

MECCANICA DEL VOLO - MODULO PRESTAZIONI

Esame scritto del 22 Marzo 2011 – Tempo a disposizione 2 ore e 30 minuti

PARTE 1 (tempo indicativo 30-45 minuti)

- 1-1 Parlare del punto E della polare parabolica ed specificare la sua importanza fisica individuandolo sulle curve di spinta necessaria e potenza necessaria al volo orizzontale (polari tecniche) al variare della quota. Dimostrare che nel punto E si ha $CD=2 CDo$.
- 1-2 Discutere il volo librato (disegnare la curva odografa anche al variare della quota) e ricavare le equazioni che lo governano andando a mettere in evidenza a quali assetti un aliante deve volare per avere il minimo rateo di discesa e per percorrere la massima distanza.
- 1-3 Partendo dalle forze agenti, descrivere il problema delle prestazioni di salita di un velivolo. Che si intende per assetto (e velocità) di salita ripida e di salita rapida ? Quota di tangenza ? A che assetto deve volare un velivolo propulso ad elica (con elica a passo variabile e rendimento supposto costante) per ottimizzare il suo rateo di salita ?
- 1-4 Ricavare l'espressione dell'autonomia di distanza di un velivolo propulso a getto. Partire dalla definizione di consumo specifico. Discutere dell'assetto di massima autonomia per i velivoli a getto e dell'effetto della quota.

PARTE 2 (tempo orientativo 2 ore)

Dato un velivolo bimotore turboelica da trasporto regionale ad elica caratterizzato dai seguenti dati :

$W=20000 \text{ Kg}$ $S=60 \text{ m}^2$ $b=14 \text{ m}$ $CDo=0.025$ $e=0.80$ $CL_{MAX} \text{ (pulito)} = 1.50$

$W_f \text{ (peso combustibile)} = 3000 \text{ Kg}$

$\Pi_{ao} = 2 \text{ motori da } 2700 \text{ hp}$ $\eta_p = \text{(rendimento elica)} = 0.80$ $SFC=0.6 \text{ lb/(hp h)}$

(Motore turboelica, stimare il K_v dal grafico).

Per alcuni calcoli bisogna considerare un particolare punto caratteristico della polare.

- Valutare i punti caratteristici DELLA POLARE (CL , CD , E) e velocità, spinta e potenza necessarie in tali punti alla quota di crociera di 5000 m (Fare una tabellina riepilogativa)
- Valutare la velocità massima col metodo iterativo alla quota di 5000 m (stimare K_v del motore t_{prop} dal grafico).
- Valutare il massimo rateo di salita del velivolo al livello del mare
- Valutare la massima autonomia di distanza del velivolo

Dato un velivolo a getto BIMOTORE tipo Boeing 737 caratterizzato dai seguenti dati

$W=60000 \text{ Kg}$ $S=100 \text{ m}^2$ $b=30 \text{ m}$ $CDo=0.018$ $e=0.80$ $CL_{MAX} \text{ (pulito)} = 1.40$ $CL_{MAX_TO}=2.0$

$W_f \text{ (peso combustibile)} = 10000 \text{ Kg}$

$T_o = \text{(spinta massima al decollo di ogni motore turbofan)} = 100 \text{ kN}$

(assumere quindi $T_{o_TOT}=200 \text{ kN}$) (circa 20000 Kg, cioè 20 tonnellate, cioè 1/3 del peso max al decollo)

$SFCJ=0.7 \text{ lb/(lb h)}$

- Valutare il massimo rateo di salita del velivolo a livello del mare (S/L) ed alla quota di 2000 m (usare approccio approssimato). Per la valutazione della spinta disponibile usare il grafico della spinta del motore turbofan al decollo (entrare con la velocità opportuna ad ogni quota) assumendo un ulteriore fattore riduttivo della spinta disponibile pari a 0.90 (spinta massima continuativa) oltre alla nota riduzione dovuta alla quota.
- Calcolare la corsa di decollo (corsa al suolo + involo) del velivolo considerando la spinta in corrispondenza di $0.7 V_{LO}$ (con $V_{LO}=1.1 V_{S_TO}$) dal grafico e considerando tutte le forze agenti mediamente costanti e pari al loro valore in corrispondenza di $V = 0.70 \cdot V_{LO}$. (domanda da 4 punti)

Si assumano i seguenti dati :

$\Delta CDo \text{ (carrelli + flap)} = 0.020$ $K_{ES} \text{ (riduzione resistenza indotta per effetto suolo)} = 0.90$

$\mu = \text{coeff attrito volvente} = 0.030$ $CL_G \text{ (CL di rullaggio)} = 0.60$

Assumere, per la corsa di involo, una velocità media pari a $1.15 V_{S_TO}$ e un fattore di carico pari a 1.19.

Per la corsa al suolo partire dalla relazione :

$$S_G = \int_0^{V_{LO}} dS = \int_0^{V_{LO}} \frac{V dV}{a} \quad \text{e legare l'accelerazione a tutte le forze agenti}$$

Assumere l'integrando (accelerazione) costante (metodo 2 degli appunti) e pari al valore in corrispondenza di $V=0.70 V_{LO}$. Ai fini della stima del valore della spinta dei motori turbo fan alla velocità di riferimento ($V=0.70 V_{LO}$) usare il grafico dato (SPINTA TURBOFAN IN DECOLLO).

FORMULE E GRAFICI DA CONSULTARE

Tabella Aria tipo

Alt.	Temp.	Temp. Ratio	Press.	Press. Ratio	Density	Density Ratio	Coeff. of Viscosity	Speed of Sound
h (m)	T (°K)	θ	p (N/m ²)	δ	ρ (Kg/m ³)	σ	μ (N - sec/m ²) (x10 ⁻⁵)	V _a (m/sec)
Geopotential								
0	288.2	1.0000	101,325	1.0000	1.2250	1.0000	1.789	340.3
500	284.9	0.9888	95,460	0.9421	1.1673	0.9529	1.774	338.4
1,000	281.7	0.9775	89,874	0.8870	1.1116	0.9075	1.758	336.4
1,500	278.4	0.9662	84,555	0.8345	1.0581	0.8637	1.742	334.5
2,000	275.2	0.9549	79,495	0.7846	1.0065	0.8216	1.726	332.5
2,500	271.9	0.9436	74,682	0.7371	0.95686	0.7811	1.710	330.6
3,000	268.7	0.9324	70,108	0.6919	0.90912	0.7421	1.694	328.6
3,500	265.4	0.9211	65,764	0.6490	0.86323	0.7047	1.678	326.6
4,000	262.2	0.9098	61,640	0.6083	0.81913	0.6687	1.661	324.6
4,500	258.9	0.8985	57,728	0.5697	0.77677	0.6341	1.645	322.6
5,000	255.7	0.8872	54,019	0.5331	0.73612	0.6009	1.628	320.5
5,500	252.4	0.8760	50,506	0.4985	0.69711	0.5691	1.612	318.5
6,000	249.2	0.8647	47,181	0.4656	0.65970	0.5385	1.595	316.4
6,500	245.9	0.8534	44,034	0.4346	0.62384	0.5093	1.578	314.4
7,000	242.7	0.8421	41,060	0.4052	0.58950	0.4812	1.561	312.4
7,500	239.4	0.8309	38,251	0.3775	0.55662	0.4544	1.544	310.2
8,000	236.2	0.8196	35,599	0.3513	0.52517	0.4287	1.527	308.1
8,500	232.9	0.8083	33,099	0.3267	0.49509	0.4042	1.510	305.9
9,000	229.7	0.7970	30,742	0.3034	0.46635	0.3807	1.492	303.8
9,500	226.4	0.7857	28,523	0.2815	0.43890	0.3583	1.475	301.6
10,000	223.2	0.7745	26,436	0.2609	0.41271	0.3369	1.457	299.5
10,500	219.9	0.7632	24,474	0.2415	0.38773	0.3165	1.439	297.3
11,000	216.7	0.7519	22,632	0.2234	0.36392	0.2971	1.422	295.1
11,500	216.7	0.7519	20,916	0.2064	0.33633	0.2746	1.422	295.1
12,000	216.7	0.7519	19,330	0.1908	0.31083	0.2537	1.422	295.1

CONVERSIONE

Lunghezze

1 nm = 1852 m = 1.852 Km

1 Km = 0.540 nm

1 inch = 2.54 cm

1 ft = 0.3048 m

1 m = 3.2808 ft

Velocita'

1 kts = (nm/hr) = 1.852 Km/hr

1 ft/sec = 1.09728 Km/hr

1 ft/sec = 0.5925 Kts

1 Kts = 1.688 ft/sec

1 ft/min = 0.009875 Kts

Pesi o forze

1 Kp = 9.81 N

1 lb = 0.45359 Kp

1 Kp = 2.2046 lbs

Pressione

1 psf = (lbs/ft²) = 4.8824 kp/m²

1 kg/m² = 0.20482 psf

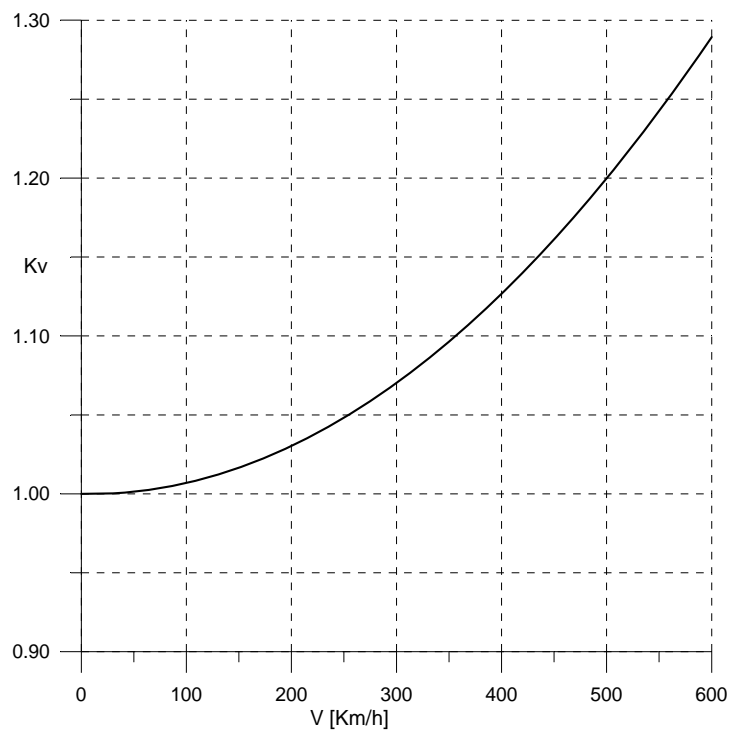
1 psf = 47.88 N/m²

1 Pa = 1 N/m² = 0.02088 psf

Potenze

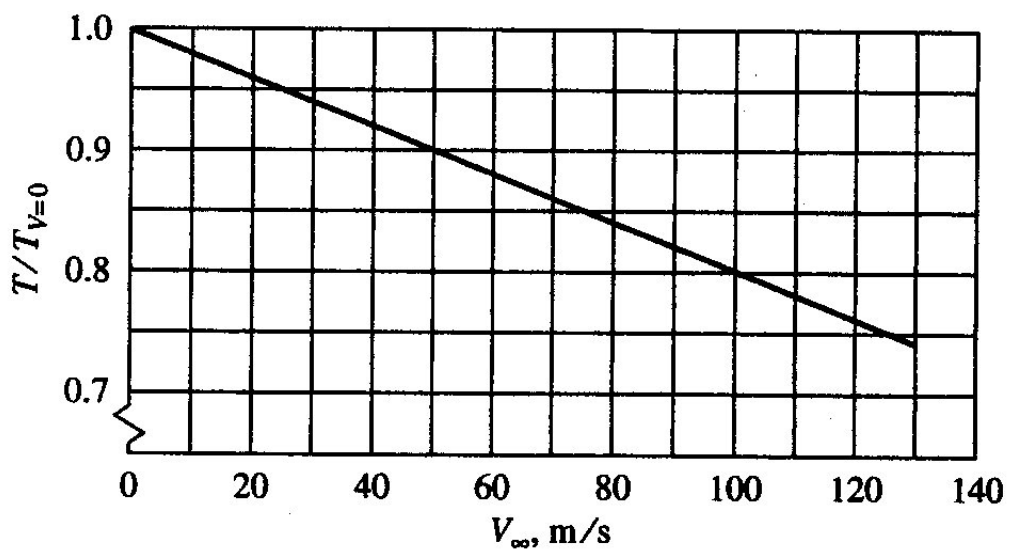
1 Hp = 746 W = 0.746 KW

1 KW = 1.34 Hp



EFFETTO RAM MOTORE TURBOELICA

Leggere Valore Kv dal grafico



Fattore riduzione spinta TURBOFAN IN DECOLLO e SALITA (basse quote)
(per la salita moltiplicare per un ulteriore fattore riduttivo pari a 0.90)