

Cognome..... Nome..... Matricola.....

Prova scritta di Fisica Tecnica Ambientale – 08.01.2025
(Ing. Civile e Ambientale, ing. Navale)

Esercizio

Si consideri un ciclo inverso a pompa di calore a compressione di vapori funzionante con fluido R32. La temperatura di evaporazione sia t_e mentre quella di condensazione sia t_c . All'uscita del condensatore si abbia liquido saturo, all'aspirazione del compressore vapore saturo secco, il rendimento isoentropico del compressore sia η_{ic} ed il flusso termico fornito dal condensatore sia pari a $\dot{Q}_c$. In queste condizioni ed utilizzando le tabelle delle proprietà del fluido si determini:

- | <ol style="list-style-type: none"> 1. il tracciamento del ciclo in un diagramma $T-s$ e $p-h$ 2. l'entropia del fluido all'ingresso del compressore s_1 3. l'entalpia h_{2id} alla fine della compressione isoentropica 4. l'entalpia h_2 alla fine della compressione adiabatica 5. il coefficiente di effetto utile γ della pompa di calore; 6. la portata di fluido frigorigeno $\dot{m}_f$; 7. il flusso termico asportato dall'evaporatore $\dot{Q}_e$ 8. la potenza meccanica spesa $\dot{L}_C$ 9. il coefficiente di effetto utile γ_{rev} di una macchina reversibile a pompa di calore operante tra le temperature di evaporazione e di condensazione. 10. la temperatura massima del ciclo T_{max}. | <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Tema</th> <th>t_e</th> <th>t_c</th> <th>η_{ic}</th> <th>$\dot{Q}_c$</th> </tr> <tr> <th></th> <th>°C</th> <th>°C</th> <th>%</th> <th>kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>0</td> <td>50</td> <td>80</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>5</td> <td>60</td> <td>75</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table> | Tema | t_e | t_c | η_{ic} | $\dot{Q}_c$ | | °C | °C | % | kW | A | 0 | 50 | 80 | 10 | B | 5 | 60 | 75 | 12 |
|--|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|----|----|---|----|---|---|----|----|----|---|---|----|----|----|
| Tema | t_e | t_c | η_{ic} | $\dot{Q}_c$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | °C | °C | % | kW | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0 | 50 | 80 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 5 | 60 | 75 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Per le proprietà del vapore surriscaldato fare riferimento alla pressione di condensazione, come ricavabile dalla tabella del vapore saturo alla temperatura indicata

Tabella vapori saturi

t	p	h_l	h_v	s_l	s_v
°C	MPa	kJ/kg	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/(kg K)
0	0.813	200.00	515.30	1.000	2.154
5	0.951	208.80	516.11	1.031	2.136
10	1.107	217.74	516.66	1.063	2.118
20	1.475	236.12	516.90	1.125	2.083
30	1.928	255.32	515.72	1.188	2.047
40	2.478	275.61	512.71	1.252	2.009
50	3.141	297.49	507.10	1.318	1.967
60	3.933	321.93	497.44	1.390	1.917
70	4.877	351.73	479.52	1.474	1.846

Tabella vapori surriscaldati

t	P=3.141 MPa		P=3.933 MPa	
	h	s	h	s
°C	kJ/kg	kJ/(kg K)	kJ/kg	kJ/(kg K)
60	528.10	2.031	497.44	1.92
65	536.89	2.057	512.07	1.96
70	545.06	2.081	523.74	1.99
75	552.77	2.103	533.89	2.02
80	560.13	2.124	543.10	2.05
85	567.22	2.144	551.65	2.07
90	574.10	2.164	559.72	2.10
95	580.80	2.182	567.43	2.12

Teoria

- 1) **Ricavare** le relazioni valide per trasformazioni isoentropiche di gas ideale a calori specifici caratteristici costanti
- 2) **Ricavare** il lavoro scambiato lungo una trasformazione politropica di esponente n per un sistema chiuso

Svolgimento

dalla tabella dei vapori saturi

per $t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$h_1 = 515.30\text{kJ/kg}$$

$$s_1 = 2.154\text{kJ/kg}$$

per $t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$p_{2id} = p_2 = p_3 = 3.141\text{Mpa}$$

$$h_3 = h_4 = 297.49\text{kJ/kg}$$

$$1) \quad t_e = 50^{\circ}\text{C} \Rightarrow s_1 = s_v = 2.154\text{kJ/(kg K)}$$

$$2) \quad s_{2id} = s_1 = 2.154\text{kJ/(kg K)}$$

$$3) \quad p_2 = p_v(t_e) = 3.141\text{Mpa} \quad h_{2id} = 567.22 + \frac{(574.10-567.22)}{(2.164-2.144)} \cdot (2.154 - 2.144) = 570.66\text{kJ/kg}$$

$$4) \quad h_2 = h_1 + \frac{(h_{2id}-h_1)}{\eta_{id}} = 584.5\text{kJ/kg}$$

$$5) \quad \gamma = \frac{(h_2-h_3)}{(h_2-h_1)} = 4.148$$

$$6) \quad \dot{m}_f = \frac{\dot{Q}_c}{(h_2-h_3)} = 0.03484\text{kg/s}$$

$$7) \quad \dot{Q}_e = \dot{m}_f \cdot (h_1 - h_4) = 7.589\text{kW}$$

$$8) \quad \dot{L}_c = \dot{m}_f \cdot (h_2 - h_1) = 2.411\text{kW}$$

$$9) \quad \gamma_{rev} = \frac{T_c}{(T_c-T_e)} = 6.463$$

$$10) \text{ interpolazione di T per } p = 3.141\text{ Mpa e } h = h_2=584.5$$

$$t_2 = 85 + \frac{(90 - 85)}{(574.10 - 567.22)} \cdot (584.5 - 567.22) = 97.82^{\circ}\text{C}$$