0.49 \text{ 1/rad}$

Dal sistema tra  $E = C_p/C_r$  e  $C_r = C_{r0} + \frac{C_p^2}{e \cdot \pi \cdot \lambda}$  ricavo due valori di  $C_p$  e precisamente

$C_{p1} = 1.192$  da scartare in quanto molto vicino allo stallo ( $C_{p_{max}} = 1.2$ ) e  $C_{p2} = 0.339$

Per cui la velocità sarà  $V = \sqrt{\frac{2 \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot C_p}} = 149.87 \text{ m/s}$

*Esercizio 6. Virata corretta a velocità costante.....*

Conoscendo l'angolo di sbandamento, ricavo il fattore di contingenza  $n = \frac{1}{\cos \theta} = 2.92$

Conoscendo il coefficiente di portanza in virata, ricavo il coefficiente di portanza in VROU

$C_{p_{VROU}} = 0.260$        $C_{r_{VROU}} = 0.0235$

Potenza necessaria in vrou  $W_{n_{VROU}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_{r_{VROU}} \cdot S = 1571 \text{ kW}$

Potenza necessaria in virata  $W_{n_v} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_{r_v} \cdot S = 2868 \text{ kW}$

Velocità ascensionale  $w = \frac{W_{n_v} - W_{n_{VROU}}}{Q} = 9.26 \text{ m/s}$

Angolo di rampa  $\beta = \arcsen \frac{w}{V} = 4.28^\circ$

*Esercizio 7. Turboreattore in Virata corretta con assetto costante.....*

Spinta necessaria in VROU  $T_{n_{VROU}} = \frac{Q}{E} = 3414 \text{ N}$

Spinta necessaria in virata  $T_{n_v} = n \cdot T_{n_{VROU}} = 6589 \text{ N}$

Dall'equazione di equilibrio  $P \cdot \sin \theta = F_c$  ricavo l'angolo di sbandamento

$$\theta = \arcsen \frac{2 \cdot Q}{\rho \cdot C_p \cdot S \cdot g \cdot r} = 58.8^\circ \quad n = 1.93$$

Velocità di virata  $V_v = 150.49 \text{ m/s}$

Uscito dalla virata  $T = 1/10 T_{n_v} = 658.9 \text{ N}$  quindi l'angolo di rampa in discesa risulta

$$\beta = \arcsen \frac{658,9 - 3414}{52000} = -1,93^\circ$$

E la velocità discensionale  $w = 3,64 \text{ m/s}$

### Esercizio 8. Turboelica in salita.....

Angolo di rampa  $\beta = \arcsen \frac{w}{V} = 4^\circ$  conoscendo  $C_p = 0,5$  ricavo  $C_r = 0,0313$

Potenza necessaria in VROU  $Wn_{VROU} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_{r_{VROU}} \cdot S = 3225 \text{ kW}$

Calcolo ora il supero di potenza  $\Delta W = w \cdot Q = 1995 \text{ kW}$

Potenza necessaria in salita  $Wn_S = \Delta W + Wn_{VROU} = 5220 \text{ kW}$

Calcolo ora la velocità di virata  $V_V = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot Wn_S}{\rho \cdot S \cdot C_r}} = 159,81 \text{ m/s}$

Dall'equazione di equilibrio  $P \cos \theta = Q$  ricavo l'angolo di sbandamento  $\theta = 66,3^\circ$  e quindi  $n = 2,48$

Raggio di virata  $r = \frac{V^2}{g \cdot \tan \theta} = 1143 \text{ m}$

## ESERCIZI (RICHIAMATA)

### Esercizio 1. Turboreattore.....

Calcolo il coefficiente di portanza in richiamata  $C_p = \frac{2 \cdot n \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot V^2} = 0,710$  quindi  $C_r = 0,0452$

Raggio della richiamata  $r = \frac{V^2}{g \cdot (n-1)} = 983 \text{ m}$

Spinta necessaria  $Tn = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_r \cdot S = 45391 \text{ N}$

VROU stesso Assetto :

velocità  $V = \sqrt{\frac{2 \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot C_p}} = 88,86 \text{ m/s}$  spinta necessaria  $Tn = 8280 \text{ N}$

*Esercizio 2. Turboreattore in discesa.....*

Calcolo la velocità  $V = \frac{w}{\sin\beta} = 158,19 \text{ m/s}$

Richiamata con  $n = 5$

Dalla formula  $P = n Q$  ricavo il  $C_p$  in richiamata  $C_p = \frac{2 \cdot n \cdot Q}{\rho \cdot S \cdot V^2} = 0,938$  quindi  $C_r = 0.0724$

Raggio della richiamata  $r = \frac{V^2}{g \cdot (n-1)} = 638 \text{ m}$

Spinta necessaria  $Tn = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot Cr \cdot S = 42435 \text{ N}$

---