

T.C.  
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ  
ESM-202 TERMODİNAMİK-II 1.VİZE SINAV SORULARI

06.04.2016

1. Ara ısıtmalı Rankine çevrimine göre çalışan buharlı bir güç santralinin net gücü 80 MW'tır. Buhar yüksek basınç türbinine 10 MPa ve 500 °C, alçak basınç türbinine ise 1 MPa ve 500 °C koşullarında girmekte; yoğuşturucudan 10 kPa basınçta doymuş sıvı olarak çıkmaktadır. Türbinin ve pompanın izantropik olduğu varsayılarak,

- a) (10P) Rankine çevriminin şeklini çizin ve T-s diyagramında gösteriniz,
- b) (5P) Türbin çıkışındaki buharın kuruluk derecesini (veya eğer kızgın buhar bölgesindeyse sıcaklığını),
- c) (15P) Çevrimin ısı verimini ve
- d) (5P) Buharın kütleli debisini belirleyiniz.

2. Bir tepkili uçak, ortam basıncının 32 kPa ve ortam sıcaklığının -32 °C olduğu 9150 m yükseklikte 320 m/s hızla uçmaktadır. Kompresörün basınç oranı 12, türbin girişindeki sıcaklık 1400 K ve hava kompresöre 60 kg/s debiyle girmektedir. Kompresör, türbin ve lülenin izantropik verimlerinin yüzde 100 olduğunu ve havanın oda sıcaklığındaki özgül ısılarının sabit olduğunu varsayarak,

- a) (15P) Egzoz gazlarının hızını,
- b) (15P) Üretilen tepki gücünü ve
- c) (5P) Jet yakıtının ısı değeri (YID) 42700 kJ/kg olduğuna göre birim zamanda tüketilen yakıt kütleli hesaplayınız ( $\dot{Q} = \dot{m}_{\text{yakıt}} \cdot \text{YID}$ ).

3. İdeal bir otto çevriminin sıkıştırma oranı 8'dir. Sıkıştırma işleminin başlangıcında havanın basıncı 95 kPa, sıcaklığı 27 °C olup, sabit hacimde çevrime ısı girişi 750 kJ/kg'dır. Bu durumda,

- a) (10P) Çevrime ısı girişi sonunda sıcaklık ve basıncı,
- b) (10P) Çevrimin ısı verimini,  
Çevrime 2000 K sıcaklıktaki bir kaynaktan ısı girişi ve çevrimden 300 K sıcaklıktaki çevreye ısı atılması durumunda,
- c) (5P) Toplam ekserji yok oluşunu ve
- d) (5P) Güç strokunun sonundaki ekserjiyi hesaplayınız.



Prof. Dr. H. Mehmet ŞAHİN

Başarılar Dilerim...

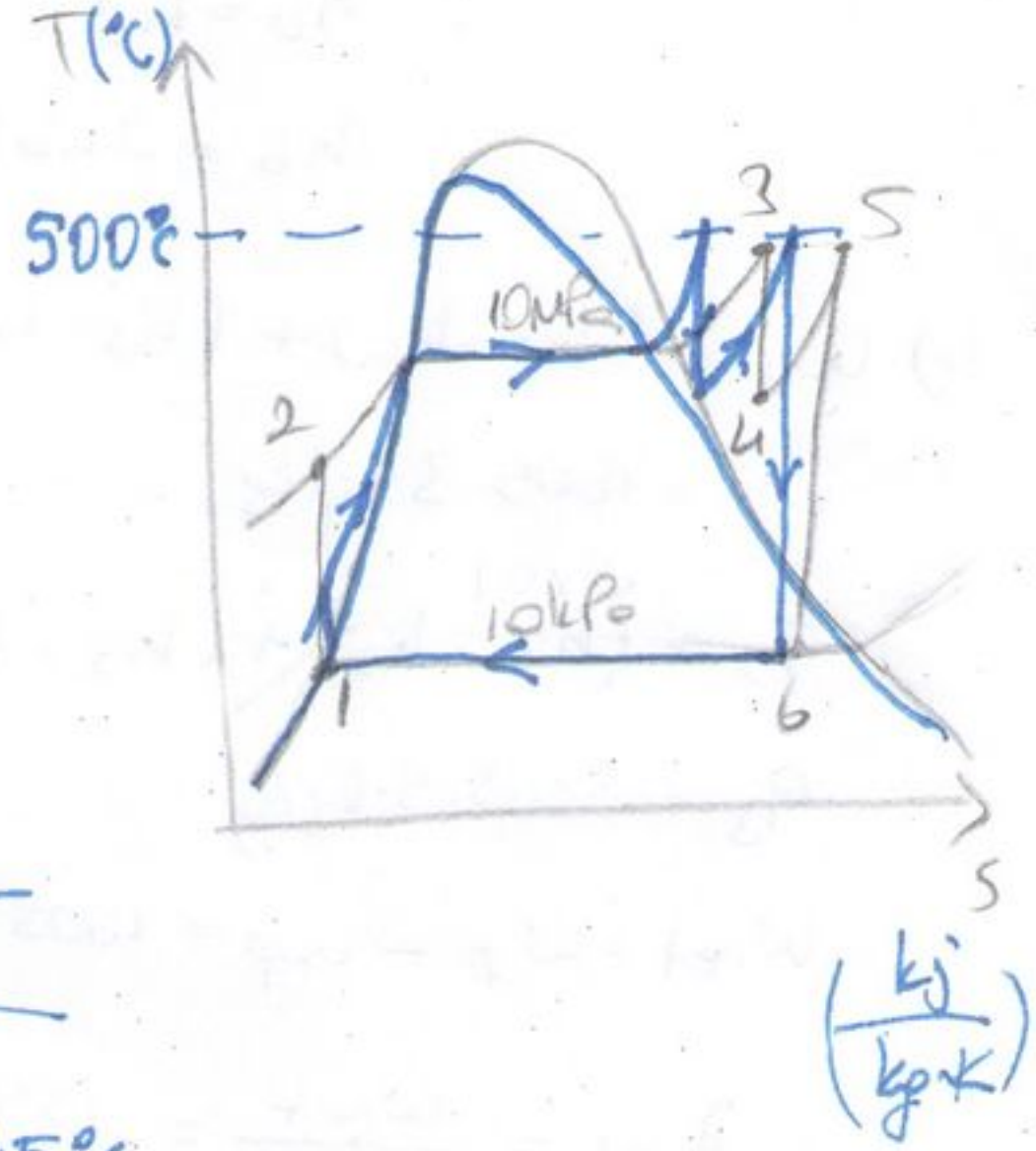
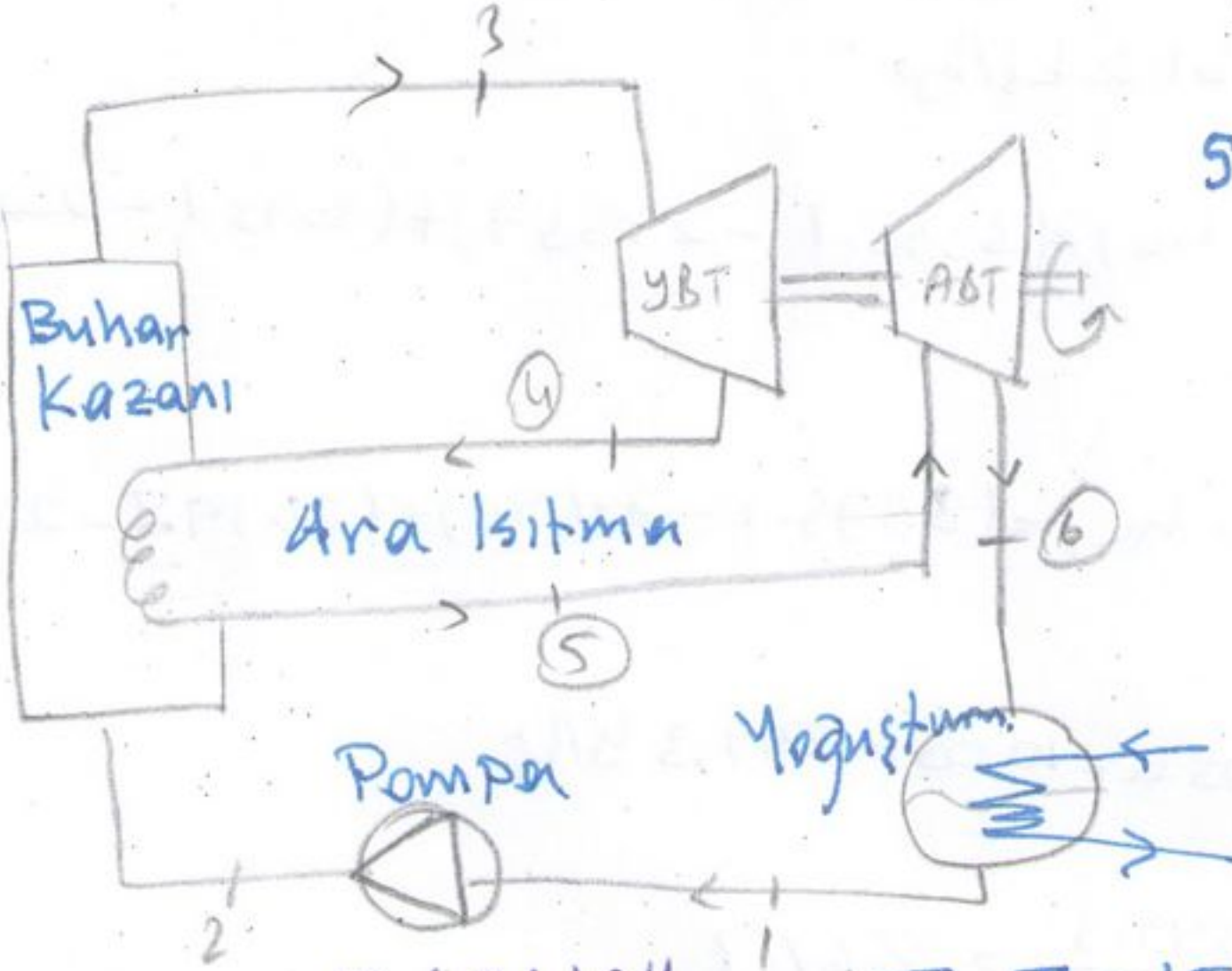
Sınav süresi 75 dakikadır.

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**  
**SINAV KAĞIDI**

Adı ve Soyadı : .....  
Fakülte No / Sınıfı : .....  
Dersin Adı : .....  
Mühendislik Programı : .....

Sınav Tarihi : ...../...../.....  
Verilen Not : .....  
Öğretim Elemanının İmzası : .....

Cevap 1:



a)  $h_1 = h_f @ 10 \text{ kPa} = 191.81 \text{ kJ/kg}$ ,  $T_1 = T_6 = 45^\circ\text{C}$

$v_1 = v_f @ 10 \text{ kPa} = 0.00101 \text{ m}^3/\text{kg}$

$w_p = v_1(p_2 - p_1) = (0.00101)(10000 - 10 \text{ kPa}) \left( \frac{1 \text{ kJ}}{1 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3} \right) = 10.09 \text{ kJ/kg}$

$h_2 = h_1 + w_p = 191.81 + 10.09 = 201.90 \text{ kJ/kg}$

$p_3 = 10 \text{ MPa}$   
 $T_3 = 500^\circ\text{C}$  }  $h_3 = 3375.1 \text{ kJ/kg}$   
 $s_3 = 6.5855 \text{ kJ/kgK}$

$$\left. \begin{array}{l} P_u = 1 \text{ MPa} \\ S_3 = S_u \end{array} \right\} h_u = 2783.8 \text{ kJ/kg}, \quad T_4 =$$

$$\left. \begin{array}{l} P_5 = 1 \text{ MPa} \\ T_5 = 500^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_5 = 3478.1 \text{ kJ/kg} \\ s_5 = 7.7642 \text{ kJ/kgK} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_6 = 10 \text{ kPa} \\ S_6 = S_5 \end{array} \right\} x_6 = \frac{s_6 - s_f}{s_{fg}} = \frac{7.7642 - 0.6492}{7.4986} = 0.9487$$

$$h_6 = h_f + x_6 h_{fg} = 191.81 + (0.9487)(2392.1)$$

$$h_6 = 2461.2 \text{ kJ/kg}$$

$$b) w_T = (h_3 - h_u) + (h_5 - h_6) = (3375.1 - 2783.7) + (3478.1 - 2461.2)$$

$$w_T = 1608.3 \text{ kJ/kg}$$

$$q_g = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_u) = (3375.1 - 201.90) + (3478.1 - 2783.7)$$

$$q_g = 3868.5 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{\text{net}} = w_T - w_p = 1608.4 - 10.08 = 1599.3 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_g} = \frac{1599.3}{3868.5} = 41.3\%$$

$$c) \dot{m} = \frac{\dot{w}_{\text{net}}}{w_{\text{net}}} = \frac{80000 \text{ kJ/s}}{1599.3 \text{ kJ/kg}} = 50.0 \text{ kg/s}$$

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**  
**SINAV KAĞIDI**

Adı ve Soyadı : .....  
Fakülte No / Sınıfı : .....  
Dersin Adı : .....  
Mühendislik Programı : .....

Sınav Tarihi : ...../...../.....  
Verilen Not : .....  
Öğretim Elemanının İmzası : .....

Cevap 2-)

$$\dot{E}_g - \dot{E}_a = \Delta \dot{E}_{\text{sistem}} \rightarrow \dot{E}_g = \dot{E}_a$$

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2} = h_2 + \frac{V_2^2}{2} \rightarrow h_2 - h_1 = \frac{V_1^2}{2}$$

$$c_p(T_2 - T_1) = \frac{V_1^2}{2}$$

$$T_2 = T_1 + \frac{V_1^2}{2c_p}$$

$$\Rightarrow T_2 = 241 \text{ K} + \frac{(320 \text{ m/s})^2}{2(1.005 \text{ kJ/kg K})} \left( \frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = 291.9 \text{ K}$$

$$P_2 = P_1 \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} = 32 \text{ kPa} \left( \frac{291.9 \text{ K}}{241 \text{ K}} \right)^{1.4/0.4} = 62.6 \text{ kPa}$$

2-3: Kompresörde izentropik sıkıştırma

$$P_3 = P_2 = (c_p)(P_2) = (12)(62.6 \text{ kPa}) = 751.2 \text{ kPa}$$

$$T_3 = T_2 \left( \frac{P_3}{P_2} \right)^{(k-1)/k} = (291.9 \text{ K})(12)^{0.4/1.4} = 593.7 \text{ K}$$

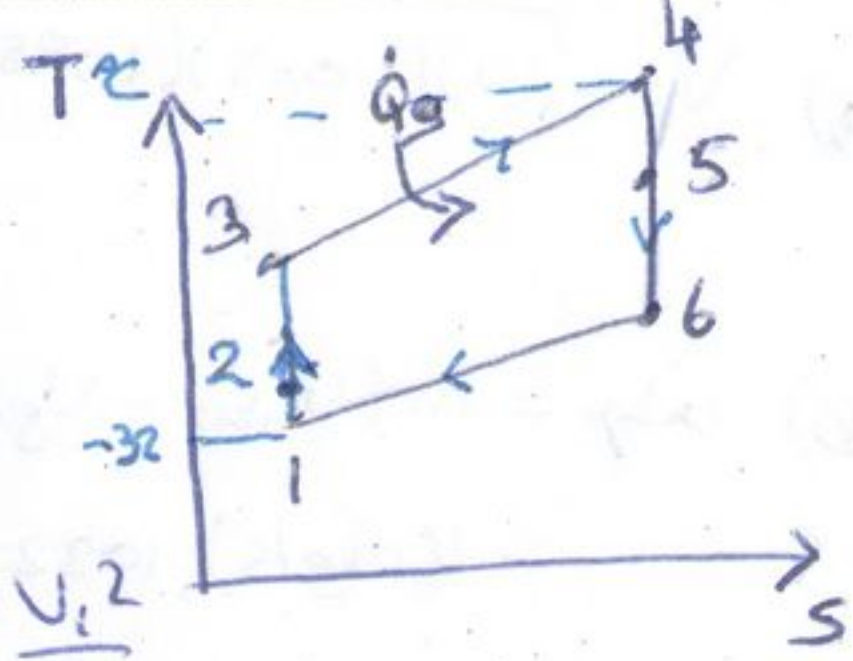
4-5: türbinde izentropik genişleme

$$w_k = w_T$$

$$h_3 - h_2 = h_4 - h_5 \rightarrow c_p(T_3 - T_2) = c_p(T_4 - T_5)$$

$$T_5 = T_4 - T_3 + T_2 = 1400 \text{ K} - 593.7 \text{ K} + 291.9 \text{ K}$$

$$T_5 = 1098.2 \text{ K}$$



$$\text{L\u00f6se: } T_b = T_u \left( \frac{p_b}{p_u} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = (1400 \text{ K}) \left( \frac{32 \text{ kPa}}{751.2 \text{ kPa}} \right)^{0.4/1.4} = 568.2 \text{ K}$$

$$\hat{E}_g = \hat{E}_u$$

$$h_5 + \frac{V_5^2}{2} = h_6 + \frac{V_6^2}{2} \Rightarrow h_6 - h_5 = \frac{V_6^2}{2}$$

$$c_p(T_6 - T_5) + \frac{V_6^2}{2} = 0$$

$$a) V_6 = \sqrt{(2)(1.005)(1098.2 - 568.2) \left( \frac{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2}{1 \text{ kJ/kg}} \right)} = 1032 \text{ m/s}$$

$$b) \dot{W}_T = \dot{m} (V_{6, \text{kin}} - V_{5, \text{kin}}) V_{\text{uek}} \\ = (60 \text{ kg/s})(1032 - 320) \text{ m/s} \left( \frac{1 \text{ kJ/kg}}{1000 \text{ m}^2/\text{s}^2} \right) = 13.670 \text{ kW}$$

$$c) \hat{Q}_g = \dot{m} (h_u - h_3) = \dot{m} c_p (T_u - T_3) = (60 \text{ kg/s})(1.005 \text{ kJ/kgK})(1400 - 573.7) \text{ K}$$

$$\hat{Q}_g = 48.620 \text{ kJ/s}$$

$$\hat{Q}_g = \dot{m}_{\text{ykt}} \cdot y_{\text{ID}}$$

$$\dot{m}_{\text{ykt}} = \frac{\hat{Q}_g}{y_{\text{ID}}} = \frac{48620 \text{ kJ/s}}{42700 \text{ kJ/kg}} = 1.14 \text{ kg/s}$$

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**  
**TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**  
**SINAV KAĞIDI**

Adı ve Soyadı : .....  
Fakülte No / Sınıfı : .....  
Dersin Adı : .....  
Mühendislik Programı : .....

Sınav Tarihi : ...../...../.....  
Verilen Not : .....  
Öğretim Elemanının İmzası : .....

Cevap 3-) Oda sıcaklığındaki ortam  
ısıların sabit verisiyle:

12: izentropik sıkıştırma

$$T_2 = T_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = (300K)(8)^{0.4} = 689K$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow P_2 = \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} P_1 = (8) \left( \frac{689K}{300K} \right) (95kPa) = 1745kPa$$

23: sabit hacimde ısı girişi.

$$\dot{Q}_{23} = u_3 - u_2 = c_v (T_3 - T_2)$$

$$750 kJ/kg = (0.718 kJ/kg \cdot K)(T_3 - 689)K$$

$$T_3 = 1734K$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_3}{T_2}$$

$$P_3 = \frac{T_3}{T_2} P_2 = \left( \frac{1734K}{689K} \right) (1745kPa)$$

$$P_3 = 4392kPa$$

34: izentropik genişleme

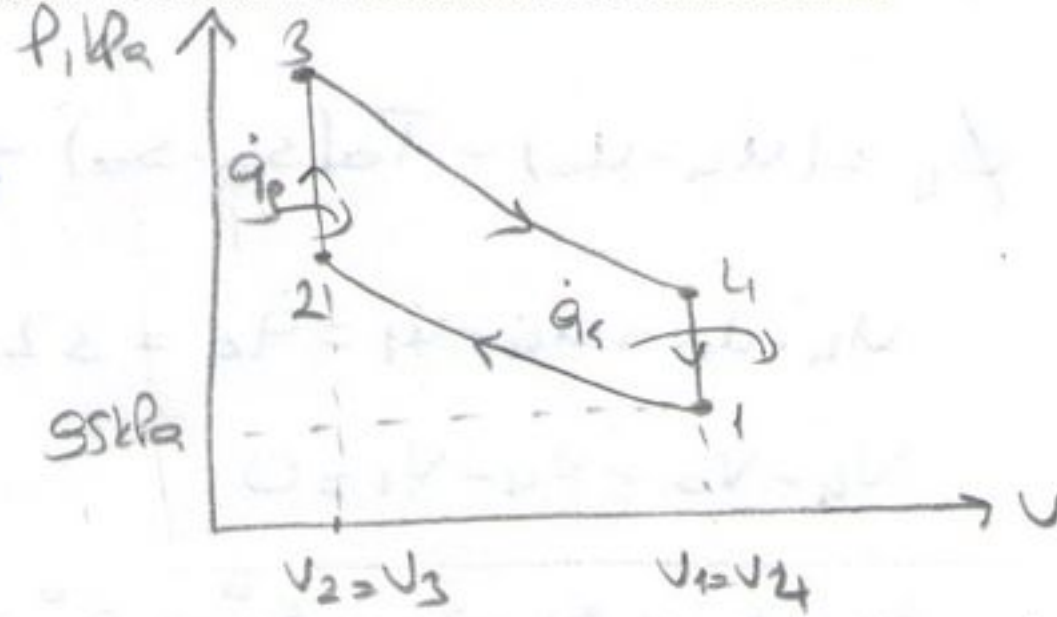
$$T_4 = T_3 \left( \frac{V_3}{V_4} \right)^{\gamma-1} = (1734K) \left( \frac{1}{8} \right)^{0.4} = 755K$$

41: sabit hacimde ısı çıkışı

$$\dot{Q}_4 = u_4 - u_1 = c_v (T_4 - T_1) = (0.718 kJ/kg \cdot K)(755 - 300)K = 327 kJ/kg$$

$$\dot{w}_{net} = \dot{Q}_3 - \dot{Q}_4 = 750 - 327 = 423 kJ/kg$$

$$\eta_{isi} = \frac{\dot{w}_{net}}{\dot{Q}_3} = \frac{423 kJ/kg}{750 kJ/kg} = \% 56.4$$



⇒ Toplam ekserji yok dusu:

$$X_{\text{yokden}} = T_0 \left( \frac{\dot{Q}_C}{T_C} - \frac{\dot{Q}_H}{T_H} \right) = (300\text{K}) \left[ \frac{327\text{ kJ/kg}}{300\text{K}} - \frac{750\text{ kJ/kg}}{2000\text{K}} \right] = \boxed{214.5\text{ kJ/kg}}$$

⇒ G04 strokunun sonundaki ekserji:

$$\phi_4 = (u_4 - u_0) - T_0(s_4 - s_0) + P_0(v_4 - v_0)$$

$$u_4 - u_0 = u_4 - u_1 = \dot{Q}_C = 327\text{ kJ/kg}$$

$$v_4 - v_0 = v_4 - v_1 = 0$$

$$s_4 - s_0 = s_4 - s_1 = s_4^0 - s_1^0 - R \ln \frac{P_4}{P_1} = s_4^0 - s_1^0 - R \ln \frac{T_4 v_1}{T_1 v_4}$$

$$\rightarrow s_4^0 - s_1^0 - R \ln \frac{T_4}{T_1} = 2.6546 - 1.70203 - (0.287) \ln \frac{755}{300} = 0.6877\text{ kJ/kgK}$$

$$\phi_4 = (327\text{ kJ/kg}) - (300\text{K})(0.6877\text{ kJ/kgK}) = \boxed{120.69\text{ kJ/kg}}$$