

HR. Ü. Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik II Ara Sınavı Çözümleri

S-1 a) 12 bar işletme basıncına sahip bir buhar kazanına su, doymuş sıvı olarak girmekte ve doymuş buhar olarak çıkmaktadır. Suya verilen ısıyı ve su buharındaki entropi değişimini birim kütle için tespit ediniz. Atmosfer basıncı 100 kPa, 1bar=100 kPa alınız.

b) Hava 1 bar basınç ve 20 °C sıcaklık'tan 5 bar basınç ve 50 °C basınca sıkıştırılmaktadır. Havanın entropisindeki değişimi hesaplayınız.

C-1)

a) $P_1 = 12 + 1 = 1300 \text{ kPa}$ için tablo değerleri (doymuş su tablosundan)

$$h_f = 814.59 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad h_{fg} = 1971.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}, \quad h_g = 2786.5 \text{ kJ/kg}$$

$$s_f = 2.2508 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}, \quad s_{fg} = 4.2428 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}, \quad s_g = 6.4936 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

$$q - w = h_g - h_f = h_{fg} = 2786.5 - 814.59 = 1971.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Delta s = s_g - s_f = s_{fg} = 4.2428 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

b) I.Durum

II.Durum

$$P_1 = 1 \text{ bar}$$

$$P_2 = 5 \text{ bar}$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C}$$

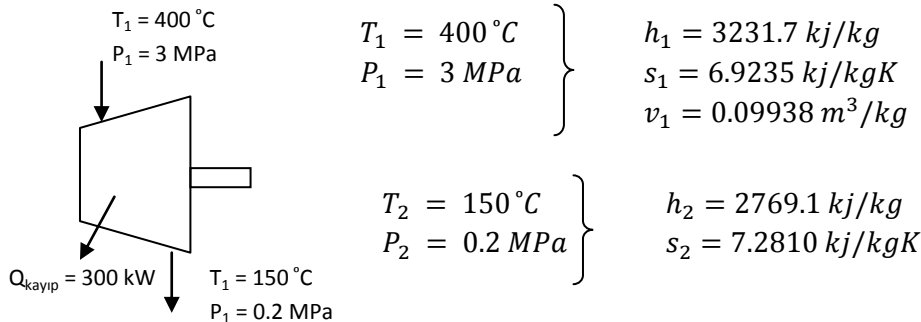
$$T_2 = 50^\circ\text{C}$$

$$\Delta s = s_2 - s_1 = C_p * \ln \frac{T_2}{T_1} - R * \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$\Delta s = 1.005 * \ln \frac{273+50}{273+20} - 0.287 * \ln \frac{5}{1} = -0.36 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$$

S-2) Buhar, 10 kg/s'lik bir kütleli debi ile sürekli akışlı bir türbine 3 MPa ve 400 °C girmekte, 0.2 MPa ve 150 °C çıkmaktadır. Türbinden 25°C ve 100kPa'daki çevreye 300 kW ısı kaybı olmaktadır. Kinetik ve potansiyel enerjideki değişimi ihmal edip, **a)** Türbinden elde edilen gerçek güç çıktısını, **b)** Türbinden elde edilebilecek en büyük güç çıktısını, **c)** İkinci yasa verimini, **d)** Ekserji yok oluşunu (tersinmezlikleri), **e)** Buharın giriş ve çıkış koşullarındaki ekserjisini hesaplayınız.

C-2)



$$\text{a) } Q - W_{\text{gerçek}} = \dot{m} * (h_2 - h_1) \Rightarrow -300 - W_{\text{gerçek}} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (2769.1 - 3231.7)$$

$$W_{\text{gerçek}} = 4326 \text{ kW}$$

$$\text{b) } W_{\text{tersinir}} = \dot{m} * (\Psi_1 - \Psi_2) = \dot{m} * [(h_1 - h_2) - T_o * (s_1 - s_2)]$$

$$W_{\text{tersinir}} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * [(3231.7 - 2769.1) - (25 + 273) * (6.9235 - 7.2810)]$$

$$W_{\text{tersinir}} = 5691.35 \text{ kW}$$

$$\text{c) } \eta_{II} = \frac{W_{\text{gerçek}}}{W_{\text{tersinir}}} = \frac{4326}{5691.35} = 0.76 \text{ (\%76)}$$

$$\text{d) } I = W_{\text{tersinir}} - W_{\text{gerçek}} = 5691.35 \text{ kW} - 4326 \text{ kW} = 1365.35 \text{ kW}$$

$$\text{e) } \psi_1 = (h_1 - h_0) - T_0 * (s_1 - s_0) + \frac{v_1^2}{2} + g * z$$

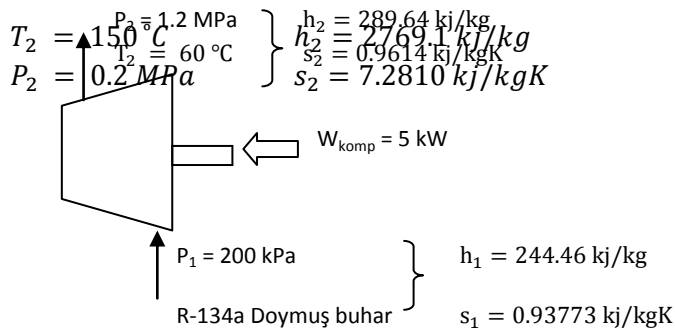
$$\psi_1 = (3231.7 - 104.83) - (25 + 273) * (6.9235 - 0.3672) = 1173.1 \text{ kJ/kg}$$

$$\psi_2 = (h_2 - h_0) - T_0 * (s_2 - s_0) + \frac{v_2^2}{2} + g * z$$

$$\psi_2 = (2769.1 - 104.83) - 298 * (7.2810 - 0.3672) = 603.9576 \text{ kJ/kg}$$

S-3) Bir soğutma makinasının 5 kW gücündeki adyabatik bir kompresöre R-134a soğutucu akışkanı 200 kPa basıncında doymuş buhar olarak girmekte ve 60 °C sıcaklık ve 1.2 MPa basıncına kadar sıkıştırılarak çıkmaktadır. Bu kompresörün ikinci yasa verimini hesaplayınız.

C-3)



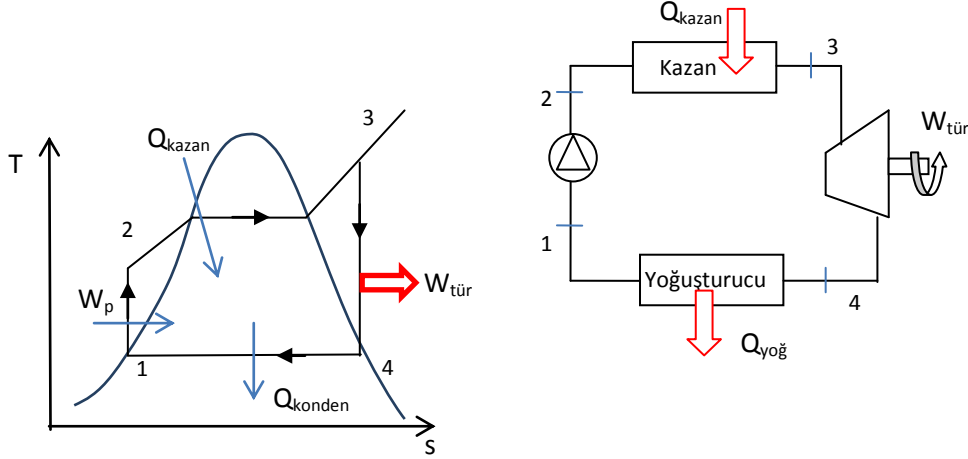
II durum için ideal

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 1.2 \text{ MPa} \\ s_1 = s_{2s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_{2s} = 281.884 \text{ kJ/kg} \text{ interpolasyon} \\ s_{2s} = 0.93773 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$\eta_{II} = \frac{W_{ter}}{W_{ger}} = \frac{m(h_{2s} - h_1)}{m(h_2 - h_1)} = 0.83 \text{ (\%83)}$$

S-4) Kömür yakan ve ideal Rankine çevrimine göre çalışan bir termik santralinde buhar türbine 5 MPa ve 400 °C girmektedir. Termik santralde kondenser sıcaklığı 65 °C olup ısısını yakındaki nehre vermektedir. Buna göre; **a-)** Çevrimi şematik olarak ve T-s diyagramını çiziniz. **b-)** Çevrimin ısıl verimini bulunuz. **c-)** Buhar debisi 10 kg/s ise kazan gücü ve elde edilen net gücü hesaplayınız.

C-4)



I.Durum

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = 65^\circ C \\ \text{Doymuş sıvı} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = h_f = 272.12 \text{ kJ/kg} \\ s_1 = s_f = 0.8937 \text{ kJ/kgK} \\ P_1 = P_{doyma} = 25.043 \text{ kPa} \\ v_1 = v_f = 0.001020 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array}$$

II.Durum

$$P_2 = P_3 = 5 \text{ MPa}$$

$$s_1 = s_2 = 0.8937 \text{ kJ/kgK}$$

$$w_{pomp} = v * (P_2 - P_1) = h_2 - h_1 = 0.001020 * (5000 - 25,043)$$

$$h_2 - h_1 = 5.07 \Rightarrow h_2 = 277.2 \text{ kJ/kg}$$

III.Durum

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = 5 \text{ MPa} \\ T_3 = 400^\circ C \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_3 = 3196.7 \text{ kJ/kg} \\ s_3 = 6.6483 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

IV.Durum

$$\left. \begin{array}{l} T_4 = 65^\circ C \end{array} \right\} s_f = 0.8937, s_{fg} = 6.9362 \text{ kJ/kgK}$$

$$s_3 = s_4$$

$$s_4 = s_f + x * s_{fg}$$

$$6.6483 = 0.8937 + x * 6.9362$$

$$x = 0.83$$

$$h_4 = 272.12 + 0.83 * (2345.4) = 2218.802 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{isıl} = 1 - \frac{q_{çıkan}}{q_{giren}} = 1 - \frac{h_4 - h_1}{h_3 - h_2} = 1 - \frac{2218.802 - 272.12}{3196.7 - 272.2} = 0.3332 \text{ (\%33.32)}$$

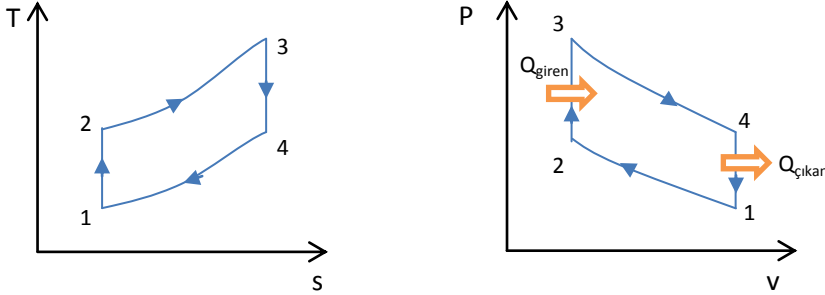
$$W_{net} = \dot{m} * w_{net} = \dot{m} * (q_{giren} - q_{çıkan}) = 10 \text{ kg/s} (2919.5 \text{ kJ/kg} - 1946.68 \text{ kJ/kg})$$

$$W_{net} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * ((h_3 - h_2) - (h_4 - h_1)) = 9728 \text{ kW}$$

S-5) Isıl verimi %58.1 olan bir ideal Otto çevriminde havanın başlangıç koşulları 27 °C ve 100 kPa'dır. Çevrim başına giren ısı 1800 kJ/kg olduğuna göre; **a-** Çevrimin P-V ve T-s diyagramlarını çiziniz. **b-** Çevrimin sıkıştırma oranını tespit ediniz. **c-** Çevrimin her noktasındaki sıcaklık ve basıncı bulunuz. **d-** Çevrimden elde edilebilecek net gücü belirleyiniz. **Not:** Hava için $k=1.4$ ve $C_p=1.005$ kJ/kgK alınız.

C-5)

a)



$$\text{b) } \eta_{otto} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \Rightarrow 0.581 = 1 - \frac{1}{r^{1.4-1}} \Rightarrow r = 8.8$$

$$\text{c) } P_1 = 100 \text{ kPa} , T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 * r^{k-1} \Rightarrow T_2 = 300 * 8.8^{0.4}$$

$$T_2 = 716 \text{ K}$$

$$P_2 = P_1 * r^k = 100 * 8.8^{1.4} = 2100.27 \text{ kPa}$$

$$q_{giren} = C_v * (T_3 - T_2) = 0.7178 * (T_3 - 716)$$

$$T_3 = 3223.61 \text{ K}$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{3223.16}{716} \Rightarrow P_3 = 9456.09 \text{ kPa}$$

$$P_4 = \frac{P_3}{r^k} = 450 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_1}{P_4} = \frac{T_1}{T_4} \Rightarrow \frac{100}{450} = \frac{300}{T_4} \Rightarrow T_4 = 1350 \text{ K}$$

$$\mathbf{d)} \quad q_{giren} = 1800 \text{ kJ/kg} \quad , \quad q_{çıkan} = u_4 - u_1 = C_v * (T_4 - T_1) \Rightarrow q_{çıkan} = 0.718 * (1350 - 300)$$

$$q_{çıkan} = 754 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{net} = q_{giren} - q_{çıkan} = 1800 - 754 = 1046 \text{ kJ/kg}$$