

ESERCIZIO 1 (5 punti)

Un impianto idroelettrico per il recupero del deflusso minimo vitale di un fiume è basato su un sistema di **due macchine identiche**, disposte in **parallelo**. Entrambe le macchine sono a geometria fissa (turbine ad elica). Il funzionamento di ogni turbina, per una velocità di rotazione $n = 375 \text{ rpm}$, è definito dalle seguenti relazioni ($H_m \text{ [m]}$; $Q \text{ [m}^3\text{/s]}$)

$$H_m = 7 Q^2 + 3 Q$$

$$\eta = -0.5 Q^2 + Q + 0.4$$

L'impianto rende disponibile un salto motore $H_m=15\text{m}$ e deve rilasciare una portata $Q_{DVM}=1.3 \text{ m}^3\text{/s}$. Determinare:

1. Il numero di giri, uguale per le due turbine, richiesto per operare nelle condizioni di portata e salto motore sopra specificati, nonché la potenza prodotta in tale condizione.
2. Nell'ipotesi di disservizio di una delle due turbine, si valuti la velocità di rotazione che sarebbe richiesta all'unica turbina rimasta in funzione per smaltire, nello stesso impianto la portata Q_{DVM} ;

ESERCIZIO 2 (7 punti)

La girante di un compressore centrifugo ideale a pale **radiali** ha diametro $D_2 = 0.5 \text{ m}$, opera a $n = 15000 \text{ rpm}$ ed elabora aria ($c_p = 1004 \text{ J/(kgK)}$, $\gamma = 1.4$) aspirata da un ambiente in condizioni $P_0 = 1 \text{ bar}$, $T_0 = 300 \text{ K}$. La girante è caratterizzata da un grado di reazione (definito come salto di entalpia statica sulla girante riferito al salto di entalpia totale)

$\chi = \Delta h_{rotore} / \Delta h_T = 0.45$. Sapendo che la velocità dell'aria alla sezione di ingresso è $V_1 = 50 \text{ m/s}$, e dopo aver disegnato le trasformazioni su un opportuno piano termodinamico, si richiedono:

1. la determinazione del triangolo di velocità allo scarico della girante;
2. la pressione totale allo scarico della macchina;
3. data una altezza di pala $b_2 = 15 \text{ mm}$ allo scarico della girante, si calcoli la potenza assorbita dalla macchina.

ESERCIZIO 3 (8 punti)

Uno stadio di turbina assiale ideale e ottimizzato espande aria ($c_p = 1004 \text{ J/(kgK)}$, $\gamma = 1.4$) a partire da un serbatoio in condizioni $P_0 = 10 \text{ bar}$ e $T_0 = 600 \text{ K}$. Lo stadio genera una potenza pari a $W = 30 \text{ MW}$ ed è caratterizzato da un rendimento total-static $\eta_{rs} = 0.9$. Il rapporto di espansione total-total tra ingresso statore e uscita rotore risulta $\beta_{TT} = 3$. Lo stadio ha diametro medio pari a $D_m = 2 \text{ m}$ e velocità di rotazione pari a $n = 3000 \text{ rpm}$. Assegnando velocità assiale costante sullo stadio, si richiede di determinare:

1. i triangoli di velocità a cavallo del rotore, in particolare definendo i due angoli costruttivi α_1 e β_2 ;
2. l'altezza di pala richiesta allo scarico di statore e rotore;
3. il lavoro, la potenza e il rendimento total-static di uno stadio assiale ideale ad azione pura che parta dalle stesse condizioni termodinamiche, abbia uguale diametro medio, operi allo stesso numero di giri e faccia uso dello stesso statore di quello definito al punto 1

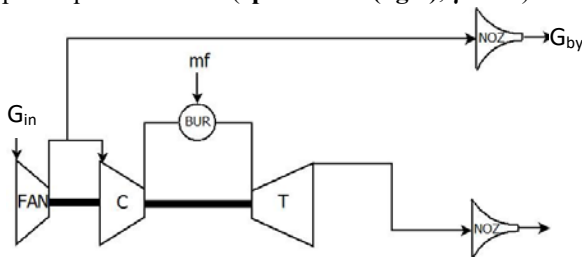
ESERCIZIO 4 (7 punti)

Un turbo-fan aeronautico opera secondo le seguenti condizioni:

- | | |
|--|--|
| • Aria aspirata al fan | $G_{IN}=120 \text{ kg/s}$ |
| • Aspirazione | $P_1 = 0.85 \text{ bar}$, $T_1=260\text{K}$ |
| • Rapporto di compressione del fan | $\beta_{FAN} = 1.7$ |
| • Portata aria al condotto di by pass | $G_{BY} = 80\% G_{IN}$ |
| • Temperatura ingresso turbina | $TIT = 1800 \text{ K}$ |
| • Rapporto di compressione del compressore | $\beta_c = 20$ |
| • Potere calorifico inferiore del combustibile | $PCI = 40 \text{ MJ/kg}$ |
| • Rendimento isentropico del fan | $\eta_{FAN}=0.8$ |
| • Rendimento politropico del compressore | $\eta_{yC}=0.89$ |

Si stima che la trasformazione in turbina sia approssimabile da una politropica di indice $n_T = 1.35$. Si assuma gas perfetto in tutti i componenti, con proprietà termofisiche pari a quelle dell'aria ($c_p = 1004 \text{ J/(kgK)}$, $\gamma = 1.4$) Richieste:

1. Si determinino i parametri di temperatura e pressione nei punti caratteristici del ciclo termodinamico associato e il consumo di combustibile.
2. Ipotizzando che le portate di bypass e quella rilasciata della turbina vengano fatte espandere separatamente verso l'ambiente esterno, in due ugelli puramente convergenti, si calcolino le due sezioni necessarie allo scarico dei due flussi.



DOMANDA (3 punti)

Si evidenzino, anche analiticamente, pregi, difetti e conseguenze nell'applicazione di un diffusore installato a valle di una turbina idraulica a reazione.

q1	0.65	m3/s
alfa	6.1756	
rpmnew	2315.9	
Aetanew	-0.013110	
Betanew	0.16192651	
Ceranew	0.4	
etanew	0.4997	
Pw	47.7963	kW
Pw-tot	95.592	kW
q2	1.3	
alfa	0.8128	
rpmnew	304.807	
Aetanew	-0.7567	
Betanew	1.2302	
Ceranew	0.4	
etanew	0.7203	
Pw	439.10	kW

p2	144500	Pa
t2is	302.5630552	k
t2	313.203819	k
p3	2.89E+06	Pa
t3is	737.1398753	k
n_c	1.472813239	
t3	819.3947541	k
alfa	39.62861953	
Gcore	24	kg/s
Gcomb	0.605622913	kg/s
Gby	96	
Pw fan	6409996.116	W
Pwcomp	12197176.77	W
Gturb	24.60562291	
lturb	756216.2906	
dt_turb	753.2034767	
tot	1046.796523	
pot	357179.843	Pa
tot is	990.4688444	
eta_ad_T	0.930419381	
eta_y_T	0.907407407	
Tout_core_is	872.3304361	
vout_core	591.8850422	
pout_core	188691.606	
rhout_core	0.75368463	
sout_core	0.055157851	m2
Tout_by	269.1438744	
vout_by	297.4430512	
rhoout_by	1.10E+00	
sout	2.93E-01	m2

U2	392.699	m/s
V2t	392.699	m/s
Lu	154213	m2/s2
T1	298.755	
T2	367.874	K
TT2	453.598	K
V2	414.89	m/s
alfa2	71.1759	
V2r	133.87	m/s
p2t	4.25035	barA
p2	2.04185	
rho2	1.93394	kg/m3
mass	6.1001	
power (kW)	940.713	kW

u	314.159	m/s
l	162286.5867	J/kg
v1t	516.5746858	m/s
w1t	202.4156858	m/s
H0-h2	180318.4297	J/kg
v2^2/2	18031.84297	j/kg
v2	189.9044126	m/s
vax	189.9044126	m/s
w1	277.5532306	m/s
w2	367.0961226	m/s
beta2	-58.8478	deg
v1	550.37541	m/s
alfa1	69.8154	deg
t2	420.3999704	K
t1	449.1468666	K
P1	3.629359038	bar
p2	2.879320388	bar
G	184.8581611	Kg/s
rho1	2.815526779	Kg/m3
h1	0.055027128	m
rho2	2.386411971	Kg/m3
h2	0.064921881	m
l_imp	197391.7546	j/kg
v1t	628.318	m/s
V1	669.430358	m/s
Vax	251.9008441	m/s
t1	376.8242011	K
p1	1.963163082	Bar
rho1	1.815246861	Kg/m3
G	158.0964225	Kg/s
pw	31206.93022	W