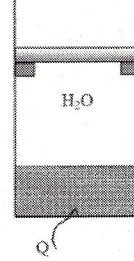


Süre: 100 dak. Sınavda kitap, ders notu vb kullanmak serbest olup not alışverişi yapılmayacaktır.

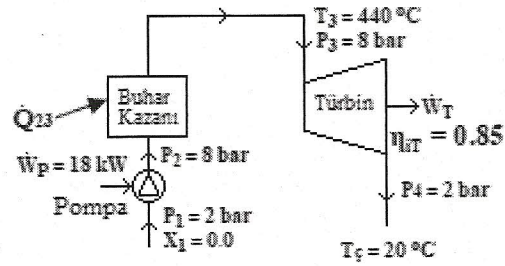
1.(35P): Bir piston-silindir düzeneğinde, başlangıçta 90 kPa basınçta 8 kg doymuş sıvı-buhar karışımı bulunmaktadır. Suyun 3 kg'lık kısmı sıvı fazında geri kalanı ise buhar fazındadır. Bu durumda iken piston durdurucular üzerindedir. Daha sonra sisteme ısı geçişi olmakta ve basınç 200 kPa olduğunda piston hareket etmeye başlamaktadır. Isı geçişi toplam hacim %15 artıncaya kadar sürmektedir. Buna göre;

- İlk ve son haldeki sıcaklıkları bulunuz.
- Piston hareket etmeye başladığı anda eğer sıvı fazı mevcutsa sıvı fazındaki suyun kütlesini bulunuz.
- Hal değişimi sırasında yapılan iş ve ısı geçişlerini hesaplayınız.
- Hal değişimlerini P-v ve T-v diyagramlarında gösteriniz.



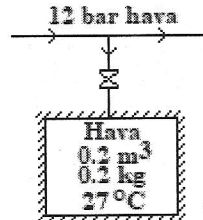
2.(35P): Şekilde verilen tesisatta gücü 18 kW olan ideal bir pompa doymuş sıvı suyu 2 bar basınçtan 8 bar basınçta kazana pompalamaktadır. Kazandan 8 bar basınçta 440 °C sıcaklıkta çıkan akışkan izantropik (iç) verimi 0.85 olan buhar türbinine girmekte ve türbinde 2 bar basınca genişlemektedir. Çevre sıcaklığı 20 °C olduğuna göre;

- Su debisini (kg/s) bulunuz.
- Kazanda yapılan ısı alışverişini (kW) hesaplayınız.
- Türbinden elde edilen işi (kW) hesaplayınız.
- Hal değişimlerini T-s diyagramında gösteriniz.
- Tüm sistemin net (toplam) entropi değişimini hesaplayınız.



3.(30P): 0.2 m³ hacmindeki ısıya yalıtılmış bir depoda 27 °C sıcaklıkta 0.2 kg hava bulunmaktadır. Depo, içinden 12 bar basınçta hava akan bir boruya bağlanmakta ve basıncı 3 bar oluncaya kadar doldurulmaktadır. Bu durumda depodaki havanın sıcaklığı 140 °C olduğuna göre, havayı ideal gaz kabul ederek;

- Kaba giren hava miktarını bulunuz.
- Borudan akan havanın sıcaklığını bulunuz.
- Çevre sıcaklığı 20 °C olduğuna göre net (toplam) entropi değişimini hesaplayınız.



-----0-----

Başarılar.

Soru 1 (35P): SORU: Bir piston-silindir düzeneğinde, başlangıçta 90 kPa basınçta 8 kg doymuş sıvı-buhar karışımı bulunmaktadır. Suyun 3 kg'lık kısmı sıvı fazında geri kalanı ise buhar fazındadır. Bu durumda iken piston durdurucular üzerindedir. Daha sonra sisteme olan ısı geçişi olmakta ve basınç 200 kPa olduğunda piston hareket etmeye başlamaktadır. Isı geçişi toplam hacim %15 artıncaya kadar sürmektedir. Buna göre;

- İlk ve son haldeki sıcaklıkları bulunuz.
- Piston hareket etmeye başladığı anda eğer sıvı fazı mevcutsa sıvı fazındaki suyun kütlesini bulunuz.
- Hal değişimi sırasında yapılan iş ve ısı geçişlerini hesaplayınız
- Hal değişimlerini P-v ve T-v diyagramlarında gösteriniz



Gözüm 1

İlk hal : $P_1 = 90 \text{ kPa}$, $m = 8 \text{ kg}$, $m_b = 5 \text{ kg}$, $m_s = 3 \text{ kg}$
(Doymuş sıvı - buhar)

$P_1 = 90 \text{ kPa} \rightarrow$ Tab.E.8.2

$T_d = 96,713^\circ\text{C}$

$u_s = 311,5 \text{ kJ/kg}$, $u_b = 2502,69 \text{ kJ/kg}$
 $\phi_s = 0,00104$, $\phi_b = 1,869 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$x = \frac{m_b}{m} = \frac{5}{8} = 0,625$$

$$\phi_1 = \phi_s + x(\phi_b - \phi_s)$$

$$\phi_1 = 0,00104 + 0,625(1,869 - 0,00104)$$

$$\phi_1 = 1,168 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_1 = m \cdot \phi_1 \rightarrow V_1 = 8 \times 1,168$$

$$u_1 = u_s + x(u_b - u_s)$$

$$u_1 = 311,5 + 0,625(2502,69 - 311,5)$$

$$u_1 = 1680,55 \text{ kJ/kg}$$

$$V_1 = 9,344 \text{ m}^3$$

Ara hal 2

$P_2 = 200 \text{ kPa}$, $V_2 = 9,344 \text{ m}^3$
200 kPa $\rightarrow$ E.8.2
 $\phi_s = 0,00106$
 $\phi_b = 0,8854$

$\phi_2 > \phi_b$ (KBB)

$$\phi_2 = \frac{V_2}{m} = \frac{9,344}{8}$$

$$\phi_2 = 1,168 \text{ m}^3/\text{kg}$$

NOT: Piston hareket etmeye başladığı anda sistem KBB olduğundan
halde sıvı yoktur.

Son' hta 1°

$$P_3 = 200 \text{ kPa}$$

$$v_3 = 1,3432 \text{ m}^3/\text{kg}$$

↓ Tab E. 8.2

$$v_3 = 0,0010608 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_6 = 0,8954 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$u_3 = 504,48 \text{ kJ/kg}$$

$$u_6 = 2525,22 \text{ kJ/kg}$$

$$V_3 = 1,15 \times V_1 = 1,15 \times V_2$$

$$V_3 = 1,15 \times 9,344 = 10,7456 \text{ m}^3$$

$$v_3 = \frac{V_3}{m} = \frac{10,7456}{8} = 1,3432 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_3 > v_6 \rightarrow \text{KBB}$$

KBB Tablosu E. 8.3'den (Enterschluss 11a)

$$T_3 \approx 313^\circ\text{C}, u_3 \approx 2827 \text{ kJ/kg}$$

② $W_{12} \neq 0 (V = \text{sb})$

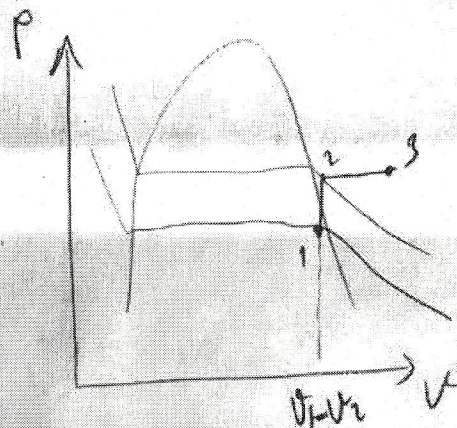
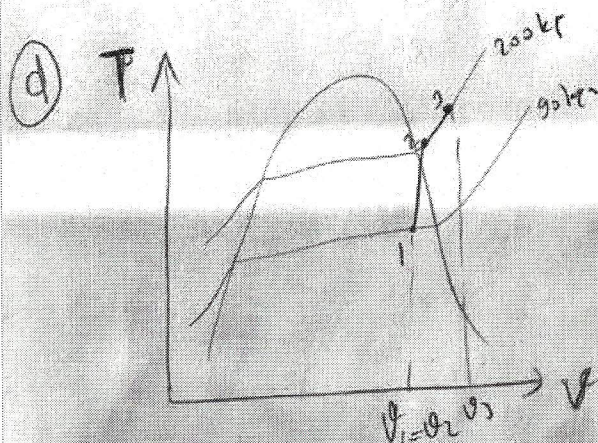
$$W_{23} = P_2 (V_3 - V_2) = 200 \times (10,7456 - 9,344) = 280,32 \text{ kJ}$$

Termodinamik I. yasaya gora; $Q_{13} - W_{13} = \Delta U + \Delta KE + \Delta PE$

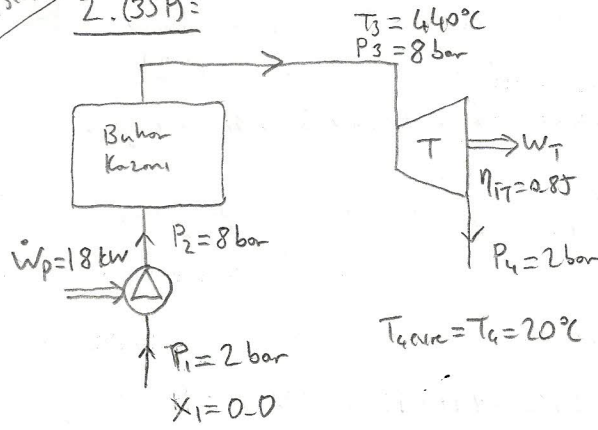
$$Q_{13} = m \cdot (u_3 - u_1) + W_{13}$$

$$Q_{13} = 8 \times (2827 - 1680,95) + 280,32$$

$$Q_{13} = 9448,4 \text{ kJ}$$



2. (35P):



gün 18 kW olan 1000 l/s pompa
 Şekilde verilen tesisatta Adyotkin sıvı suyun 2 bar basınç-
 tan 8 bar basınçta kazana pompalanmaktadır. Kazandan 8 bar ba-
 sında 440°C sıcaklıkta 4100 kJ/kg ısıtılmış su (TS) ve su
 0.85 olan buhar türbinine gitmekte ve türbinde 2 bar basınçta genleş-
 lenmektedir. Tesis sıcaklığı 20°C olduğuna göre,
 a) Su debisini (kg/s) b) Kazanda yapılan ısı alışverişini (kW)
 c) Türbinde elde edilen ısı (kW) d) Toplam (net) entropi değeri-
 mini hesaplayınız. e) Hal değişimlerini T-S diyagramında
 gösteriniz.

Gözüm: Pompa (SASA): $-W_{P125} = V_1(P_2 - P_1)$
 $\dot{Q}_p - W_{P125} = h_2 - h_1$

$P_1 = 2 \text{ bar} = 200 \text{ kPa}$ } E8.2 $T_1 = 120.23^\circ\text{C}$
 Doğru su tablosu $\Rightarrow$ $V_1 = V_5 = 0.0010608 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $h_1 = h_5 = 504.70 \text{ kJ/kg}$
 $s_1 = s_5 = 1.5301 \text{ kJ/kgK}$

$-W_{P125} = 0.0010608 \text{ m}^3/\text{kg} (800 \text{ kPa} - 200 \text{ kPa}) \approx 0.6365 \text{ kJ/kg}$

$\dot{W}_{P125} = \dot{m} W_{P125} \Rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{W}_{P125}}{W_{P125}} = \frac{18 \text{ kW}}{0.6365 \text{ kJ/kg}} = \frac{18 \text{ kJ/s}}{0.6365 \text{ kJ/kg}} \approx 28.280 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

$-W_{P125} = h_2 - h_1 \Rightarrow h_2 = h_1 - W_{P125} = 504.70 \text{ kJ/kg} - 0.6365 \text{ kJ/kg} \approx 504.06 \text{ kJ/kg} \approx 504.1 \text{ kJ/kg}$
 $s_2 \approx 1.5270 \text{ kJ/kgK}$

Buhar kazanı (SASA):

$T_3 = 440^\circ\text{C}$ } E8.2 $P_3 = 800 \text{ kPa} \Rightarrow T_3 = 170.41^\circ\text{C}$
 $P_3 = 8 \text{ bar} = 800 \text{ kPa}$ } $T_3 = 440^\circ\text{C} > T_3$ Kızgın buhar

Tablo E8-3 kızgın buhar tablosundan:

$h_3 = 3352.1 \text{ kJ/kg}$
 $s_3 = 7.6950 \text{ kJ/kgK}$

$q_{23} = h_3 - h_2 = 3352.1 - 504.1 \text{ kJ/kg} = 2848 \text{ kJ/kg} \Rightarrow \dot{Q}_{23} = \dot{m} q_{23} = (28.280 \frac{\text{kg}}{\text{s}}) (2848 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$
 $\Rightarrow \dot{Q}_{23} = 80541.44 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} (\text{kW})$

Buhar türbini (SASA):

$P_4 = 2 \text{ bar} = 200 \text{ kPa}$ } E8.2 $s_{45} = 1.5301 \text{ kJ/kgK}$, $s_{46} = 7.1268 \text{ kJ/kgK}$
 $s_{45} = s_3 = 7.6950 \text{ kJ/kgK} \Rightarrow s_{45} = 7.6950 > s_{46} = 7.1268 \Rightarrow$ Kızgın buhar.

Tablo E8-3 kızgın buhar tablosundan:

(Entropi değeri)
 $T_4 \approx 246.31^\circ\text{C}$
 $h_{46} \approx 2963.82 \text{ kJ/kg}$

$\eta_{IT} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{45}} \Rightarrow h_3 - h_4 = \eta_{IT} (h_3 - h_{45}) \Rightarrow h_4 = h_3 - \eta_{IT} (h_3 - h_{45})$
 $\Rightarrow h_4 = 3352.1 - 0.85(3352.1 - 2963.82) = 3022.062 \text{ kJ/kg}$ (3P)

$W_{T34} = h_3 - h_4 = 3352.1 \text{ kJ/kg} - 3022.062 \text{ kJ/kg} = 330.038 \text{ kJ/kg}$

$\dot{W}_{T34} = \dot{m} W_{T34} = (28.280 \text{ kg/s}) (330.038 \text{ kJ/kg}) \approx 9333.475 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} (\text{kW})$

Kızgın buhar

$P_4 = 200 \text{ kPa}$
 $h_4 = 3022.062 \text{ kJ/kg}$

$\Delta S_{\text{top}} = \Delta S_{\text{net}} = \dot{m} (s_4 - s_1) - \frac{\dot{Q}_{14}}{T_4} = (28.280 \text{ kg/s}) (7.8042 - 1.5301 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}) - \frac{\dot{Q}_{14}}{T_4}$

$\Delta S_{\text{top}} = 177.43 \frac{\text{kJ}}{\text{s.K}} - \frac{\dot{Q}_{23}}{T_4} = 177.43 \frac{\text{kJ}}{\text{s.K}} - \frac{80541.44 \text{ kW}}{293.15 \text{ K}}$

$\Delta S_{\text{top}} = 177.43 \frac{\text{kJ}}{\text{s.K}} - 274.74 \frac{\text{kJ}}{\text{s.K}} \approx -97.31 \frac{\text{kJ}}{\text{s.K}} < 0$

Olay mümkün değildir.

!-T-S diyagramı ve hesapları.

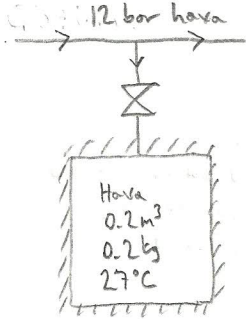
3. Sorunun cevabının sonunda.

Entropi değeri
 $P_4 = 200 \text{ kPa}$

T	h	s
260°C	2991.4 kJ/kg	7.7477 kJ/kgK
T_4	3022.062 kJ/kg	s_4
280°C	3031.7 kJ/kg	7.8219 kJ/kgK
$T_4 \approx 275.22^\circ\text{C}$ (2P)		
$s_4 \approx 7.8042 \text{ kJ/kgK}$		

3. (30P):

0.2 m³ hacmindeki ısıya geçirilmiş bir depoda 27°C sıcaklıkta 0.2 kg hava bulunmaktadır. Depo, T_çnden 12 bar basınçta hava alan bir boruya bağlanmakta ve basıncı 3 bar oluncaya kadar doldurulmaktadır. Bu durumda depodaki havanın sıcaklığı 140°C olduğuna göre, havayı ideal gaz kabul ederek, Gazın sıcaklığı 20°C olduğuna göre
a) Boruda akan havanın sıcaklığını b) Toplam (net) entropi değişimini hesaplayınız.

Gözüm:

Açık sistem = Rijit kap (DADA)

İlk hâl : $V_1 = 0.2 \text{ m}^3$, $T_1 = 27^\circ\text{C} = 27 + 273.15 = 300.15 \text{ K}$, $m_1 = 0.2 \text{ kg}$ Son hâl : $V_1 = V_2 = 0.2 \text{ m}^3$, $P_2 = 3 \text{ bar} = 300 \text{ kPa}$, $T_2 = 140^\circ\text{C} = 413.15 \text{ K}$ Giriş hâli : $P_3 = 12 \text{ bar} = 1200 \text{ kPa}$, $T_3 = ?$

$$a) P_1 V_1 = m_1 R T_1 \Rightarrow P_1 = \frac{m_1 R T_1}{V_1} = \frac{(0.2 \text{ kg})(0.287 \text{ kJ/kgK})(300.15 \text{ K})}{0.2 \text{ m}^3} \approx 86.143 \text{ kPa}$$

$$P_2 V_2 = m_2 R T_2 \Rightarrow m_2 = \frac{P_2 V_2}{R T_2} = \frac{(300 \text{ kPa})(0.2 \text{ m}^3)}{(0.287 \text{ kJ/kgK})(413.15 \text{ K})} \approx 0.506 \text{ kg}$$

$$\text{Süreklilik denklemi} = m_3 = m_2 - m_1 = 0.506 \text{ kg} - 0.2 \text{ kg} = 0.306 \text{ kg}$$

$$\text{DADA Rih I. kanun} = \dot{Q}_A - \dot{W}_A = m_2 u_2 - m_1 u_1 + m_3 h_3 - m_3 g h_3$$

$$m_2 u_2 - m_1 u_1 - m_3 g h_3 = 0$$

$$\frac{m_2 C_{v0} T_2}{C_{v0}} - \frac{m_1 C_{v0} T_1}{C_{v0}} - \frac{m_3 C_{p0} T_3}{C_{v0}} = 0 \Rightarrow m_2 T_2 - m_1 T_1 - m_3 k T_3 = 0$$

$$\Rightarrow m_3 k T_3 = m_2 T_2 - m_1 T_1$$

$$\Rightarrow T_3 = \frac{m_2 T_2 - m_1 T_1}{m_3 k}$$

$$\Rightarrow T_3 = \frac{(0.506 \text{ kg})(413.15 \text{ K}) - (0.2 \text{ kg})(300.15 \text{ K})}{(0.306 \text{ kg})(1.4 \text{ kJ/kgK})}$$

$$\Rightarrow T_3 \approx 347.86 \text{ K} = 74.71^\circ\text{C}$$

$$b) \Delta S_{\text{net}} = m_2 s_2 - m_1 s_1 - m_3 s_3 - \frac{\dot{Q}_A}{T_4}$$

$$= m_2 s_2 - m_1 s_1 - (m_2 - m_1) s_3 = m_2 s_2 - m_1 s_1 - m_2 s_3 + m_1 s_3 = m_2 (s_2 - s_3) - m_1 (s_1 - s_3)$$

$$= m_2 \left(C_{p0} \ln \frac{T_2}{T_3} - R \ln \frac{P_2}{P_3} \right) - m_1 \left(C_{p0} \ln \frac{T_1}{T_3} - R \ln \frac{P_1}{P_3} \right)$$

$$= (0.506 \text{ kg}) \left(1.0035 \ln \frac{413.15}{347.86} - 0.287 \ln \frac{300 \text{ kPa}}{1200 \text{ kPa}} \right) - (0.2 \text{ kg}) \left(1.0035 \ln \frac{300.15}{347.86} - 0.287 \ln \frac{86.143 \text{ kPa}}{1200 \text{ kPa}} \right)$$

$$= 0.506 \left(0.1726 + 0.3979 \right) - 0.2 \left(-0.1480 + 0.7560 \right)$$

$$= 0.0288673 - 0.1216$$

$$= -0.09273 \text{ kJ/K} < 0 \text{ } \Rightarrow \text{olay mümkün değildir.}$$

