

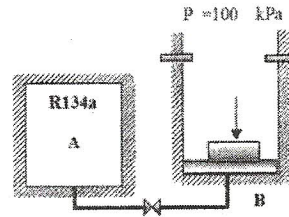
Bursa Uludağ Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü MAK2007 Termodinamik I
Bütünleme Sınavı

30.01.2023

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

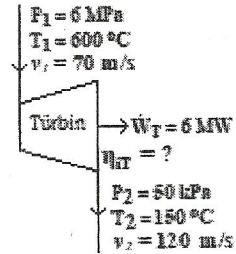
1.(35P): Adyabatik bir kap içinde (A) başlangıçta 536,5 kPa'da 0,65 kg doymuş sıvı-buhar karışımı soğutucu akışkan-134a (R134a) bulunmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi bu kap adyabatik bir piston-silindir düzeneğine (B) vanası ile bağlıdır. Başlangıçta piston silindir tabanında bulunmaktadır. Piston ve üzerindeki ağırlıkların toplam kütlesi 60 kg, piston kesit alanın 250 cm², yerçekimi ivmesi 10 m/s² ve çevre atmosfer basıncı 100 kPa'dır. Sonra vana yavaş yavaş açılmakta ve her iki kaptaki basınç 292,5 kPa ve R134a'nın toplam hacmi 45 litre olmaktadır. İlk andaki kuruluk derecesini bulunuz.

Not: Problemi kapalı sistem olarak çözünüz.



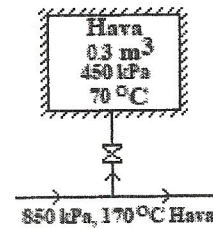
2.(35P): Su buharı adyabatik bir türbine 6 MPa basınç, 600 °C sıcaklık ve 70 m/s hızla girmekte, 50 kPa basınç, 150 °C sıcaklık ve 120 m/s hızla çıkmaktadır. Türbinin gücü 6 MW'tır. Potansiyel enerji değişimini ihmal ederek;

- Türbinde akan su buharının debisini,
- Türbinin iç verimini (izantropik verimini) hesaplayınız (İzantropik durumda türbine su buharı giriş hızı 70 m/s, çıkış hızı 120 m/s'dir).
- Hal değişimlerini T-s diyagramında gösteriniz.
- Çevre sıcaklığı 20 °C olduğuna göre net (toplam) entropi değişimini hesaplayınız.



3.(30P): Hacmi 0.3 m³ olan rijit ve izole edilmiş bir kabın içinde 450 kPa basınç, 70 °C sıcaklıkta hava bulunmaktadır. Bu kap bir boru içinden 850 kPa basınç ve 170 °C sıcaklıkta hava akan bir boruya bağlanmıştır. Vana açılmakta ve kap içindeki gaz kütlesi başlangıç değerinin 1,5 katına çıkıncaya kadar borudaki havanın kaba akması sağlanmaktadır. Havayı ideal (mükemmel) gaz ve olayı tümüyle adyabatik kabul ederek;

- Kaptaki son basınç ve sıcaklığı,
- Çevre sıcaklığı 20 °C olduğuna göre net (toplam) entropi değişimini hesaplayınız.



-----0-----

Başarılar.

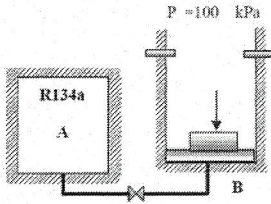
Süre: 100 dak.

30.01.2023

Soru 1 (35 P):

Adyabatik bir kap içinde (A) başlangıçta 536,5 kPa'da 0,65 kg doymuş sıvı-buhar karışımı soğutucu akışkan-R134a (R134a) bulunmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi bu kap adyabatik bir piston-silindir düzeneğine (B) vanası ile bağlıdır. Başlangıçta piston silindir tabanında bulunmaktadır. Piston ve üzerindeki ağırlıkların toplam kütlesi 60 kg, piston kesit alanın 250 cm², yerçekimi ivmesi 10 m/s² ve çevre atmosfer basıncı 100 kPa'dır. Sonra vana yavaş yavaş açılmakta ve her iki kaptaki basınç 292,5 kPa ve hacim R134a'nın toplam hacmi 45 litre olmaktadır. İlk andaki kuruluk derecesini bulunuz.

Not: problemi kapalı sistem olarak çözünüz.



İlk hal $\Rightarrow P_1 = 536,5 \text{ kPa}$, $m = 0,65 \text{ kg}$ (sıvı + buhar) R134a

Son hal $\Rightarrow P_2 = 292,5 \text{ kPa}$, $V_2 = 0,05 \text{ m}^3$

1-2 arası dengeli hal değişimi

$P_1 = 536,5 \text{ kPa} \rightarrow T_1 = T_d = 18^\circ\text{C}$, $v_s = 0,00081 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $v_b = 0,03812 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $u_s = 228,76 \text{ kJ/kg}$
 $u_b = 386,75 \text{ kJ/kg}$

$v_2 = \frac{V_2}{m} = \frac{0,05}{0,65} = 0,077 \text{ m}^3/\text{kg}$

$P_2 = 292,5 \text{ kPa} \Rightarrow T_d = 18^\circ\text{C}$, $v_s = 0,00077 \text{ m}^3/\text{kg}$
 $v_b = 0,06901 \text{ m}^3/\text{kg}$

$v_2 > v_b \rightarrow (\text{KBG})$

$P_2 = 292,5 \text{ kPa}$
 $v_2 = 0,069 \text{ m}^3/\text{kg}$ } $T = 18^\circ\text{C}$
 $u = 377,22 \text{ kJ/kg}$

Hareketli sınır işi: $W_{12} = P_k (V_2 - V_1) = m \cdot P_k (v_2 - v_1)$

$P_k = P_{atm} + \frac{m_p \cdot g}{A} = 100 + \frac{(60 \times 10)}{(0,025)^2} = 124 \text{ kPa}$

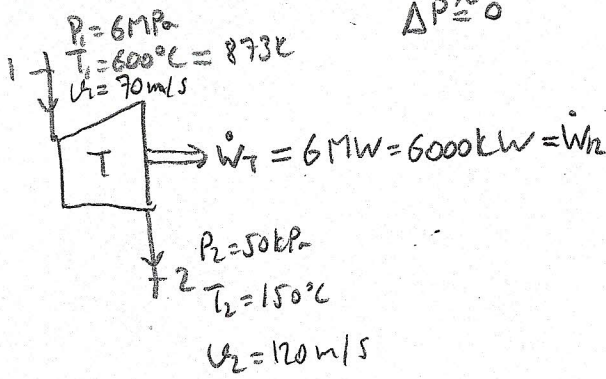
I. Yasa $\Rightarrow m(u_2 - u_1) = Q - W_{12}$
 $u_1 + P_k(v_1 - v_2) = u_2 + P_k(v_2 - v_1)$

$u_{s1} + x_1(u_{b1} - u_{s1}) + P_k[v_{s1} + x_1(v_{b1} - v_{s1})] = u_2 + P_k(v_2 - v_1)$

$x_1 = \frac{u_2 + P_k(v_2 - v_1) - u_{s1} - P_k(v_{s1} - v_1)}{u_{b1} - u_{s1} + P_k(v_{b1} - v_{s1})}$

$= \frac{377,22 - 228,76 + 124 \cdot (0,069 - 0,00081)}{386,75 - 228,76 + 124 \cdot (0,03812 - 0,00081)} = \frac{162,01}{168,61} = 0,966$

(3SP)
Soru 2: Buhar türbini Akış Sistemi (SASA)



Giriş (1):

$P_1 = 6 \text{ MPa}$
 $T_1 = 600^\circ\text{C}$

Döğm halleri tablosundan:
 Tablodan $P_1 = 6 \text{ MPa}$ 'de $T_g = 275.55^\circ\text{C}$
 $T_1 = 600^\circ\text{C} > T_g = 275.55^\circ\text{C}$
 Kızgın buhar.

Kızgın buhar tablosundan:

$h_1 = 3656.2 \text{ kJ/kg}$, $s_1 = 7.1664 \text{ kJ/kgK}$

Çıkış (2):

$P_2 = 50 \text{ kPa}$
 $T_2 = 150^\circ\text{C}$

Döğm halleri tablosundan:
 $P_2 = 50 \text{ kPa}$ 'de $T_g = 81.345^\circ\text{C}$
 $T_2 = 150^\circ\text{C} > T_g = 81.345^\circ\text{C}$
 Kızgın buhar.

Kızgın buhar tablosundan:

$h_2 \approx 2780.1 \text{ kJ/kg}$ (Entropi değeri)
 $s_2 \approx 7.9401 \text{ kJ/kgK}$ (Entropi değeri)

(Kinetik enerji farkında hız m/s olarak değil, Joule olarak düşünülür. Joule'in kütleye bölünmesiyle 10^{-3} ile çarpılmalıdır)

a) I. Kuvvet: $\dot{Q}_A - \dot{W}_A = \dot{m}(h_2 - h_1) + \dot{m}\left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2}\right) \times 10^{-3}$

$-6000 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \dot{m} \left(\underbrace{2780.1 - 3656.2}_{-876.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} + \dot{m} \left(\underbrace{\frac{120^2 - 70^2}{2}}_{4.750 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} \right) \times 10^{-3} \right)$

(3P)

$-6000 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \dot{m} \left(-876.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + \dot{m} \left(4.750 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \right)$

$-6000 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = \dot{m} \left(-876.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 4.750 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \Rightarrow \dot{m} = \frac{-6000 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{-871.35 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \approx 6.89 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

$\Rightarrow \boxed{\dot{m} \approx 6.89 \text{ kg/s}}$ (6P)

b) Türbinin izentropik verimi: $\eta_{it} = \frac{\dot{W}_H}{\dot{W}_{Hs}}$

$\dot{W}_H \rightarrow$ Gerçek türbin işi (6000 kW verimisi)
 $\dot{W}_{Hs} \rightarrow$ Türbin adiabatik (izentropik) türbin işi (İdeal türbin işi)

Türbin türbin adiabatik kabul edilirse
 $s_1 = s_2 = 7.1664 \text{ kJ/kgK}$

Çıkış (2):

$P_2 = 50 \text{ kPa}$

$s_2 = s_1 = 7.1664 \text{ kJ/kgK}$

$T_{2s} = ?$

}

Döğm halleri tablosundan: $P_2 = 50 \text{ kPa} \Rightarrow s_s = 1.0912 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$, $s_b = 7.5947 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$
 $s_s = 1.0912 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} < s_2 = 7.1664 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} < s_b = 7.5947 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$

Çıkış hali ıslak buhar. Kuru bölgeyi bulalım.

$s_2 = s_{2s} + x_2 (s_b - s_{2s}) \Rightarrow x_2 = \frac{s_2 - s_{2s}}{s_b - s_{2s}} = \frac{7.1664 - 1.0912}{7.5947 - 1.0912} \Rightarrow x_2 = \frac{6.0752}{6.5035}$

$\Rightarrow x_2 \approx 0.934$ (3P)

2. Son (Devam):

$$\text{Doymuş buhar tablosundan: } P_2 = 50 \text{ kPa} \Rightarrow h_5 = 340.56 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ u } h_6 = 2646.0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{25} = h_{25} + x_2 (h_{26} - h_{25}) \Rightarrow h_{25} = 340.56 + 0.934 (2646.0 - 340.56) \\ \Rightarrow h_{25} = 2493.84 \text{ kJ/kg (3P)}$$

$$\dot{W}_{125} = \dot{m} (h_1 - h_{25}) \Rightarrow \dot{W}_{125} = (6.89 \text{ kg/s}) (3656.2 - 2493.84 \text{ kJ/kg})$$

$$\Rightarrow \dot{W}_{125} \approx 8008.66 \text{ kW (2P)}$$

$$\eta_{IT} = \frac{\dot{W}_{12}}{\dot{W}_{125}} = \frac{6000 \text{ kW}}{8008.66 \text{ kW}} \Rightarrow \eta_{IT} \approx 0.749 \approx 0.75 \\ \text{(6P)}$$

$$\Delta S_{T,p,h} = \Delta S_{net} = \dot{m} (s_2 - s_1) - \frac{\dot{Q}_{12}}{T_c}$$

$$\Delta S_{net} = 6.89 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (7.7401 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} - 2.1664 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}})$$

$$\Delta S_{net} \approx 5.331 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} \text{ 20 olgulara kadar} \\ \text{(6P)}$$

0

3. (30P) = Hacmi 0.3 m^3 olan rijit ve izole edilmiş bir tabiri içinde 450 kPa basınç, 70°C sıcaklıkta hava bulunmaktadır. Bu kap bir bariyordan 850 kPa basınç ve 170°C sıcaklıkta hava akon bir boruya bağlanmıştır. Vana açılmakta ve kap içindeki gaz kütlesi, boru uzunluğu değeri rının 1.5 katına çıkıncaya kadar borudaki havanın kaba akması sağlanmaktadır. Havağı ideal (mükemmel) gaz ve olayı tümüyle adiabatik kabul ederek, kapdaki son basınç ve sıcaklığı, b) Toplam (net) entropi değişimini hesaplayınız.



Gözlem: Açık sistem = Rijit kap (DADA)
İlk hâl: $V_1 = 0.3 \text{ m}^3$, $P_1 = 450 \text{ kPa}$, $T_1 = 70^\circ\text{C} = 343.15 \text{ K}$, m_1
Son hâl: $m_2 = 1.5 m_1$, $P_2 = ?$, $T_2 = ?$, $V_2 = V_1 = 0.3 \text{ m}^3$
Giriş hâli: $P_3 = 850 \text{ kPa}$, $T_3 = 170^\circ\text{C} = 443.15 \text{ K}$

$$a) P_1 V_1 = m_1 R T_1 \Rightarrow m_1 = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{(450 \text{ kPa})(0.3 \text{ m}^3)}{(0.287 \text{ kJ/kgK})(343.15 \text{ K})} \approx 1.37 \text{ kg}$$

$$m_2 = 1.5 m_1 = 1.5 (1.37 \text{ kg}) \Rightarrow m_2 \approx 2.055 \text{ kg}$$

$$\text{Sıcaklık denklemi} = m_3 = m_2 - m_1 = 2.055 \text{ kg} - 1.37 \text{ kg} \Rightarrow m_3 = 0.685 \text{ kg}$$

$$\text{DADA için I. korunum: } \dot{Q}_A - \dot{W}_A = m_2 u_2 - m_1 u_1 + m_3 h_3 - m_3 h_2$$

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

$$\dot{m}_2 C_{v0} T_2 - \dot{m}_1 C_{v0} T_1 - \dot{m}_3 C_{p0} T_3 = 0 \Rightarrow \frac{m_2 C_{v0} T_2}{C_{v0}} = \frac{m_3 C_{p0} T_3}{C_{v0}} + \frac{m_1 C_{v0} T_1}{C_{v0}}$$

$$P_2 V_2 = m_2 R T_2 \Rightarrow P_2 = \frac{m_2 R T_2}{V_2}$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{(2.055 \text{ kg})(0.287 \text{ kJ/kgK})(435.57 \text{ K})}{0.3 \text{ m}^3}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_2 = 856.31 \text{ kPa}}$$

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

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

$$\Rightarrow T_2 = \frac{(0.685 \text{ kg})(1.4 \text{ kJ/kgK})(443.15 \text{ K}) + (1.37 \text{ kg})(343.15 \text{ K})}{2.055 \text{ kg}}$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{424.98 + 470.12}{2.055 \text{ kg}} \approx 435.57 \text{ K}$$

$$= 162.42^\circ\text{C}$$

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

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

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

$$= (2.055 \text{ kg}) \left(1.0035 \ln \frac{435.57}{443.15} - 0.287 \ln \frac{856.31}{850} \right) - (1.37 \text{ kg}) \left(1.0035 \ln \frac{343.15}{443.15} - 0.287 \ln \frac{450 \text{ kPa}}{850 \text{ kPa}} \right)$$

$$= (2.055 \text{ kg}) \left(\underbrace{-0.0173}_{-0.0173} + \underbrace{0.0021}_{0.0021} \right) - (1.37 \text{ kg}) \left(\underbrace{-0.2566}_{-0.2566} - \underbrace{(-0.1825)}_{-0.1825} \right)$$

$$= (2.055 \text{ kg}) (-0.0194) - (1.37 \text{ kg}) (-0.0741)$$

$$= -0.0399 + 0.1015$$

$$= \boxed{0.0616 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}} > 0 \text{ olay mümkündür.}$$