

MAK 212 - TERMODİNAMİK
(CRN: 22594, 22599, 22603, 22608)
2009-2010 BAHAR YARIYILI
ARA SINAV-2

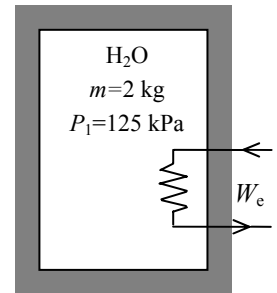
19.04.2010

Soru 1-) Bir ısı pompası sistemi kışın bir evin ısıtılmasında, yazın soğutulmasında kullanılacaktır. Evin iç sıcaklığının (kışın ve yazın) 20 C'da tutulması istenmektedir. Evin duvarlarından ve tavanından olan ısı geçişi her bir derecelik iç ve dış sıcaklık farkı için 2400 kJ/h'dır.

- (a) Kışın dış ortam sıcaklığı 0 C ise, ısı pompasını çalıştırmak için gerekli en az gücü hesaplayınız.
- (b) Isı pompasını çalıştırmak için 600 C sıcaklığındaki bir ısı enerji deposundan ısı alan ve dış ortam havasına ısı veren bir ısı makinası kullanılırsa, ısı enerji deposundan birim zamanda alınması gereken en az ısı miktarı ne olmalıdır?
- (c) Evin ısıtılmasında ısı pompası yerine aynı koşullarda doğrudan elektrikli ısıtma yolu tercih edilirse, birim zamanda elektrik tüketim değeri ne olur?
- (d) Sistemin gücü (a) şıkında bulunan değerde olmak koşuluyla, yazın evin iç sıcaklığını 20 C'da tutabilmek için azami dış sıcaklık ne olmalıdır?

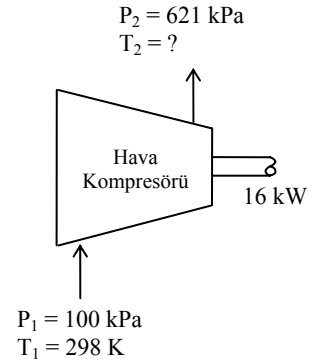
Soru 2-) İyi yalıtılmış, sabit hacimli kapalı bir kaptta 125 kPa basınçta ve 0.2122 kuruluk derecesinde 2 kg doymuş sıvı-buhar karışımı su bulunmaktadır. Daha sonra kabın içinde bulunan bir elektrikli ısıtıcı çalıştırılmakta ve suyun tümü buharlaşana kadar açık kalmaktadır.

- (a) Son haldeki basıncı, (b) elektrik işini, (c) suyun entropi değişimini ve toplam entropi değişimini bulunuz.



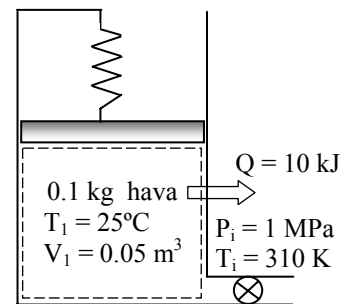
Soru 3-) 16 kW gücü olan sürekli akışlı bir adyabatik kompresöre 100 kPa basınç ve 298 K çevre şartlarında giren hava 621 kPa basınca sıkıştırılmaktadır. Kompresörün izantropik verimi %79.5 olarak verilmiştir. Havayı mükemmel gaz ve özgül ısıların değişken olduğu durum için

- (a) havanın çıkış sıcaklığını, (b) havanın kütle debisini, (c) kompresörde sıkıştırılan havanın birim zamandaki entropi değişimini, (d) entropi üretimini hesaplayınız



Soru 4-) Bir piston-silindir düzeneğinde 25°C sıcaklığında, hacmi 0.05 m³ olan 0.1 kg hava bulunmaktadır. Piston-silindir düzeneği bir vana ile içinden 1 MPa basınç ve 310 K sıcaklıkta hava akan bir boru hattına bağlanmıştır. Vana açılıp, silindire hava girmesi sağlanmakta, silindir içindeki basınç 800 kPa olduğunda vana kapatılmaktadır. Bu süreçte piston doğrusal bir yaya karşı iş yapmakta ve silindirden çevreye 10 kJ ısı geçişi olmaktadır. Son halde silindirin hacmi 0.12 m³ olmaktadır. Havayı mükemmel gaz, özgül ısılarını oda sıcaklığındaki değerlerinde sabit kabul ederek,

- (a) son halde havanın sıcaklığını, (b) silindire giren hava kütlesini bulunuz.



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.

B A Ş A R I L A R

Soru 1-) Bir ısı pompası sistemi kışın bir evin ısıtılmasında, yazın soğutulmasında kullanılacaktır. Evin iç sıcaklığının (kışın ve yazın) 20 C’da tutulması istenmektedir. Evin duvarlarından ve tavanından olan ısı geçişi her bir derecelik iç ve dış sıcaklık farkı için 2400 kJ/h’dır.

- (e) Kışın dış ortam sıcaklığı 0 C ise, ısı pompasını çalıştırmak için gerekli en az gücü hesaplayınız.
- (f) Isı pompasını çalıştırmak için 600 C sıcaklığındaki bir ısı enerji deposundan ısı alan ve dış ortam havasına ısı veren bir ısı makinası kullanılırsa, ısı enerji deposundan birim zamanda alınması gereken en az ısı miktarı ne olmalıdır?
- (g) Evin ısıtılmasında ısı pompası yerine aynı koşullarda doğrudan elektrikli ısıtma yolu tercih edilirse, birim zamanda elektrik tüketim değeri ne olur?
- (h) Sistemin gücü (a) şıkkında bulunan değerde olmak koşuluyla, yazın evin iç sıcaklığını 20 C’da tutabilmek için azami dış sıcaklık ne olmalıdır?

Çözüm:

a) $T_L = 0\text{ C} \quad T_H = 20\text{ C}$

$$\dot{Q}_H = 2400(20 - 0) \frac{1}{3600} = 13.33 \text{ kW}$$

$$COP_{IP,tr} = \frac{1}{1 - \frac{T_L}{T_H}} = \frac{1}{1 - \frac{273}{293}} = 14.65$$

$$COP_{IP,tr} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{W}_{tr}} \quad \dot{W}_{tr} = \frac{\dot{Q}_H}{COP_{IP,tr}} = \frac{13.33}{14.65} = 0.91 \text{ kW}$$

b)

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{273}{600 + 273} = 0.687$$

$$\eta = \frac{\dot{W}_{tr}}{\dot{Q}_H} \quad 0.687 = \frac{0.91}{\dot{Q}_H} \quad \dot{Q}_H = 1.32 \text{ kW}$$

c) Birim zamanda elektrik tüketim değeri evin birim zamanda ısı kaybına eşit olur.

$$\text{Birim zamanda elektrik tüketim değeri} = \dot{Q}_H = 2400(20 - 0) \frac{1}{3600} = 13.33 \text{ kW}$$

d) $T_L = 20\text{ C} \quad T_H = ? \quad \dot{W}_{tr} = 0.91 \text{ kW}$

$$\dot{Q}_L = 2400(T_H - 293) \frac{1}{3600}$$

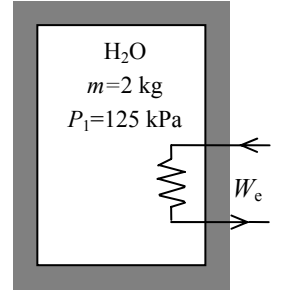
$$COP_{SM,tr} = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1} = \frac{1}{\frac{T_H}{293} - 1} \quad COP_{SM,tr} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{tr}} = \frac{2400(T_H - 293) \frac{1}{3600}}{0.91}$$

$$\frac{1}{\frac{T_H}{293} - 1} = \frac{2400(T_H - 293) \frac{1}{3600}}{0.91} \rightarrow T_H = 313 \text{ K} \quad \text{veya} \quad T_H = 40\text{ C}$$

Yukarıdaki denklemlerde sıcaklıkların K cinsinden olmasına dikkat edilmelidir

Soru 2-) İyi yalıtılmış, sabit hacimli kapalı bir kaptaki 125 Pa basınçta ve 0.2122 kuruluk derecesinde 2 kg doymuş sıvı-buhar karışımı su bulunmaktadır. Daha sonra kabın içinde bulunan bir elektrikli ısıtıcı çalıştırılmakta ve suyun tümü buharlaşana kadar açık kalmaktadır.

(a) Son haldeki basıncı, (b) işi, (c) suyun entropi değişimini ve toplam entropi değişimini bulunuz.



Çözüm:

- a) Kapalı Sistem : 2 kg H₂O
 İlk hal : P₁=125 kPa, x₁=0.2122
 Son hal : v₂=v₁, x₂=1.0

Kütlenin korunumu: m₂=m₁=m= 2 kg

İlk halde su doymuş sıvı-buhar karışımı halindedir.

$$\left. \begin{array}{l} P_1 = 125 \text{ kPa} \\ x_1 = 0.2122 \end{array} \right\} T_1 = T_{d,125 \text{ kPa}} = 105.97^\circ \text{C} \quad (T_1 \text{ sorulmuyor})$$

$$v_1 = v_{f1} + x_1 (v_{g1} - v_{f1}) = 0.001048 + 0.2122 \times (1.375 - 0.001048) = 0.2926 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$u_1 = u_{f1} + x_1 (u_{g1} - u_{f1}) = 444.23 + 0.2122 \times (2513 - 444.23) = 883.2 \text{ kJ / kg}$$

$$s_1 = s_{f1} + x_1 (s_{g1} - s_{f1}) = 1.3741 + 0.2122 \times (7.2841 - 1.3741) = 2.6282 \text{ kJ / kg-K}$$

Son halde su doymuş buhar halindedir.

$$\left. \begin{array}{l} v_2 = v_1 = 0.2926 \text{ m}^3 / \text{kg} \\ x_2 = 1.0 \end{array} \right\} P_2 = 650 \text{ kPa}$$

$$T_2 = T_d = 161.98^\circ \text{C} \quad (T_2 \text{ sorulmuyor})$$

$$u_2 = u_{g2} = 2569.4 \text{ kJ / kg}$$

$$s_2 = s_{g2} = 6.7322 \text{ kJ / kg-K}$$

- b) 1-2 hal değişiminde sadece elektrik işi vardır: $W_{12} = W_{s,12}^{\text{ş0}} + W_{\text{diğer},12} = W_e$

$$\text{Birinci Yasa} \quad Q_{12} - W_{12} = \Delta U + \Delta KE^{\text{ş0}} + \Delta PE^{\text{ş0}}$$

$$W_{12} = -m(u_2 - u_1) = -2 \times (2569.4 - 883.2)$$

$$W_{12} = W_e = -3372.4 \text{ kJ}$$

- c) Sistemin (suyun) entropi değişimi

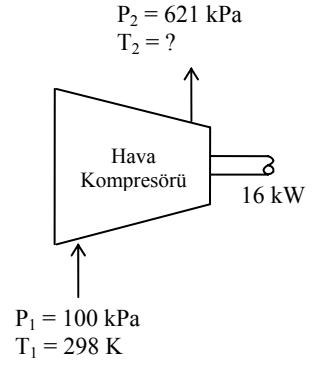
$$\Delta S_{\text{sistem}} = m(s_2 - s_1) = 2 \times (6.7322 - 2.6282) = 8.208 \text{ kJ / K}$$

Toplam entropi değişimi

$$\Delta S_{\text{Toplam}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{çevre}}^{\text{ş0}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \frac{Q_{\text{çevre}}^{\text{ş0}}}{T_{\text{çevre}}} = 8.208 \text{ kJ / K}$$

Soru 3-) 16 kW gücü olan sürekli akışlı bir adyabatik kompresöre 100 kPa basınç ve 298 K çevre şartlarında giren hava 621 kPa basınca sıkıştırılmaktadır. Kompresörün izantropik verimi %79.5 olarak verilmiştir. Havaı mükemmel gaz ve özgül ısıların değişken olduğu durum için

(a) havanın çıkış sıcaklığını, (b) havanın kütle debisini, (c) kompresörde sıkıştırılan havanın birim zamandaki entropi değişimini, (d) entropi üretimini hesaplayınız



Çözüm

Kontrol hacmi:

Giriş hali: 100 kPa, 298 K

Çıkış hali : 621 kPa

12 Tersinmez hal değişimi

Hava MG ve özgül ısılar değişken

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = 298K \\ P_1 = 100kPa \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_1 = 298.18kJ/kg \\ s_1^o = 1.69528kJ/kg \cdot K \end{array} \text{ ve } P_{r1} = 1.3543$$

İzantropik sıkıştırma için

$$\left(\frac{P_2}{P_1} \right)_s = \frac{P_{r2}}{P_{r1}} \rightarrow P_{r2} = 1.3543 \times \frac{621}{100} = 8.4102 \rightarrow h_{2s} \cong 503.02 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_k = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \rightarrow h_2 = h_1 + \frac{h_{2s} - h_1}{\eta_k} = 298.18 + \frac{503.02 - 298.18}{0.795} = 555.8404 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 555.8404 \text{ kJ/kg} \rightarrow T_2 \cong 550K, s_2^o = 2.31809 \text{ kJ/kgK}$$

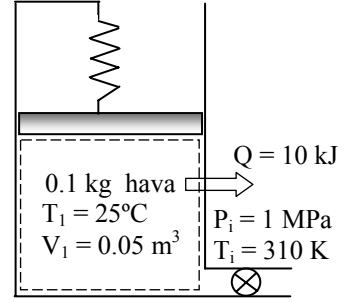
$$1. \text{ yasa } \dot{m}(h_2 - h_1) = -\dot{W} = \dot{W}_k \rightarrow \dot{m} = \frac{\dot{W}_k}{h_2 - h_1} = \frac{16}{555.8404 - 298.18} = 0.062097 \text{ kg/s}$$

$$\text{Entropi değişimi } \dot{m}(s_2 - s_1) = \dot{m} \left[s_2^o - s_1^o - R \ln \frac{P_2}{P_1} \right] = 0.0061291 \text{ kW/K}$$

2. yasa

$$\dot{m}(s_2 - s_1) = 0 + \dot{S}_{\dot{U}RE,KH} \rightarrow \dot{S}_{\dot{U}RE,KH} = 0.0061291 \text{ kW/K}$$

Soru 4-) Bir piston-silindir düzeneğinde 25°C sıcaklığında, hacmi 0.05 m³ olan 0.1 kg hava bulunmaktadır. Piston-silindir düzeneği bir vana ile içinden 1 MPa basınç ve 310 K sıcaklıkta hava akan bir boru hattına bağlanmıştır. Vana açılıp, silindire hava girmesi sağlanmakta, silindir içindeki basınç 800 kPa olduğunda vana kapatılmaktadır. Bu süreçte piston doğrusal bir yaya karşı iş yapmakta ve silindirden çevreye 10 kJ ısı geçişi olmaktadır. Son halde silindirin hacmi 0.12 m³ olmaktadır. Havayı mükemmel gaz, özgül ısılarını oda sıcaklığındaki değerlerinde sabit kabul ederek,



- Son halde havanın sıcaklığını,
- Silindire giren hava kütlesini, hesaplayınız.

$$C_p = 1.005 \text{ kJ/kg-K}, R = 0.287 \text{ kJ/kg-K}$$

Çözüm:

Sistem : KH, piston-silindir düzeneğinin içi (DADA)

$$\left. \begin{array}{l} \text{İlk hal : } T_1 = 25^\circ \text{C} \\ V_1 = 0.05 \text{ m}^3 \\ m_1 = 0.1 \text{ kg} \end{array} \right\} P_1 = \frac{0.1 \times 0.287 \times 298}{0.05} = 171.1 \text{ kPa}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Son hal : } P_2 = 800 \text{ kPa} \\ V_2 = 0.12 \text{ m}^3 \end{array} \right\} m_2 = \frac{800 \times 0.12}{0.287 T_2} = \frac{334.5}{T_2} \text{ (kg)}$$

$$\text{Giriş hali : } P_i = 1 \text{ MPa}, T_i = 310 \text{ K}$$

$$\text{Kütlenin korunumu: } m_i = m_2 - m_1 \quad m_i = \frac{334.5}{T_2} - 0.1$$

$$\text{Enerjinin korunumu: } (\Delta ke \sim \Delta pe \sim 0)$$

$$Q_{kh} - W_{kh} + m_i h_i = m_2 u_2 - m_1 u_1$$

$$Q_{kh} - W_{kh} + m_i h_i = m_2 h_2 - m_2 P_2 v_2 - m_1 h_1 + m_1 P_1 v_1$$

$$Q_{kh} - W_{kh} + m_2 (h_i - h_2) - m_1 (h_i - h_1) = P_1 V_1 - P_2 V_2$$

$$Q_{kh} - W_{kh} + \frac{334.5}{T_2} C_p (T_i - T_2) - m_1 C_p (T_i - T_1) = P_1 V_1 - P_2 V_2$$

$$W_{kh} = \frac{P_1 + P_2}{2} (V_2 - V_1) = \frac{171.1 + 800}{2} (0.12 - 0.05) = 34 \text{ kJ}$$

$$-10 - 34 + \frac{334.5 \times 1.005}{T_2} (310 - T_2) - 0.1 \times 1.005 (310 - 298) = 171.1 \times 0.05 - 800 \times 0.12$$

$$-44 + \frac{104213}{T_2} - 336.2 - 1.206 = 8.555 - 96$$

$$\frac{104213}{T_2} = 293.96$$

$$T_2 = 354.5 \text{ K} \quad (81.5^\circ \text{C})$$

$$m_i = \frac{334.5}{354.5} - 0.1 = 0.844 \text{ kg}$$