

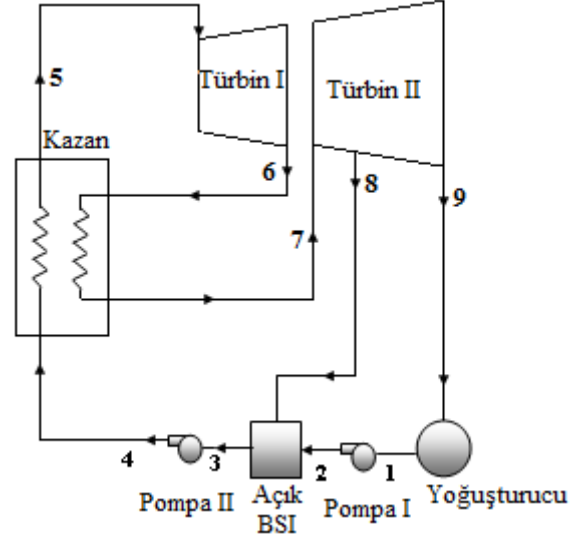
2009-2010 BAHAR YARIYILI
YARIYIL SONU SINAVI

Soru 1) Soğuk hava standardına göre gerçekleşen ideal bir otto çevriminde, sıkıştırma işlemi başlangıcında (1. hali) hava $T_1=300$ K sıcaklıkta, $P_1=100$ kPa basınçta. Hacimsel sıkıştırma oranı 8 olup, çevrimin en yüksek sıcaklığı $T_3=1760$ K'dir. Çevrime ısı geçişinin 2600 K sıcaklıkta bir kaynaktan olduğunu kabul ederek, birim hava kütlesi için;

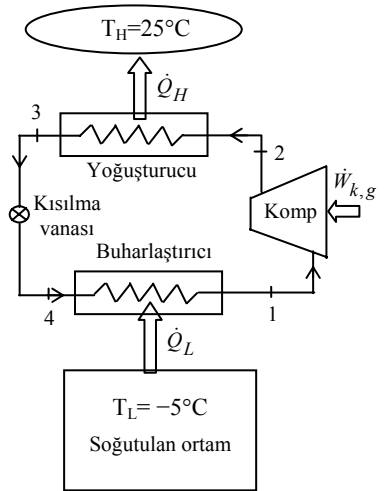
(a) çevrimin her noktasında sıcaklık ve basıncı, (b) çevrime ısı geçişini, (c) sıkıştırma ve genişleme işlemleri sırasında yapılan işleri, (d) çevrimin verimini, (e) çevrime ısı geçişi (2-3) sırasında, havanın (sistemin) entropi değişimini ve entropi üretimini (toplam entropi değişimi) hesaplayınız.

Soru 2-) Buharlı bir güç santrali, bir adet açık besleme suyu ısıtıcısı olan ideal ara buhar almalı, ara ısıtmalı Rankine çevrimine göre çalışmaktadır. Kazan basıncı 10 MPa, yoğuşturucu basıncı 15 kPa, ara ısıtma basıncı 1 MPa ve besleme suyu ısıtıcısı basıncı 0.6 MPa'dır. Su buharı türbinin her iki kademesine de 500 C sıcaklıkta girmektedir.

(a) Çevrimi doymuş sıvı ve doymuş buhar eğrilerinin de yer aldığı bir T-s diyagramında gösteriniz.
(b) Türbinden besleme suyunu ısıtmak için ayrılan buhar kütlesinin yüksek basınç türbinine giren buhar kütlesine oranını ve,
(c) Çevrimin ısı verimini bulunuz.



Soru 3) Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimine göre çalışan bir soğutma makinesinde, soğutucu akışkan-134a, adyabatik kompresöre 180 kPa basınç ve -10°C sıcaklıkta girmekte, 800 kPa basınç ve 50°C sıcaklıkta çıkmaktadır. Soğutucu akışkan yoğuşturucudan 800 kPa basınç ve 28°C sıcaklıkta çıkmakta ve daha sonra 180 kPa buharlaştırıcı basıncına kısılmaktadır. Soğutucu akışkanın debisi 0.036 kg/s'dir. Çevrimi, doymuş sıvı ve doymuş buhar eğrilerinin de yer aldığı bir T-s diyagramında gösteriniz. Ayrıca, (a) Kompresörü çalıştırmak için gerekli gücü ve kompresörün adyabatik verimini (izantropik verimini) (b) Soğutulan ortamdaki birim zamanda çekilen ısıyı ve soğutma makinesinin etkinlik katsayısını (soğutma tesir katsayısını), (c) kısılma işlemi sırasında entropi üretimini hesaplayınız. (d) Soğutma makinesi -5°C sıcaklıkta bir ortamdan ısı alarak 25°C sıcaklıktaki çevre ortama ısı verdiği göre, bu kaynak sıcaklıkları arasında çalışan bir soğutma makinesinin etkinlik katsayısı maksimum ne olabilir?



Soru 4) Net gücü 4 MW olan bir gaz türbin santrali, havayla çalışan basit Brayton çevrimine göre çözümlenecektir. Hava türbine 1.4 MPa basınç ve 1000 K sıcaklıkta girmekte, 200 kPa basınç ve 620 K sıcaklıkta çıkmaktadır. Adyabatik verimi %85 olan kompresöre hava 300 K sıcaklıkta girmektedir. Özgül ısıların sıcaklıkla değişimini gözönüne alarak, (a) kompresör çıkışındaki hava sıcaklığını, (b) birim kütle debisi başına kompresör ve türbinin işlerini, çevrime giren ısıyı (c) havanın kütle debisini (d) çevrimin verimini (e) türbindeki entropi üretimini hesaplayın.

Süre : 120 dakika

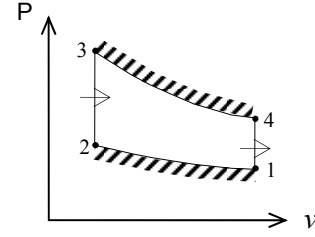
Ders notları ve kitaplar kapalıdır. Sınavda kullanılacak Tablolar size verilecektir.

A4 boyutunda bir formül kağıdı kullanılabilir. Formül kağıdında konu anlatımı ve problem çözümü bulunamaz.

Soru 1) Soğuk hava standardına göre gerçekleşen ideal bir otto çevriminde, sıkıştırma işlemi başlangıcında (1. hali) hava $T_1=300$ K sıcaklıkta, $P_1=100$ kPa basınçta. Hacimsel sıkıştırma oranı 8 olup, çevrimin en yüksek sıcaklığı $T_3=1760$ K'dir. Çevrime ısı geçişinin 2600 K sıcaklıkta bir kaynaktan olduğunu kabul ederek, birim hava kütlesi için;

- (a) çevrimin her noktasında sıcaklık ve basıncı,
- (b) çevrime ısı geçişini
- (c) sıkıştırma ve genişleme işlemleri sırasında yapılan işleri,
- (d) çevrimin verimini,
- (e) çevrime ısı geçişi (2-3) sırasında, havanın (sistemin) entropi değişimini ve entropi üretimini (toplam entropi değişimi) hesaplayınız.

$$C_p = 1.005, C_v = 0.718 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}, k = 1.4$$



$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k = 8^{1.4} = 18.38 \rightarrow P_2 = 1838 \text{ kPa}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} = 8^{0.4} = 2.3 \rightarrow T_2 = 689.8 \text{ K}$$

$$T_3 = 1760 \text{ K}, P_3 = \frac{T_3}{T_2} P_2 = \frac{1760}{689.8} 1838 = 4689.6 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{v_4}{v_3}\right)^k = 8^{1.4} = 18.38 \rightarrow P_4 = \frac{4689.6}{18.38} = 255.1 \text{ kPa}, \quad \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_3}\right)^{k-1} = 8^{0.4} = 2.3 \rightarrow T_4 = \frac{1760}{2.3} = 765.2 \text{ K}$$

2-3 Isı geçişi 1. yasa ($\Delta ke=0, \Delta pe=0$)

$$q_{23} - w_{23}^{\text{net}} = u_3 - u_2 = c_v (T_3 - T_2) = 0.718(1760 - 689.8) = 768.4 \text{ kJ/kg}$$

3-4 Genişleme 1. yasa ($\Delta ke=0, \Delta pe=0$)

$$q_{34}^{\text{net}} - w_{34} = u_4 - u_3 = c_v (T_4 - T_3) \rightarrow w_{34} = 0.718(1760 - 765.2) = 714.43 \text{ kJ/kg}$$

1-2 sıkıştırma 1. yasa ($\Delta ke=0, \Delta pe=0$)

$$q_{12}^{\text{net}} - w_{12} = u_2 - u_1 = c_v (T_2 - T_1) \rightarrow w_{12} = -0.718(689.8 - 300) = -279.9 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{\text{net}} = 714.3 - 279.9 = 434.4 \text{ kJ/kg} \quad \eta_{\text{th}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_{\text{in}}} = \frac{434.4}{768.4} = 0.565$$

$$s_3 - s_2 = c_{v0} \ln \frac{T_3}{T_2} + R \ln \frac{v_3}{v_2} = c_{v0} \ln \frac{T_3}{T_2} = 0.718 \ln \frac{1760}{689.8} = 0.67253 \text{ kJ/kgK}$$

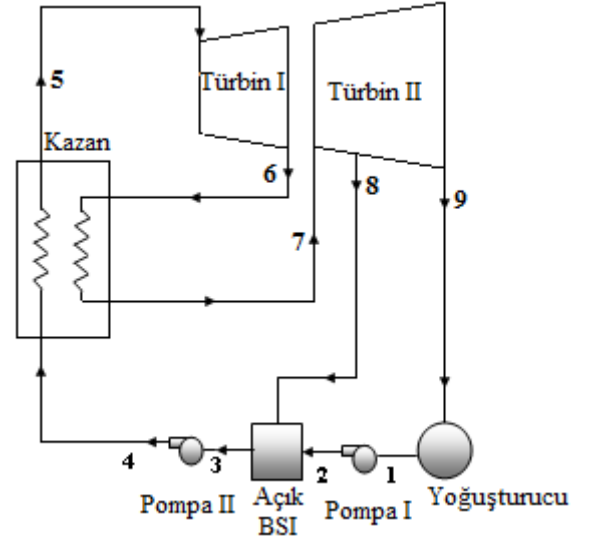
2-3 Isı geçişi 2. yasa ($\Delta ke=0, \Delta pe=0$) (sistem ve kaynak için)

$$(s_3 - s_2) + (\Delta s)_R = 0 + s_{\text{uretim}} \rightarrow (s_3 - s_2) = \frac{q_H}{T_R} + s_{\text{uretim}}$$

$$s_{\text{uretim}} = 0.67253 - \frac{768.4}{2600} = 0.67253 - 0.29554 = 0.377 \text{ kJ/kgK}$$

Soru 2) Buharlı bir güç santrali, bir adet açık besleme suyu ısıtıcısı olan ideal ara buhar almalı, ara ısıtmalı Rankine çevrimine göre çalışmaktadır. Kazan basıncı 10 MPa, yoğuşturucu basıncı 15 kPa, ara ısıtma basıncı 1 MPa ve besleme suyu ısıtıcısı basıncı 0.6 MPa'dır. Su buharı türbinin her iki kademesine de 500 C sıcaklıkta girmektedir.

- Çevrimi doymuş sıvı ve doymuş buhar eğrilerinin de yer aldığı bir T-s diyagramında gösteriniz.
- Türbinden besleme suyunu ısıtmak için ayrılan buhar kütlelerinin yüksek basınç türbinine giren buhar kütlelerine oranını ve,
- Çevrimin ısı verimini bulunuz.



Çözüm:

b)

$$h_1 = h_{f@15kPa} = 225.94 \text{ kJ/kg}$$

$$v_1 = v_{f@15kPa} = 0.001014 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$w_{pI} = v_1 (P_2 - P_1) = (0.001014)(600 - 15) = 0.59 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = h_1 + w_{pI} = 225.94 + 0.59 = 226.53 \text{ kJ/kg}$$

$$P_3 = 0.6 \text{ MPa} \quad \left. \begin{array}{l} h_3 = h_{f@0.6MPa} = 670.38 \text{ kJ/kg} \\ v_3 = v_{f@0.6MPa} = 0.001101 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\} \text{Doymuş sıvı}$$

$$w_{pII} = v_3 (P_4 - P_3) = (0.001101)(10000 - 600) = 10.35 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = h_3 + w_{pII} = 670.56 + 10.35 = 680.91 \text{ kJ/kg}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_5 = 10 \text{ MPa} \\ T_5 = 500^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_5 = 3375.1 \text{ kJ/kg} \\ s_5 = 6.5995 \text{ kJ/kgK} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} P_6 = 1 \text{ MPa} \\ s_6 = s_5 \end{array} \right\} h_6 = 2782.8 \text{ kJ/kg}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_7 = 1 \text{ MPa} \\ T_7 = 500^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_7 = 3479.1 \text{ kJ/kg} \\ s_7 = 7.7642 \text{ kJ/kgK} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} P_8 = 0.6 \text{ MPa} \\ s_8 = s_7 \end{array} \right\} h_8 = 3309.5 \text{ kJ/kg}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_9 = 15 \text{ kPa} \\ s_9 = s_7 \end{array} \right\} \begin{array}{l} x_9 = \frac{s_9 - s_f}{s_{fg}} = \frac{7.7642 - 0.7549}{7.2522} = 0.9660 \\ h_9 = h_f + x_9 h_{fg} = 225.94 + (0.9660)(2373.1) = 2518.4 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

Açık BSI için 1. yasa:

$$\dot{m}_8 h_8 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 \quad \rightarrow \quad y h_8 + (1-y) h_2 = h_3 \quad y = \dot{m}_8 / \dot{m}_3$$

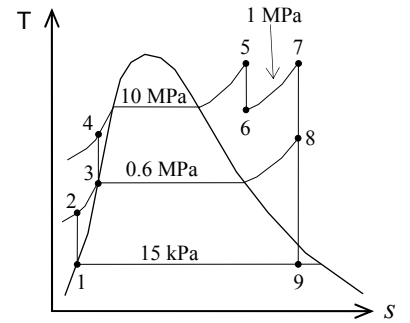
$$y = \frac{h_3 - h_2}{h_8 - h_2} = \frac{670.38 - 226.53}{3309.5 - 226.53} = 0.1440$$

c)

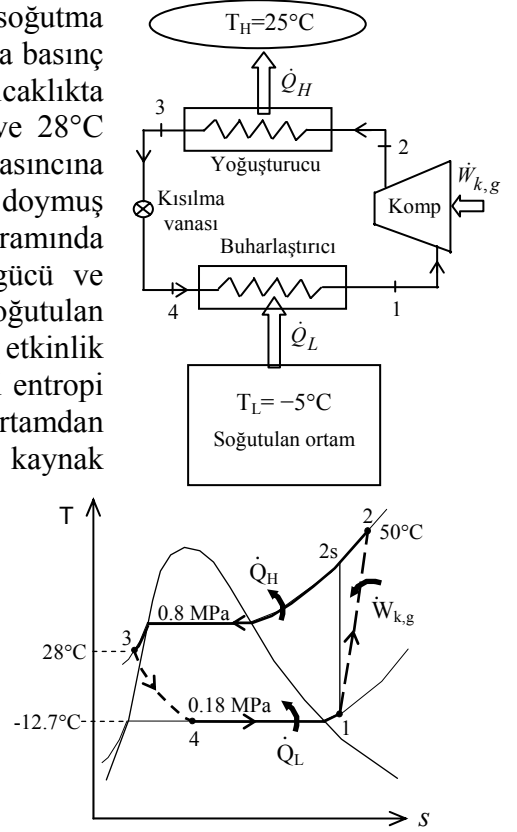
$$q_g = (h_5 - h_4) + (h_7 - h_6) = (3375.1 - 680.91) + (3479.1 - 2782.8) = 3390.5 \text{ kJ/kg}$$

$$q_c = (1-y)(h_9 - h_1) = (1-0.1440)(2518.4 - 225.94) = 1962.3 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{q_c}{q_g} = 1 - \frac{1962.3}{3390.5} = \%42.1$$



Soru 3) Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimine göre çalışan bir soğutma makinesinde, soğutucu akışkan-134a, adyabatik kompresöre 180 kPa basınç ve -10°C sıcaklıkta girmekte, 800 kPa basınç ve 50°C sıcaklıkta çıkmaktadır. Soğutucu akışkan yoğusturucudan 800 kPa basınç ve 28°C sıcaklıkta çıkmakta ve daha sonra 180 kPa buharlaştırıcı basıncına kısılmaktadır. Soğutucu akışkanın debisi 0.036 kg/s 'dir. Çevrimi, doymuş sıvı ve doymuş buhar eğrilerinin de yer aldığı bir $T-s$ diyagramında gösteriniz. Ayrıca, **a)** Kompresörü çalıştırmak için gerekli gücü ve kompresörün adyabatik verimini (izantropik verimini) **b)** Soğutulan ortamdaki birim zamanda çekilen ısıyı ve soğutma makinesinin etkinlik katsayısını (soğutma tesir katsayısını), **c)** kısılma işlemi sırasındaki entropi üretimini hesaplayınız. **d)** Soğutma makinesi -5°C sıcaklıkta bir ortamdan ısı alarak 25°C sıcaklıktaki çevre ortama ısı verdiği göre, bu kaynak sıcaklıkları arasında çalışan bir soğutma makinesinin etkinlik katsayısı maksimum ne olabilir?



$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 180 \text{ kPa} \\ T_1 = -10^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} h_1 = 245.16 \text{ kJ/kg}, \quad s_1 = 0.9484 \text{ kJ/kg-K}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 800 \text{ kPa} \\ T_2 = 50^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} h_2 = 286.69 \text{ kJ/kg}, \quad s_2 = 0.9802 \text{ kJ/kg-K}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = 800 \text{ kPa} \\ T_3 = 28^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} h_3 \cong h_{f,28^{\circ}\text{C}} = 90.69 \text{ kJ/kg}, \quad s_3 \cong s_{f,28^{\circ}\text{C}} = 0.33846 \text{ kJ/kg-K}$$

$$h_4 \cong h_3 = 90.69 \text{ kJ/kg} \quad (\text{kısılma})$$

$$\left. \begin{array}{l} P_4 = 180 \text{ kPa} \\ h_4 = 90.69 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} x_4 = \frac{h_4 - h_f}{h_g - h_f} = \frac{90.69 - 34.97}{242.86 - 34.97} = 0.268$$

$$s_4 = s_f + x_4(s_g - s_f) = 0.14139 + 0.268 \times (0.93965 - 0.14139) = 0.3553 \text{ kJ/kg-K}$$

$$(a) \text{ Kompresör gücü: } \dot{Q}^{\text{70}} - \dot{W}_k = \dot{m}_{\text{SA}} [(h_2 - h_1) + \Delta ke^{\text{70}} + \Delta pe^{\text{70}}]$$

$$\dot{W}_{k,g} = \dot{m}_{\text{SA}} (h_2 - h_1) = 0.036 \times (286.69 - 245.16) = 0.036 \times 41.53 = 1.5 \text{ kW}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{2s} = 800 \text{ kPa} \\ s_{2s} = s_1 = 0.9484 \text{ kJ/kg-K} \end{array} \right\} h_{2s} \cong 276.45 \text{ kJ/kg}, \quad (T_{2s} \cong 40^{\circ}\text{C})$$

Kompresörün adyabatik verimi (Kompresörün izantropik verimi):

$$\eta_{\text{ks}} = \frac{w_{\text{ks,g}}}{w_{k,g}} = \frac{(h_{2s} - h_1)}{(h_2 - h_1)} = \frac{(276.45 - 245.16)}{(286.69 - 245.16)} = \frac{31.24}{41.53} = 0.753$$

$$(b) \text{ Soğutulan ortamdaki birim zamanda çekilen ısı: } \dot{Q} - \dot{W}^{\text{70}} = \dot{m}_{\text{SA}} [(h_1 - h_4) + \Delta ke^{\text{70}} + \Delta pe^{\text{70}}]$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_{\text{SA}} (h_1 - h_4) = 0.036 \times (245.16 - 90.69) = 0.036 \times 154.47 = 5.56 \text{ kW}$$

$$\text{Soğutma makinesinin etkinlik katsayısı (Soğutma Tesir Katsayısı), } \text{COP}_{\text{SM}} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{net,g}}} = \frac{5.56}{1.5} = 3.71$$

$$(c) \text{ Kısılma vanasındaki entropi üretimi } \dot{S}_{\text{üretim}} = \sum \dot{m}_c s_c - \sum \dot{m}_g s_g + \sum \frac{\dot{Q}_R}{T_R} = \dot{m}_{\text{SA}} (s_4 - s_3) + \frac{\dot{Q}_{\text{çevre}}}{T_{\text{çevre}}}$$

$$\dot{S}_{\text{üretim}} = 0.036 \times (0.3553 - 0.33846) = 0.036 \times 0.01684 = 0.000606 \text{ kW/K}$$

$$(d) \text{ COP}_{\text{SM,tr}} = \left(\frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{net,g}}} \right)_{\text{tr}} = \frac{1}{(\dot{Q}_H / \dot{Q}_L)_{\text{tr}} - 1} = \frac{1}{(T_H / T_L) - 1} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{268}{298 - 268} = 8.93$$

Soru 4) Net gücü 4 MW olan bir gaz türbin santrali, havayla çalışan basit Brayton çevrimine göre çözümlenecektir. Hava türbine 1.4 MPa basınç ve 1000 K sıcaklıkta girmekte, 200 kPa basınç ve 620 K sıcaklıkta çıkmaktadır. Adyabatik verimi %85 olan kompresöre hava 300 K sıcaklıkta girmektedir. *Özgül ısıların sıcaklıkla değişimini gözönüne alarak*, (a) kompresör çıkışındaki hava sıcaklığını, (b) birim kütle debisi başına kompresör ve türbinin işlerini, çevrime giren ısıyı (c) havanın kütle debisini (d) çevrimin verimini (e) türbindeki entropi üretimini hesaplayın.

Çözüm:

$$(a) r_p = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_3}{P_4} = \frac{1400}{200} = 7, \quad T_1 = 300K \longrightarrow h_1 = 300.19kJ/kg, P_{r1} = 1.386$$

Kompresör izentropik olsaydı

$$P_{r2} = P_{r1} \times 7 = 1.386 \times 7 = 9.702 \rightarrow T_{2s} \cong 520K, \quad h_{2s} \cong 523.63kJ/kg$$

$$\text{Kompresörün izentropik verimi } \eta_k = \frac{w_{k,s}}{w_k} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \rightarrow h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_k}$$

$$h_2 = 300.19 + \frac{523.63 - 300.19}{0.85} = 563.06kJ/kg, \rightarrow T_2 \cong 558K$$

$$(b) \text{ Adyabatik gerçek kompresör işi } w_k = h_2 - h_1 = 563.06 - 300.19 = 262.87 kJ/kg$$

$$T_3 = 1000K \longrightarrow h_3 = 1046.04kJ/kg, \quad T_4 = 620K \longrightarrow h_4 = 628.07kJ/kg$$

$$s_3^0 = 2.9677kJ/kgK, \quad s_4^0 = 2.44356kJ/kgK$$

$$\text{Adyabatik gerçek türbin işi } w_t = h_3 - h_4 = 1046.04 - 628.07 = 417.97 kJ/kg$$

$$\text{Birim kütle başına net iş } w_{net} = w_t - w_k = 417.97 - 262.87 = 155.1 kJ/kg$$

$$(c) \text{ Hava debisi } \dot{m} = \frac{\dot{W}_{net}}{w_{net}} = \frac{4000}{155.1} = 25.79 kg/s$$

$$q_H = h_3 - h_2 = 1046.04 - 563.06 = 482.98kJ/kg$$

$$(d) \text{ Çevrimin ısı verimi } \eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_H} = \frac{155.1}{482.98} = 0.321 = \%32.1$$

(e) Türbindeki entropi değişimi

$$\dot{m}(s_4 - s_3) = \dot{m} \left[s_4^0 - s_3^0 - R \ln \frac{P_4}{P_3} \right] = 25.79 [2.44356 - 2.9677 - 0.287 \ln(1/7)] = 0.8855kW/K$$

$$\text{Türbin için 2 yasa } \dot{m}(s_4 - s_3) = 0 + \dot{S}_{\dot{U}RE} \rightarrow \dot{S}_{\dot{U}RE} = +0.8855kW/K$$

[NOT: Türbin izentropik olsaydı $P_{r4} = P_{r3} / 7 = 114/7 = 16.2857 \rightarrow T_{4s} \cong 600K, \quad h_{4s} \cong 607.02kJ/kg$

$$\text{Türbinin izentropik verimi } \eta_t = \frac{w_t}{w_{t,s}} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}} = \frac{1046.04 - 628.07}{1046.04 - 607.02} = 0.952 \quad |$$