

Esame di MACCHINE - 8.9.2017. All. Meccanici - Ind. Propedeutico - Prof. Dossena/Persico

ESERCIZIO 1 (7 punti)

Un impianto di sollevamento preleva acqua da un bacino posto ad una quota $z_1 = 135 \text{ m}$, e ne alimenta un secondo posto a $z_2 = 200 \text{ m}$. Il condotto di aspirazione ha diametro $D_a = 2 \text{ m}$, mentre quello di mandata ha diametro $D_m = 1.5 \text{ m}$. Le due condotte sono caratterizzate da perdite di carico complessive pari rispettivamente a $\zeta_a = 2$ e $\zeta_m = 5$ quote cinetiche. La girante, posizionata 3 m al di sopra del bacino di aspirazione, è caratterizzata da diametro esterno $D_g = 0.8 \text{ m}$, altezza del canale allo scarico $b = 0.1 \text{ m}$ e palettatura all'indietro di 45° rispetto alla direzione meridiana ($\beta_2 = -45^\circ$). La pompa, quando operata ad una velocità di rotazione di 750 rpm , ha una curva di rendimento e una di NPSH richiesti che, nel tratto di interesse, possono essere assunte lineari secondo le leggi (Q [m³/s], NPSH [m]):

$$\eta = 0.5 + 0.05 \quad ; \quad \text{NPSH} = 2 + 0.1 Q$$

Si richiede di determinare:

1. Il punto di funzionamento e la potenza assorbita dalla pompa nel caso in cui la macchina operi a 1000 rpm ;
2. Il margine di cavitazione nelle suddette condizioni.

ESERCIZIO 2 (6 punti)

La condotta forzata che alimenta una turbina Pelton connette la macchina con un bacino posto a $z_D = 2300 \text{ m}$ di quota. La turbina è invece installata in centrale ad una quota di $z_0 = 1310 \text{ m}$. L'acqua ($c_L = 4186 \text{ J/kgK}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) che riempie il bacino di monte ha origine glaciale e si trova ad una temperatura $T_D = 4 \text{ }^\circ\text{C}$. Si stima che l'acqua, lungo l'attraversamento del condotto, scambi un'energia termica specifica $q_P = 500 \text{ J/kg}$ con l'ambiente esterno (più caldo). Una misura di temperatura effettuata al termine della condotta forzata indica un valore di $T_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

1. Considerando che ogni ugello origina perdite di carico pari ad $\xi_N = 0.1$ quote cinetiche (valutate sulla sezione del getto), si valuti la velocità del getto ed il salto motore disponibile per la turbina.
2. Considerando che i cucchiai sono posti ad un diametro medio $D_R = 1 \text{ m}$, si valutino le velocità di fuga e di massima efficienza.

ESERCIZIO 3 (7 punti)

Uno stadio intermedio di compressore assiale ideale (R+S) elabora aria ($c_p = 1004 \text{ J/(kgK)}$; $\gamma = 1.4$) a partire da condizioni totali $P_{T1} = 2 \text{ bar}$ e $T_{T1} = 400 \text{ K}$. La velocità meridiana, imposta costante lungo lo sviluppo assiale della macchina, è pari a $V_m = 150 \text{ m/s}$. Il rapporto di compressione total-total realizzato dallo stadio è pari a $\beta_{TT} = 1.3$, e la potenza assorbita risulta $W = 1.5 \text{ MW}$; è inoltre noto il numero di Mach assoluto all'ingresso del rotore, $M_1 = 0.42$. Sapendo inoltre che la girante ruota a $n = 5000 \text{ rpm}$, il diametro medio è $D = 0.91 \text{ m}$ costante lungo la macchina, e la velocità tangenziale in ingresso è equiversa alla velocità periferica, si richiede di:

1. Determinare i triangoli di velocità a cavallo del rotore;
2. Rappresentare qualitativamente le palettature di rotore e di statore, quest'ultima in ipotesi di stadio ripetuto;
3. Valutare l'altezza di pala all'ingresso del rotore.

ESERCIZIO 4 (7 punti)

La turbina a gas monoalbero riportata in figura alimenta un propulsore navale ad idrogetto. Il propulsore è composto da una pompa che aspira acqua dal mare, seguita da un ugello che scarica nel mare, allo stesso livello di immersione dell'aspirazione. Il sistema turbogas opera secondo con un rapporto di compressione $\beta = 15$ e una temperatura di ingresso in turbina $T_{IT} = 1250 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sono inoltre noti i seguenti parametri dell'impianto:

Condizioni termodinamiche dell'aria aspirata:

$$P_1 = 1 \text{ bar} ; \quad T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Rendimento isentropico del compressore:

$$\eta_{is,C} = 0.84$$

Rendimento isentropico della turbina:

$$\eta_{is,T} = 0.88$$

Proprietà termo-fisiche dell'aria:

$$c_{p,A} = 1004 \text{ J/(kgK)} ; \quad \gamma_A = 1.40$$

Proprietà termo-fisiche dei gas combustibili:

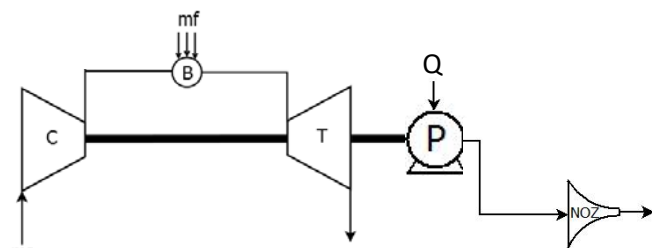
$$c_{p,G} = 1250 \text{ J/(kgK)} ; \quad \gamma_G = 1.32$$

Potere calorifico inferiore del combustibile:

$$\text{LHV} = 42000 \text{ kJ/kg}$$

Portata di aria aspirata dal compressore:

$$m_a = 30 \text{ kg/s}$$



1. Si valutino il consumo di combustibile, la potenza assorbita dalla pompa ed il rendimento del ciclo.
2. Sapendo che la pompa aspira una portata di acqua pari ad $Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$ e opera con un rendimento di 0.8 , si dimensionino la sezione di scarico dell'ugello.

DOMANDA (3 punti)

Si discutano e si mettano a confronto sinteticamente le diverse definizioni di rendimento isoentropico e politropico nel caso dei compressori di gas,

u	31.4156927
S	0.251322152
cot_b2	-1
S/cotb2	-0.251322152
AH	-0.637113588
BH	-1.340831351
CH	50.30304525
alfa	1.333333333
Ahn	-0.637113588
Bhn	-1.787775134
Chn	89.427636
A_imp	0.183870259
C_imp	65
Asol	0.820983847
Bsol	1.787775134
Csol	-24.427636
sol	4.473536039
H	68.67970811 m
eta	0.667757601
Power	4513667.338 W
C_npsh	3.555555556
B_npsh	0.133333333
NPSH	4.152027027 m
NPSHD	6.801433079 m

Dz	990 m
yp	375.74 m
V1	104.6718 m/s
V1id	109.7807 m/s
phi	0.953463
Hm	614.261 m
n_fuga	209.3436 1999.084 rpm
n_opt	104.6718 999.5419 rpm

T2is	635.5006111 K
T2	700.7102514 K
P2	15 bar
T3	1523.15 K
P3	15 bar
P4	1
T4is	790.0046404 K
T4	877.9820836 K
mox	30 kg/s
cpm	1127 J/(kgK)
alfa	44.31284001
mf	0.677004678 kg/s
mt	30.67700468 kg/s
Wt	24739773.99 W
Wc	12275714.77 W
W	12464059.22 W
eta	0.438347509
l	3116.014804 J/kg
gH	2492.811843
DP	2492811.843
V	70.60894906 m/s
S	0.056650043 mq
D	0.268568567 m

DhTT	31261.48762 J/kg
l	31261.48762
u	238.2374429 m/s
dVt	131.2198756 m/s
G	47.9823615 kg/s
T1	386.368905 K
P1	1.771444748 bar
rho1	1.597509859 kg/mc
b1	0.070041518 m
V1	165.4837448 m/s
V1t	69.89184354 m/s
alfa1	24.98295942 °
W1t	-168.345599 m/s
beta1	-48.2981896 °
V2t	201.1117191 m/s
W2t	-37.1257238 m/s
alfa2	53.28243243 °
beta2	-13.9016113 °
V2	250.890262 m/s