

Cognome	Nome	Matricola
---------------	------------	-----------------

Ing. Navale, Ing. Civile e Ambientale
Prova scritta di Fisica Tecnica – Termodinamica – 21.1.2025

Esercizio

Si consideri un ciclo Brayton (o ciclo Joule) ideale ad aria standard fredda ($k = 1.4$, $R = 287 \text{ J/(kg K)}$) che opera con una portata di massa $\dot{m} = 5 \text{ kg/s}$ e rapporto di compressione r . La temperatura e la pressione all'ingresso del compressore sono $T_1 = 300 \text{ K}$ e $p_1 = 100 \text{ kPa}$, la temperatura all'ingresso della turbina è $T_3 = 1200 \text{ K}$.

Parte I. Rappresentare il ciclo nei piani p - v e T - s e calcolare:

1. le temperature all'uscita dal compressore e all'uscita dalla turbina;
2. il rendimento termico del ciclo;
3. la potenza netta sviluppata.

Parte II. Si considerino ora anche le irreversibilità nel compressore e nella turbina, entrambi con rendimenti isoentropici dell'80%. Calcolare:

4. il rendimento termico del ciclo.

Tema	r
A	8
B	10

Teoria

Bilancio energetico ai volumi di controllo per un generico sistema aperto; sua applicazione nel caso di scambiatore di calore a due ingressi e due uscite.

Soluzione

Parte 1 (ciclo ideale): le temperature all'uscita dal compressore e dalla turbina si ottengono dalle relazioni per trasformazioni adiabatiche isoentropiche con proprietà costanti:

$$T_{2s} = T_1 r^{\frac{k-1}{k}}$$
$$T_{4s} = T_3 / r^{\frac{k-1}{k}}$$

mentre le entalpie si calcolano con $h = c_p T$, dove $c_p = R \frac{k}{k-1} = 1004 \text{ J/(kg K)}$. I lavori ed il calore fornito, per unità di massa [J/kg], sono dati da:

$$l_c = h_{2s} - h_1$$
$$l_t = h_3 - h_{4s}$$
$$q_i = h_3 - h_2$$

Il rendimento termico è quindi dato da $\eta = \frac{l_t - l_c}{q_i}$, mentre la potenza netta sarà $\dot{L}_{ciclo} = \dot{m}(l_t - l_c)$.

Parte 2 (irreversibilità compressore e turbina): le entalpie all'uscita dal compressore e dalla turbina si ottengono dalle relative definizioni dei rendimenti isoentropici di compressione ed espansione $\eta_{is,c}$ e $\eta_{is,t}$:

$$\eta_{is,c} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \quad \rightarrow \quad h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_{is,c}}$$
$$\eta_{is,t} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}} \quad \rightarrow \quad h_4 = h_3 - \eta_{is,t}(h_3 - h_{4s})$$

Tema	r	T_{2s} [K]	T_{4s} [K]	η_{id}	$\dot{L}_{ciclo}$ [kW]	η_{irr}
A	8	543	662	0.448	1477	0.211
B	10	579	622	0.482	1503	0.206