

UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

1

**ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE  
INDUSTRIALE IUNIOR**

**Seconda sessione 2024  
Prova scritta del 21 novembre 2024**

**Ramo: Ingegneria Energetica**

Una pompa di calore a compressione di vapore (fluido R134a) viene utilizzata per riscaldare una portata d'acqua  $m_w = 0.2 \text{ kg s}^{-1}$  da  $17^\circ\text{C}$  a  $40^\circ\text{C}$  (la densità dell'acqua  $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$  e il calore specifico  $c_p = 4187 \text{ J/(kg K)}$ ). La pompa di calore opera tra la pressione di condensazione di  $1239 \text{ kPa}$  e di evaporazione di  $321.1 \text{ kPa}$ . Si approssimi il comportamento del vapore di R134a come quello di un gas ideale con calore specifico medio a pressione costante  $c_{p134a} = 0.51 \text{ kJ/(kg K)}$  e  $k = c_{p134a}/c_{v134a} = 1.17$ .

Le proprietà del fluido refrigerante alle pressioni indicate sono:

pressione kPa	Temperatura [ $^\circ\text{C}$ ]	$h_l$ [kJ/kg]	$h_v$ [kJ/kg]
321.1	2.5	203.35	400.15
1239	47.5	267.75	422.6

La compressione si ipotizzi perfettamente isoentropica.

Ipotizzando poi il condensatore come uno scambiatore a tubi concentrici in controcorrente con il fluido refrigerante che scorre all'interno del tubo centrale ( $\alpha_i = 1000 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ ) mentre l'acqua da riscaldare scorre all'esterno ( $\alpha_e = 450 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ ). Il tubo con raggio interno  $r_i = 0.02 \text{ m}$  e spessore  $s = 2 \text{ mm}$  è di metallo con conduttività termica  $\lambda = 300 \text{ W/(m K)}$ .

Determinare:

- La temperatura di fine compressione  $t$  [ $^\circ\text{C}$ ]
- La potenza da fornire all'acqua [W]
- La potenza meccanica necessaria ad azionare il compressore [W]
- Il COP del ciclo [ ]
- La portata di fluido refrigerante [ $\text{kg s}^{-1}$ ]
- Il coefficiente globale di scambio  $U$  (riferito al lato acqua) [ $\text{W/(m}^2 \text{ K)}$ ]
- La superficie di scambio del condensatore (immaginando che tutto lo scambio termico avvenga nel tratto in cui il refrigerante cambia di fase)

[ $\text{m}^2$ ]

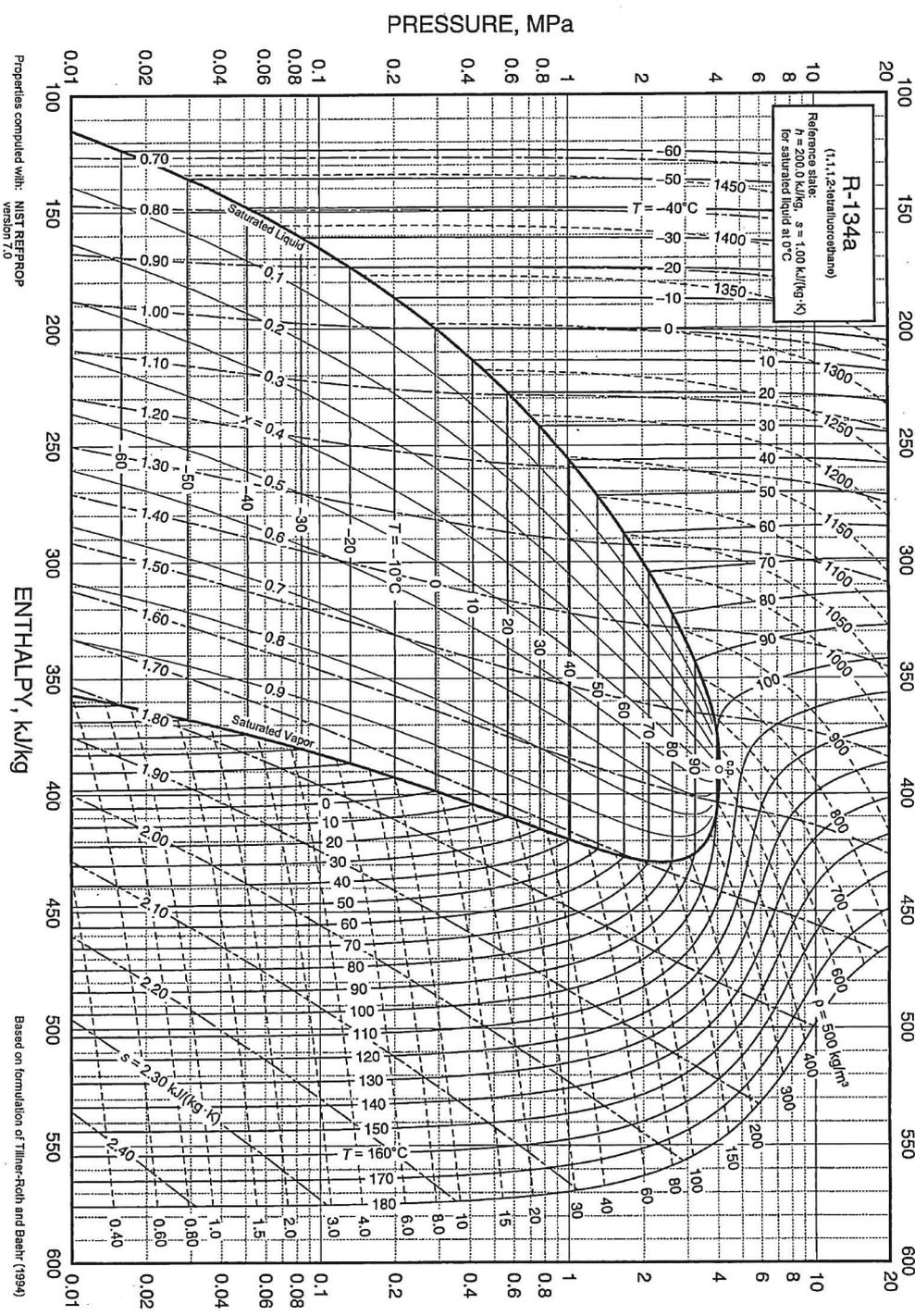


Fig. 8 Pressure-Enthalpy Diagram for Refrigerant 134a

**Ramo: Ingegneria Elettrica**

Due trasformatori monofase funzionanti in parallelo sono connessi a un carico che assorbe la potenza  $P_a = 60$  kVA con fattore di potenza pari a 0.8. I trasformatori, alimentati da una linea a 660V, presentano le seguenti caratteristiche:

	<i>Trasformatore A</i>	<i>Trasformatore B</i>
potenza	$P_{nA} = 40$ kVA	$P_{nB} = 80$ kVA
tensione primaria	$V_{1n} = 660$ V	$V_{1n} = 660$ V
tensione secondaria	$V_{2n} = 200$ V	$V_{2n} = 200$ V
tensione di corto circuito	$v_{cc\%} = 4$ %	$v_{cc\%} = 4$ %
perdite in corto circuito	$p_{cc\%} = 1.5$ %	$p_{cc\%} = 1.5$ %
perdite a vuoto	$p_{0A\%} = 0.5$ %	$p_{0B\%} = 0.4$ %

Verificare la corretta connessione in parallelo e determinare:

- ) la tensione e la corrente sul carico;
- ) le correnti circolanti nei secondari dei trasformatori;
- ) il grado di carico al di sotto del quale conviene utilizzare, ai fini delle perdite, uno solo dei due trasformatori anziché il loro parallelo;
- ) per il carico  $P_a = 60$  kVA, il rendimento percentuale con un solo trasformatore e quello con i due trasformatori in parallelo.

**Ramo: Ingegneria Chimica e dei Materiali**

È data la seguente reazione chimica che avviene ad una pressione  $P = 1 \text{ bar}$  con feed stechiometrico:



Per quanto concerne il calore specifico, si consideri la seguente formulazione:

$$\Delta C_p = \sum_i C_{p,i} = 12.93 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = \text{COST} \quad \text{Eq.(2)}$$

Si richiede di:

- Calcolare la costante di equilibrio a una temperatura di 550 K utilizzando il metodo semplificato [\_\_\_\_\_].
- Calcolare la costante di equilibrio come sopra ma utilizzando il metodo rigoroso [\_\_\_\_\_].
- Determinare nuovamente la costante di equilibrio alla stessa pressione e volendo ottenere una frazione di CH<sub>3</sub>OH in uscita pari a 0.5 [\_\_\_\_\_].
- Fornire una stima della temperatura [\_\_\_\_\_ K] utilizzando un metodo semplificato.

I valori di  $\Delta H_{298 \text{ K}}^0$  e  $\Delta G_{298 \text{ K}}^0$  alla temperatura di 298 K sono riportati in Tabella 1. Si prega di spiegare la logica del procedimento di calcolo di tutto l'esercizio.

Tabella 1. Valori di  $\Delta H_{298 \text{ K}}^0$  e  $\Delta G_{298 \text{ K}}^0$  alla temperatura di 298 K.

	$\Delta H_{298 \text{ K}}^0$ [kJ/mol]	$\Delta G_{298 \text{ K}}^0$ [kJ/mol]
CO	-110.53	-137.16
H <sub>2</sub>	/	/
CH <sub>3</sub> OH	-200.94	-162.24