

K1/5. feladat: Levegő Carnot-körfolyamata

Szerző	Csöngedi Máté N72AVE
Szak	mechatronikai mérnök BSc.
Félév	2019/2020 II. (tavaszi)

Határozzuk meg egy munkát szolgáltató Carnot-körfolyamatot végző 1 kg levegő termikus állapotjelzőit a körfolyamat jellemző pontjaiban, továbbá a körfolyamattal kapcsolatos hőmennyiséget és munkát, valamint a körfolyamat termikus hatásfokát. Rajzolja le a körfolyamatot p-v és T-s diagramban! A körfolyamatban a legnagyobb hőmérséklet, $T_2 = 600^\circ\text{C}$, a nyomás 60 bar; a legkisebb hőmérséklet, $T_3 = 100^\circ\text{C}$, a nyomás 1 bar. Gázállandó: $R_{LEV} = 287,07 \frac{\text{Nm}}{\text{kg K}}$; adiabatikus kitevő: $\kappa = 1,4$.

Adatok kigyűjtése:

$$m = 1 \text{ kg}, \quad T_1 = T_2 = 600^\circ\text{C} = 873,15 \text{ K}, \quad p_1 = 60 \text{ bar} = 6\,000\,000 \text{ Pa},$$

$$T_3 = T_4 = 100^\circ\text{C} = 373,15 \text{ K}, \quad p_3 = 1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa}, \quad R_{LEV} = 287,07 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}, \quad \kappa = 1,4$$

Megoldás:

①-es pont:

$$v_1 = \frac{R_{LEV} T_1}{p_1} = 0,0417 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

③-as pont:

$$v_3 = \frac{R_{LEV} T_3}{p_3} = 1,0712 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

②-es pont:

$$\left. \begin{array}{l} \text{①} \rightarrow \text{②} \text{ izoterm } p_1 v_1 = p_2 v_2 \\ \text{②} \rightarrow \text{③} \text{ adiabatikus } p_2 v_2^\kappa = p_3 v_3^\kappa \end{array} \right\} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 v_1}{v_2} \quad (1)$$

A fenti egyenletet behelyettesítve az alsóba azt kapjuk, hogy: $p_1 v_1 v_2^{\kappa-1} = p_3 v_3^\kappa$,

$$v_2\text{-t kifejezve kapjuk: } v_2 = \sqrt[\kappa-1]{\frac{p_3 v_3^\kappa}{p_1 v_1}} = 0,1278 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}},$$

a kapott értéket visszahelyettesítve az (1)-esbe: $p_2 = 1\,957\,746,479 \text{ Pa}$.

④-es pont:

$$\left. \begin{array}{l} p_3 v_3 = p_4 v_4 \\ p_4 v_4^\kappa = p_1 v_1^\kappa \end{array} \right\} \Rightarrow p_4 = \frac{p_3 v_3}{v_4} \quad (2)$$

$$\text{Ugyanazzal a módszerrel meghatározzuk } v_4\text{-et: } v_4 = \sqrt[\kappa-1]{\frac{p_1 v_1^\kappa}{p_3 v_3}} = 0,3498 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}},$$

majd v_4 -et visszahelyettesítve a (2)-esbe kapjuk: $p_4 = 306\,174,9571 \text{ Pa}$.

Hőbevezetés:

$$q_{1,2} = w_{1,2} = R_{LEV} T_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = 280,4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Elvezetett hő:

$$q_{3,4} = w_{3,4} = R_{LEV} T_3 \ln \frac{p_3}{p_4} = -119,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

A körfolyamat által termelt munka:

$$w = q_{1,2} + q_{3,4} = 160,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

A körfolyamat termikus hatásfoka:

$$\eta_T = \frac{w}{q_{1,2}} = 0,573 = 57,3\%$$

A p-v és T-s diagram: