

Esercizio 1 (punti 12):

Un gruppo turbopompa ausiliario di una centrale idroelettrica è costituito da una turbina idraulica e da una pompa idraulica; la turbina elabora acqua e la pompa olio per lubrificare i cuscinetti delle turbine di potenza. Le due macchine, calettate originariamente sullo stesso albero, devono essere provate separatamente in laboratorio usando per entrambe acqua come fluido di lavoro.

Il circuito di prova della turbina ha una tubazione di 0.2 m di diametro all'ingresso macchina e 0.25 m allo scarico; la flangia di ingresso è 0.5 metri sopra la flangia di scarico.

Le misure ottenute sul banco prova per la turbina sono:

- pressione alla flangia di ingresso: 5 bar_A
- pressione alla flangia di scarico: 0.5 bar_A
- velocità di rotazione: 3000 Rpm
- coppia misurata al torsionmetro: 250 Nm
- portata di acqua: 200 l/s
- in tali condizioni la macchina è in incipiente cavitazione con una pressione di vapore pari a 50 mbar_A (fluido puro)

Il circuito di prova della pompa ha una tubazione di 0.2 m di diametro all'ingresso macchina e 0.25 m allo scarico, senza dislivello geodetico tra le flange; il diametro di riferimento della pompa è 200 mm.

Le misure ottenute sul banco prova per la pompa sono:

- rendimento di trasmissione gruppo turbina- pompa: 0.8
- pressione alla flangia di ingresso: 0.7 bar_A
- pressione alla flangia di scarico: 3.5 bar_A
- portata di acqua misurata con boccaglio che aspira da un serbatoio; diametro gola boccaglio = 0.2 m, coeff. efflusso = 0.9, salto di pressione misurato a cavallo del boccaglio = 200 mbar.

Si chiede di:

- a) Calcolare il rendimento della turbina ed il suo valore di NPSH.
- b) Calcolare la portata ed il rendimento della pompa quando elabora acqua.
- c) Nell'ipotesi che durante il funzionamento con olio (densità = 900 kg/m³) la pompa lavori in similitudine con il punto misurato sul banco prova (si trascurino gli effetti di Reynolds) e che il n° di giri non cambi, calcolare la portata massica, la prevalenza, l'incremento di pressione e la potenza.
- d) Discutere cosa succede nella realtà al gruppo turbopompa quando la turbina elabora acqua, la pompa olio e non è imposto il n° di giri.

Esercizio 2 (punti 12):

Di un prototipo frigorifero funzionante a compressione di vapore destinato al processo di pastorizzazione del latte è richiesta la valutazione del ciclo ed indagare eventuali margini di miglioramento delle prestazioni.

Il ciclo usa aria secca come pozzo freddo per il condensatore; l'aria entra a 30°C ed esce a 40 °C. La misura della portata di aria avviene mediante una presa di pressione statica e una dinamica poste in un tubo circolare di diametro pari a 40 cm posto all'ingresso del condensatore. I manometri differenziali relativamente all'atmosfera mostrano le seguenti colonne manometriche: $hm_{totale} = +2$ [mmH₂O] e $hm_{statica} = -4$ [mmH₂O] e la costante correttiva per la portata vale $a=0,98$

Le caratteristiche del ciclo termodinamico sono le seguenti (nella tabella allegata alcune grandezze dei punti termodinamici):

- uscita evaporatore e ingresso compressore: $T_1 = -2\text{ }^\circ\text{C}$, $P_1 = 6,5\text{ bar}_A$;
- uscita compressore e ingresso condensatore : $T_2 = 85\text{ }^\circ\text{C}$, $P_2 = 30\text{ bar}_A$;
- uscita condensatore e ingresso valvola di laminazione: $T_3 = 48,7\text{ }^\circ\text{C}$; $P_3 = 29,8\text{ bar}_A$;
- pressione in ingresso evaporatore $P_4 = 6,8\text{ bar}_A$;
- tensione di alimentazione = 220 V ; corrente consumata: 24 A .

Viene richiesto:

- la portata di latte massima trattabile nello scambiatore dell'evaporatore per raffreddarlo da $75\text{ }^\circ\text{C}$ a $6\text{ }^\circ\text{C}$,
- indicazioni circa la collocazione del ciclo termodinamico sui diagrammi Pressione - Entalpia e Temperatura - Entropia
- il COP del ciclo ed il rendimento del compressore,
- il Δt di pinch point al condensatore, il consumo degli ausiliari e la loro incidenza percentuale sul COP globale.
- Sulla base delle prestazioni riscontrate dare al committente qualche suggerimento per migliorare la macchina.

Alcuni punti termodinamici di interesse per fluido di processo del ciclo: (NB: quality = 1, significa punto di vapore saturo)

Temperature ($^\circ\text{C}$)	Pressure (bar)	Density (kg/m^3)	Liquid Phase Density (kg/m^3)	Vapor Phase Density (kg/m^3)	Enthalpy (kJ/kg)	Liquid Phase Enthalpy (kJ/kg)	Vapor Phase Enthalpy (kJ/kg)	Entropy ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	Liquid Phase Entropy ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	Vapor Phase Entropy ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$)	Quality (kg/kg)
-2,0000	6,5000	24,185	Superheated	24,185	423,81	Superheated	423,81	1,8395	Superheated	1,8395	Superheated
50,000	30,000	134,68	Superheated	134,68	424,22	Superheated	424,22	1,7098	Superheated	1,7098	Superheated
77,303	30,000	99,518	Undefined	99,518	467,72	Undefined	467,72	1,8395	Undefined	1,8395	Undefined
85,000	30,000	94,307	Superheated	94,307	477,64	Superheated	477,64	1,8675	Superheated	1,8675	Superheated
48,700	29,800	912,06	916,61	133,44	283,31	283,19	425,49	1,2726	1,2722	1,7129	0,00085052
-4,9882	6,8000	63,046	1192,7	25,672	283,31	192,50	422,91	1,3113	0,97349	1,8307	0,39416
-8,6425	6,0000	22,979	1212,1	22,979	418,46	187,14	418,46	1,8275	0,95494	1,8275	1,0000
49,101	30,000	137,09	916,95	137,09	422,18	283,48	422,18	1,7035	1,2744	1,7035	1,0000

Costanti:

$M_{\text{Maria}} = 29\text{ kg}/\text{kmol}$; $R = 8314\text{ K}/\text{kmolK}$; $C_{\text{paria}} = 1003,4\text{ J}/\text{kgK}$; $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000\text{ kg}/\text{m}^3$; $\rho_{\text{latte}} = 1020\text{ kg}/\text{m}^3$; $c_{\text{latte}} = 3,95\text{ kJ}/\text{kgK}$;

Domanda (6 punti)

Nell'esercizio 2 il collegamento della sezione di misura della portata di aria ($D = 40\text{ cm}$) alla sezione d'ingresso del condensatore, di diametro pari a 80 cm , avviene tramite un tratto divergente: descrivere la geometria ritenuta piú idonea per massimizzare l'efficienza di diffusione e spiegare l'impatto sul ciclo frigorifero e il suo COP.