

## Cvičení 4 – Tepelné oběhy

### Carnotův oběh

#### Zadání:

Stanovte topný faktor Carnotova cyklu přečerpávání tepla (levotočivý oběh) při:

- teplotě vypařování  $t_v = 0\text{ °C}$  a teplotě kondenzace  $t_k = 60\text{ °C}$
- teplotě vypařování  $t_v = 0\text{ °C}$  a teplotě kondenzace  $t_k = 40\text{ °C}$

#### Řešení:

$$0/60 \quad \text{COP}_C = \frac{T_k}{T_k - T_v} = \frac{(60 + 273.15)}{(60 + 273.15) - (0 + 273.15)} = 5.6$$

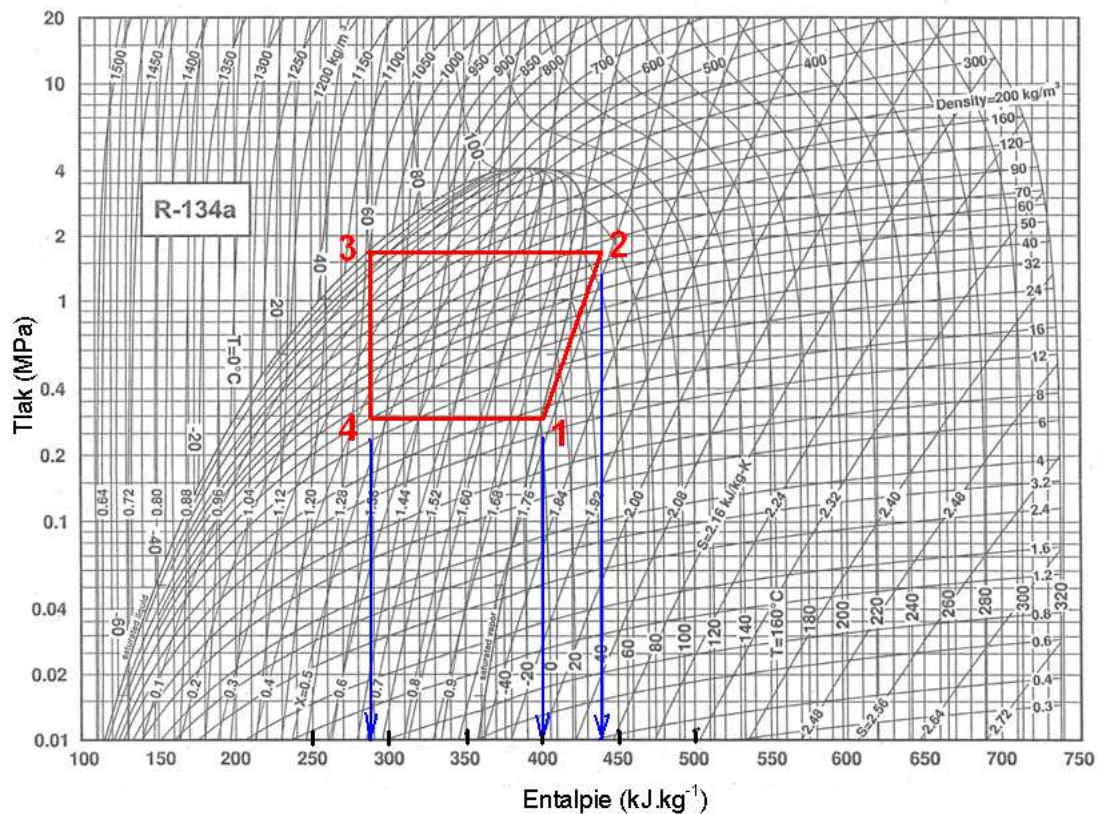
$$0/40 \quad \text{COP}_C = \frac{T_k}{T_k - T_v} = \frac{(40 + 273.15)}{(40 + 273.15) - (0 + 273.15)} = 7.8$$

### Rankinův oběh

#### Zadání:

Stanovte topný faktor Rankinova cyklu přečerpávání tepla při uvažování chladiva R134a při:

- teplotě vypařování  $t_v = 0\text{ °C}$  a teplotě kondenzace  $t_k = 60\text{ °C}$
- teplotě vypařování  $t_v = 0\text{ °C}$  a teplotě kondenzace  $t_k = 40\text{ °C}$



**0/60**

Nejprve je nutné zakreslit Rankinův oběh pro zadanou vypařovací a kondenzační teplotu do p-h diagramu chladiva a stanovit entalpie chladiva v hlavních bodech oběhu

$$h_1 = 400 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 440 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 287 \text{ kJ/kg}$$

$$COP_R = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{440 - 287}{440 - 400} = 3.8$$

**0/40**

$$h_1 = 400 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 430 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 253 \text{ kJ/kg}$$

$$COP_R = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{430 - 253}{430 - 400} = 5.6$$

### **Tepelné čerpadlo s Rankinovým oběhem**

#### **Zadání:**

Zjednodušeně (bez znalosti kompresoru) stanovte parametry tepelného čerpadla pro zadané podmínky:

- elektrický příkon hermetického kompresoru  $P_{el} = 2 \text{ kW}$
- tepelné čerpadlo ochlazuje studniční vodu z  $t_{v1} = 12 \text{ °C}$  na  $t_{v2} = 8 \text{ °C}$
- teplotní spád mezi vypařovací teplotou chladiva  $t_v$  a výstupní teplotou ochlazované vody je  $3 \text{ K}$
- tepelné čerpadlo ohřívá otopnou vodu z  $t_{k1} = 40 \text{ °C}$  na  $t_{k2} = 45 \text{ °C}$
- teplotní spád mezi kondenzační teplotou chladiva  $t_k$  a výstupní teplotou ohříváné vody je  $5 \text{ K}$
- chladivo 134a

#### **Řešení:**

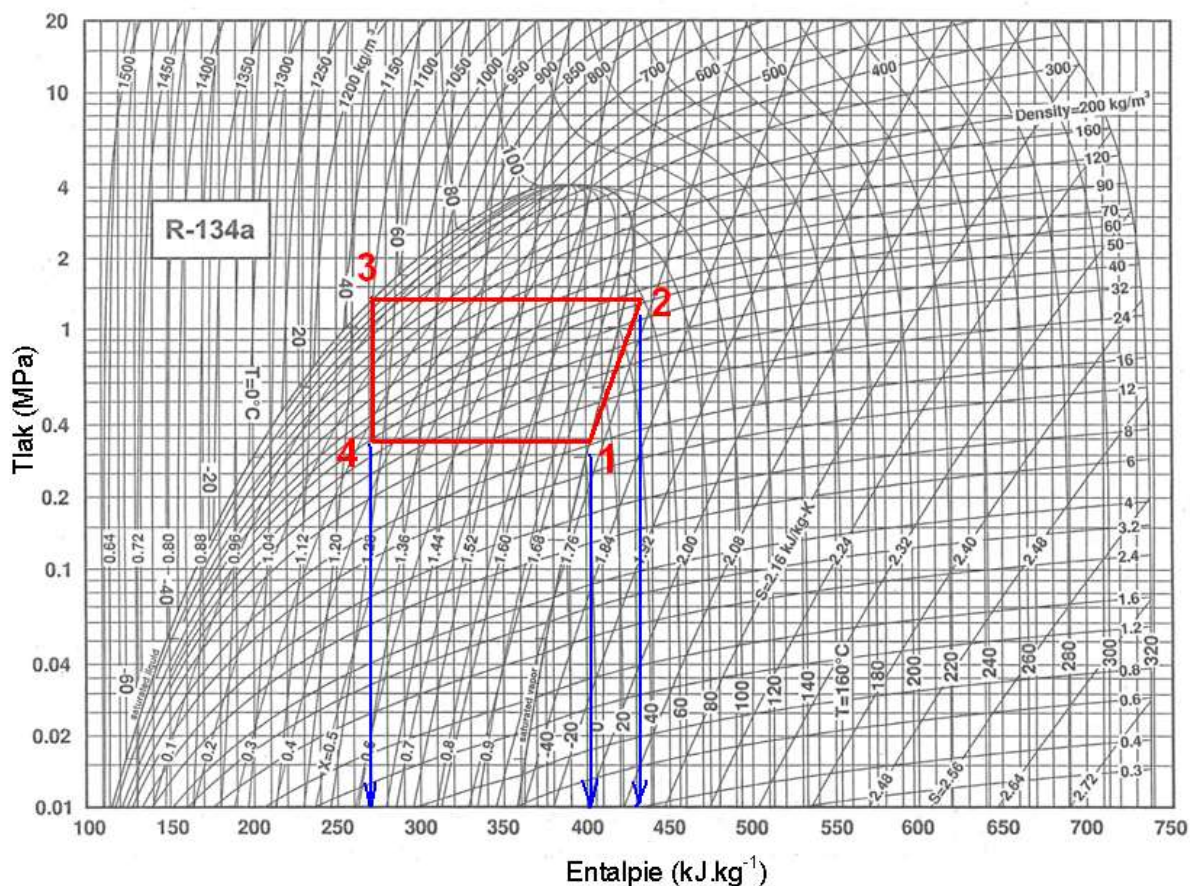
Nejprve určíme vypařovací a kondenzační teplotu chladiva:  $t_v = 5 \text{ °C}$ ;  $t_k = 50 \text{ °C}$

Zakreslíme oběh do diagramu chladiva 134a jako Rankinův oběh: komprese (1-2), kondenzace (2-3), škrcení (3-4), vypařování (4-1) a určíme entalpie hlavních bodů oběhu:

$$h_1 = 403 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 432 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 270 \text{ kJ/kg}$$



Stanovíme hmotnostní průtok chladiva

$$\dot{M}_{ch} = \frac{P_{el}}{h_2 - h_1} = \frac{2}{432 - 403} = 0.069 \text{ kg/s}$$

a z něj potom kondenzační výkon (topný výkon) tepelného čerpadla

$$\dot{Q}_k = \dot{M}_{ch} (h_2 - h_3) = 0.069 \cdot (432 - 270) = 11.2 \text{ kW}$$

a vypařovací výkon (výkon odebíraný studniční vodě)

$$\dot{Q}_v = \dot{M}_{ch} (h_1 - h_3) = \dot{Q}_k - P_{el} = 11.2 - 2 = 9.2 \text{ kW}$$

Topný faktor se stanoví ze vztahu

$$COP_R = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{\dot{Q}_k}{P_{el}} = \frac{11.2}{2} = 5.6$$

Z vypařovacího výkonu lze stanovit potřebný průtok studniční vody přes výparník na primární straně tepelného čerpadla

$$\dot{V}_v = \frac{\dot{Q}_v}{\rho c (t_{v1} - t_{v2})} = \frac{9200 \cdot 3600}{1000 \cdot 4187 \cdot (12 - 8)} = 1.97 \text{ m}^3/\text{h}$$

## Praktický návrh výkonu tepelného čerpadla

### Zadání:

Navrhněte typ tepelného čerpadla voda-voda pro vytápění pro rodinný dům o jmenovité tepelné ztrátě 10 kW při venkovní výpočtové teplotě  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Otopná soustava má teplotní spád  $45/40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teplota studniční vody (zdroje nízkopotenciálního tepla) je  $t_{v1} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vyberte typ tepelného čerpadla z následujících možností převzatých z katalogu výrobce.

| typ                        | WPW 7    |     |     | WPW 10   |      |     | WPW 13   |      |      | WPW 18   |      |      |
|----------------------------|----------|-----|-----|----------|------|-----|----------|------|------|----------|------|------|
| objednací číslo            | 18 97 93 |     |     | 18 97 94 |      |     | 18 97 95 |      |      | 18 97 96 |      |      |
| výkonová data podle EN 255 |          |     |     |          |      |     |          |      |      |          |      |      |
| teplota zdroje tepla       | °C       | +10 | +10 | +10      | +10  | +10 | +10      | +10  | +10  | +10      | +10  | +10  |
| teplota topné vody         | °C       | +35 | +50 | +60      | +35  | +50 | +60      | +35  | +50  | +60      | +35  | +50  |
| topný výkon                | kW       | 7,2 | 6,7 | 6,4      | 10,0 | 9,4 | 8,6      | 12,5 | 12,2 | 11,3     | 17,1 | 16,1 |
| el.příkon                  | kW       | 1,3 | 1,9 | 2,5      | 1,8  | 2,6 | 3,1      | 2,3  | 3,2  | 4,0      | 3,0  | 4,3  |
| výkonové číslo             | ε        | 5,4 | 3,6 | 2,6      | 5,6  | 3,7 | 2,8      | 5,5  | 3,8  | 2,8      | 5,6  | 3,8  |

### Řešení:

Výkon tepelného čerpadla se navrhuje při jmenovitých podmínkách:

- teplota zdroje tepla = teplota studniční vody na vstupu do tepelného čerpadla  $t_{v1} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- teplota otopné vody = teplota otopné vody na výstupu tepelného čerpadla  $t_{k2}$  = teplota přívodní vody  $t_{w1}$  do otopné soustavy zvýšená o cca 5 K (nabíjení zásobníku) =  $45 + 5 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

na 50 až 75 % jmenovité tepelné ztráty domu. Takovým podmínkám vyhovuje pouze tepelné čerpadlo WPW 7.