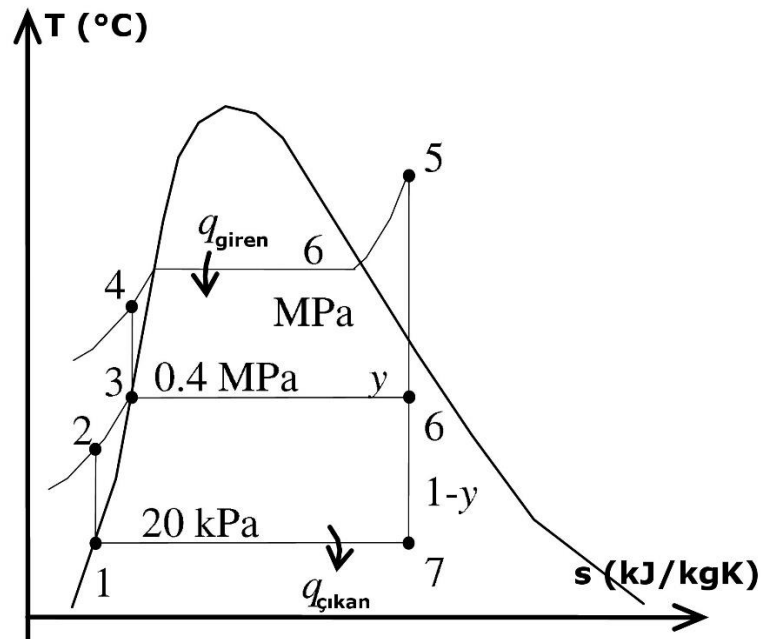
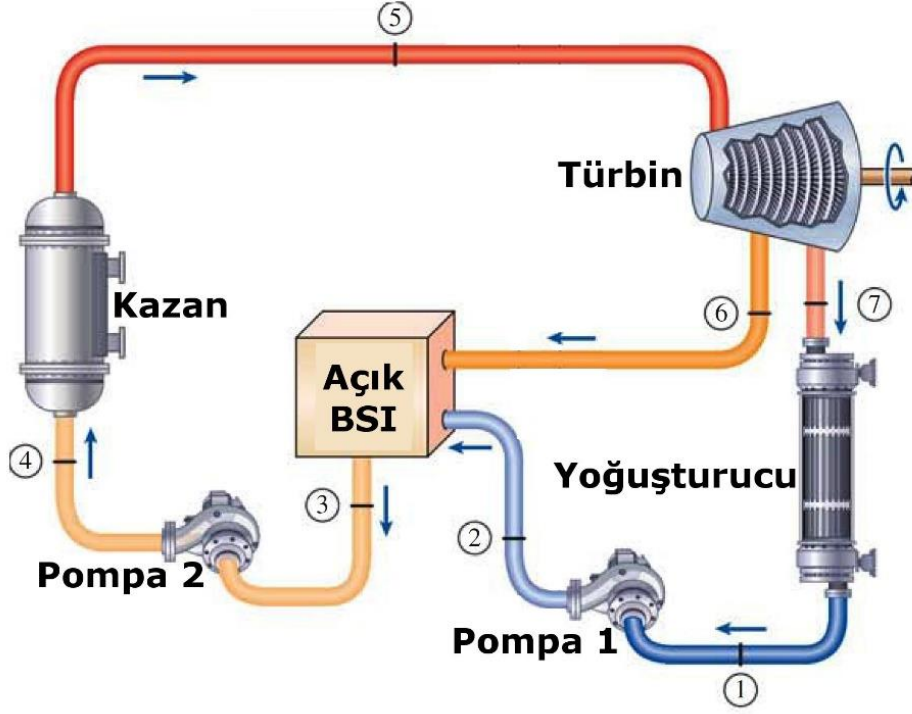


EGE ÜNİVERSİTESİ-MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ-2019-2020 ÖĞRETİM YILI-BAHAR DÖNEMİ
UZAKTAN ÖĞRETİM-TERMODİNAMİK II DERSİ ÖDEV SORUSU ÇÖZÜMÜ

Soru: Şekil ile verildiği gibi buharla güç üreten bir santral, ideal rejeneratif (ara ısıtmalı) Rankine çevrimi ile çalışmaktadır. Buhar türbine **6 MPa** basınç ve **450°C** sıcaklıkta girmekte ve yoğuşturucuda **20 kPa** basınçta yoğuşturulmaktadır. Besleme suyu, açık bir besleme suyu ısıtıcısında ısıtılmakta ve türbinden **0.4 MPa** basınçta çıkmaktadır. Su, açık besleme suyu ısıtıcısından **doymuş sıvı** olarak ayrılmaktadır. Çevrimde oluşan ekserji yıkımını [**kJ/kg**] olarak belirleyiniz. Çevrime ait T (°C)- s (kJ/kgK) diyagramını ayrıntılı olarak çiziniz. (Kaynak sıcaklığını **1350 K** olarak ve kuyu sıcaklığını ise **290 K** olarak alınız).



Gözüm:

* Yoğurturucu girişi ve çıkışında akışkan sabit basınçta ilerleyecektir ve daha önceki soru çözümlerinde ağırlıklı olarak açıklandığı gibi

① numaralı yoğurturucu çıkışındaki özellikler 20 kPa düşük basınç değeri için doymuş sıvı tablosundan alınabilir:

$$\left. \begin{array}{l} 20 \text{ kPa için } h_1 \approx h_{1f} = 251,42 \text{ kJ/kg} \\ \text{(D.S.)} \quad v_1 \approx v_{1f} = 0,001017 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\} \text{Tablodan.}$$

1 numaralı pompanın enerjisi (iş girişi) yine daha önceki soru çözümlerinde ağırlıklı olarak anlatıldığı gibi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$w_{P1, \text{giren}} = v_1 (P_2 - P_1)$$

* 2, 3 ve 6 noktaların basınçları eşittir (Açık BSI'nda basınç sabittir) ve 6 noktasının basıncı $0,4 \text{ MPa} = 400 \text{ kPa}$ olarak verilmiştir. $[P_2 = 400 \text{ kPa}, P_1 = 20 \text{ kPa}]$

$$\begin{aligned} w_{P1, \text{giren}} &= (0,001017 \text{ m}^3/\text{kg}) (400 - 20) \text{ kPa} \\ &= \underline{\underline{0,39 \text{ kJ/kg}}} \end{aligned}$$

Pompa için enerji eşitliği aşağıda verildiği gibi de yazılabilir:

$$w_{P1, \text{giren}} = v_1 (P_2 - P_1) = h_2 - h_1 \quad (\text{kJ/kg})$$

② noktasının özeliği hesabı:

$$\begin{aligned} * h_2 &= h_1 + w_{P1, \text{giren}} = (251,42) + (0,39) \\ &= 251,81 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

③ numaralı noktanın özellikleri:

$$\left. \begin{array}{l} P_3 = P_2 = 0,4 \text{ MPa} \\ \text{D.S.} \end{array} \right\}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_3 \approx h_{f3} = 604,66 \text{ kJ/kg} \\ v_3 \approx v_{f3} = 0,001084 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\} \text{Tablodan}$$

①

Dikkat: Pompa girişleri doymuş sıvı (D.S.) olarak alınmıştır.

$$w_{p,2,giren} = v_3 (P_4 - P_3) \quad (\text{kJ/kg})$$

$$P_5 = P_4 = 6 \text{ MPa} = 6000 \text{ kPa}$$

$$w_{p,2,giren} = (0,001084 \text{ m}^3/\text{kg}) (6000 - 400) \text{ kPa} \\ = \underline{\underline{6,07 \text{ kJ/kg}}}$$

④ numaralı noktanın özellikleri:

$$w_{p,2,giren} = v_3 (P_4 - P_3) = h_4 - h_3$$

$$* h_4 = h_3 + w_{p,2,giren} = (604,66) + (6,07) = 610,73 \text{ kJ/kg}$$

⑤ numaralı noktanın özellikleri:

$$\left. \begin{array}{l} P_5 = 6 \text{ MPa} \\ T_5 = 450^\circ\text{C} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} T_{\text{doymuş},5} = 275,5^\circ\text{C} \\ T_5 > T_{\text{doymuş},5} \Rightarrow \text{Kıyın buhar bölgesi} \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_5 = 3302,9 \text{ kJ/kg} \\ s_5 = 6,7219 \text{ kJ/kgK} \end{array} \right\} \text{Tablodan}$$

Türbinin izantropik verim %100 ise, $s_5 = s_6 = s_7$ olarak alınır.

⑥ numaralı noktanın özellikleri:

$$\left. \begin{array}{l} P_6 = 0,4 \text{ MPa} \\ s_6 = s_5 = 6,7219 \text{ kJ/kgK} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} s_f = 1,7765 \text{ kJ/kgK} \\ s_g = 6,8955 \text{ kJ/kgK} \\ s_f < s_6 < s_g \Rightarrow \text{Islak buhar bölgesi} \end{array}$$

Dikkat: 0,4 MPa'ın yanında birbirinden bağımsız ilahî özellik olarak $s_g = s_5$ alındı. Çünkü soruda Rankine çevrimi "ideal" olarak verilmiştir.

$$s_6 = s_f + x_6 (s_g - s_f)$$

$$6,7219 = 1,7765 + x_6 (6,8955 - 1,7765)$$

$$x_6 = 0,9661 \text{ (Kuru buhar derecesi)}$$

$$h_6 = h_f + x_6 h_{fg} = (604,66) + (0,9661)(2133,4)$$

$$* h_6 = 2665,7 \text{ kJ/kg}$$

②

⑦ numaralı noktanın özellikleri:

$$\left. \begin{array}{l} p_7 = 20 \text{ kPa} \\ s_7 = s_5 \\ = 6,7219 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} s_f = 0,8320 \text{ kJ/kg} \\ s_g = 7,9073 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$s_f < s_7 < s_g \Rightarrow$ Islak buhar bölgesi

$$s_7 = s_f + x_7 s_{fg}$$

$$6,7219 = 0,8320 + x_7 (7,9073 - 0,8320)$$

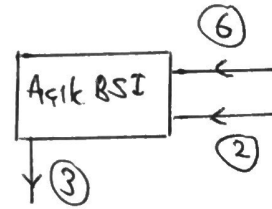
$$x_7 = 0,8325 \text{ (Kuru luk derecesi)}$$

$$h_7 = h_f + x_7 h_{fg} = (251,42 \text{ kJ/kg}) + (0,8325) (2357,5 \text{ kJ/kg})$$

$$h_7 = \underline{\underline{2214,0 \text{ kJ/kg}}}$$

Noktaların özelliklerini belirledikten sonra Açık BSI için enerji dengesi analizi yapılabilir:

(Açık sistem için kütlelik enerji giriş-çıkışı analizi)



$$\begin{array}{c} \dot{E}_{giren} - \dot{E}_{çıkan} = \Delta \dot{E}_{sistem} \\ \swarrow \quad \downarrow \quad \searrow \\ \dot{m}_6 h_6 \quad \dot{m}_3 h_3 \quad \text{"0" (Açık sistemde sürekli'lık)} \\ \dot{m}_2 h_2 \end{array}$$

$$\boxed{\dot{m}_6 h_6 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3} \quad (\text{kW})$$

Kütlelerin korunumu eşitliği: $\boxed{\dot{m}_3 = \dot{m}_6 + \dot{m}_2} \quad (\text{kg/s})$

$$\frac{\dot{m}_6}{\dot{m}_3} h_6 + \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} h_2 = \underbrace{\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_3}}_{=1} h_3$$

$$\boxed{y h_6 + (1-y) h_2 = h_3}$$

$$\frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_3} = \frac{\dot{m}_6}{\dot{m}_3} + \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3}$$

1 y olsun.

$$\frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} = 1-y \text{ olur.}$$

$$\boxed{\frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_3} = 1-y} \quad \textcircled{3}$$

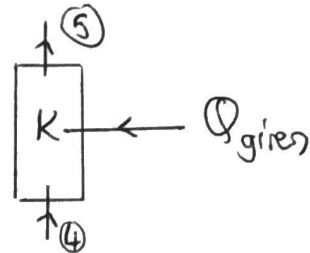
$$y h_6 + h_2 - y h_2 = h_3$$

$$y (h_6 - h_2) = h_3 - h_2 \rightarrow y = \frac{h_3 - h_2}{h_6 - h_2} \rightarrow y = \frac{604,66 - 251,81}{2665,7 - 251,81}$$

$$\boxed{y = 0,1462}$$

Karan için enerji dengesi analizi:

$$\begin{array}{l} E_{giren} - E_{çikan} = \Delta E_{sistem} \\ \downarrow \quad \quad \downarrow \\ \dot{Q}_{giren} \quad m_5 h_5 \\ m_4 h_4 \end{array} \quad \text{"0" (Sürekli akış)}$$



$$\dot{Q}_{giren} = m_5 h_5 - m_4 h_4$$

$$\text{Dikkat: } m_4 = m_5 = m_3 \quad (\text{kg})$$

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_5 = \dot{m}_3 \quad (\text{kg/s})$$

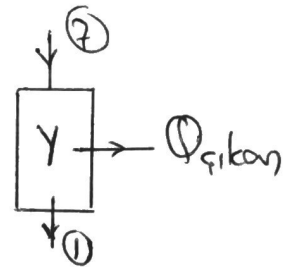
$$\frac{\dot{Q}_{giren}}{m_3} = \frac{m_5}{m_3} h_5 - \frac{m_4}{m_3} h_4$$

$$q_{giren} = h_5 - h_4 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$= 3302,9 - 610,73 = \underline{\underline{2692,2 \text{ kJ/kg}}}$$

Yoğuşturucu için enerji dengesi analizi:

$$\begin{array}{l} E_{giren} - E_{çikan} = \Delta E_{sistem} \\ \downarrow \quad \quad \downarrow \\ m_7 h_7 \quad \dot{Q}_{çikan} \\ m_1 h_1 \end{array} \quad \text{"0" (Sürekli akış)}$$



$$\text{Dikkat: } m_1 = m_2 = m_7 \quad (\text{kg})$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_7 \quad (\text{kg/s})$$

$$\dot{Q}_{çikan} = m_7 h_7 - m_1 h_1$$

$$\frac{\dot{Q}_{çikan}}{m_3} = \left(\frac{m_7}{m_3} \right) h_7 - \left(\frac{m_1}{m_3} \right) h_1$$

$$\frac{m_1}{m_3} = \frac{m_2}{m_3} = 1 - y$$

$$\frac{m_7}{m_3} = \frac{m_2}{m_3} = 1 - y$$

$$q_{çikan} = (1 - y) (h_7 - h_1) \quad (\text{kJ/kg})$$

(4)

Dikkat: m_3 veya $\dot{m}_3$, çevrilediği toplam kütle veya toplam debidir ve enerji hesapları m_3 referansı ile yapılır.

$$q_{fıkan} = (1 - 0,1461)(2214,0 - 251,42) \\ = \underline{\underline{1675,7 \text{ kJ/kg}}}$$

Gevrim için entropi dengesi analizi:

$$\begin{array}{ccc} S_{giren} - S_{fıkan} + S_{şretim} = \Delta S_{sistem} & (\text{kJ/K}) \\ \swarrow \quad \searrow & \downarrow \\ \frac{q_{giren}}{T_{k,giren}} & \frac{q_{fıkan}}{T_{k,fıkan}} \end{array}$$

"0" (Gevrim için sıfırdır)

$$* \begin{cases} T_{k,giren} = 1350 \text{ K} \rightarrow \text{Kaynak sıcaklığı (Kazana enerjinin sağlandığı sıcaklık)} \\ T_{k,fıkan} = 290 \text{ K} \rightarrow \text{Kuyu sıcaklığı (Yoğuştuğundan gelen enerjinin atıldığı sıcaklık)} \end{cases}$$

$$S_{şretim} = \frac{q_{fıkan}}{T_{k,fıkan}} - \frac{q_{giren}}{T_{k,giren}} \quad (\text{kJ/kgK}) \\ = \frac{1675,7 \text{ kJ/kg}}{290 \text{ K}} - \frac{2692,2 \text{ kJ/kg}}{1350 \text{ K}} \\ = \underline{\underline{3,78405 \text{ kJ/kgK}}}$$

Ekserji yıkımı hesabı:

$$X_{yıkım, gevrım} = T_o \cdot S_{şretim} = (290 \text{ K})(3,78405 \text{ kJ/kgK}) \\ = \underline{\underline{1097,4 \text{ kJ/kg}}}$$

Dikkat: Gevre sıcaklığı (özellik hal sıcaklığı) $T_o = T_{k,fıkan}$ alınabilir.

Genim için enerji dengesi analizi:

$$X_{giren} - X_{çikan} - X_{yokolan} = \Delta X_{sistem}$$

"0" (Genim için sıfırdır)

$$X_{giren} \text{ olarak: } q_{giren} \left(1 - \frac{T_0}{T_{k,giren}}\right), W_{P1,giren}, W_{P2,giren}$$

$$X_{çikan} \text{ olarak: } q_{çikan} \left(1 - \frac{T_0}{T_{k,çikan}}\right), W_{T,çikan}$$

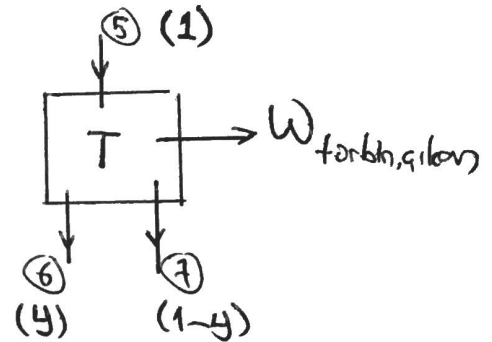
$$W_{T,çikan} = y(h_5 - h_6) + (1-y)(h_5 - h_7) \quad (\text{kJ/kg})$$

↓ Torbin için enerji dengesi analizi sonucu bu eşitlik elde edilir.

$$E_{giren} - E_{çikan} = \Delta E_{sistem}$$

"0" (Sadece akış)

$$m_5 h_5 - m_6 h_6 - m_7 h_7 = W_{T,çikan}$$



$$W_{T,çikan} = m_5 h_5 - m_6 h_6 - m_7 h_7$$

$$\frac{W_{T,çikan}}{m_3} = \frac{m_5}{m_3} h_5 - \frac{m_6}{m_3} h_6 - \frac{m_7}{m_3} h_7$$

$m_5 = m_3$ olduğu için $m_5/m_3 = 1$ y $m_7 = m_2$ olduğu için $m_7/m_3 = 1-y$

$$W_{T,çikan} = h_5 - y h_6 - (1-y) h_7 \quad (\text{kJ/kg})$$

$$= y(h_5 - h_6) + (1-y)(h_5 - h_7)$$

$$= (0,1462)(3302,9 - 2665,7) + (1 - 0,1462)(3302,9 - 2214,0)$$

$$= \underline{\underline{1022,86 \text{ kJ/kg}}}$$

(6)

Ekserji dengesi eşitliğine girilen ve çıkan ekserjiler yerleştirilirse;

$$\dot{q}_{giren} \left(1 - \frac{T_0}{T_{k,giren}}\right) + \dot{w}_{P1,giren} + \dot{w}_{P2,giren} - \dot{q}_{çikan} \left(1 - \frac{T_0}{T_{k,çikan}}\right) - \dot{w}_{torbln,çikan} = \dot{X}_{yikim}$$

$$(2692,2 \text{ kJ/kg}) \left(1 - \frac{290 \text{ K}}{1350 \text{ K}}\right) + (0,39 \text{ kJ/kg}) + (6,07 \text{ kJ/kg}) - (1675,7 \text{ kJ/kg}) \left(1 - \frac{290 \text{ K}}{290 \text{ K}}\right) - (1022,86 \text{ kJ/kg}) = \dot{X}_{yikim}$$

$$\dot{X}_{yikim} = \underline{\underline{1097,47 \text{ kJ/kg}}}$$

Yorum: Ekserji yıkımı; hem entropi dengesinden hem de ekserji dengesinden hesaplanabilir. Entropi dengesi analizi ile daha kısa hesaplama ile istenen sonucu ulaşılabilir.

⊛ Ayrıntılar için: <https://www.facebook.com/groups/termodinamikkolaydir/>