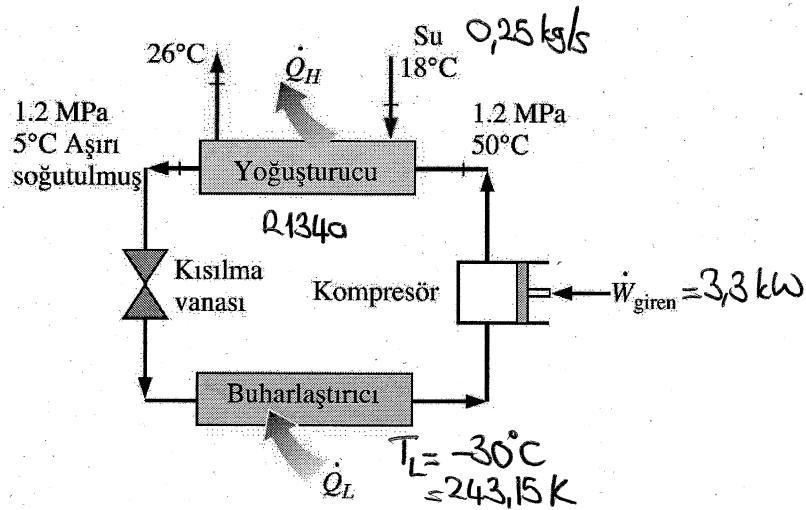


ÖRNEK: İş akışkanı olarak R134a kullanılan bir ticari buzdolabı soğutulan ortamı -30°C sıcaklıkta tutmak için kullanılmaktadır. Buzdolabı atık ısınıyoğuşturucuya, 18°C sıcaklıkta 0.25 kg/s debiyle giren ve yoğuşturucudan 26°C sıcaklıkta çıkan soğutma suyuna vermektedir. Soğutucu akışkan yoğuşturucuya 1.2 MPa basınçta ve 50°C sıcaklıkta girmekte, yoğuşturucudan aynı basınçta ve aşırı soğutulmuş olarak 5°C sıcaklıkta çıkmaktadır. Kompresör 3.3 kW güç harcadığına göre, (a) soğutucu akışkanın kütlesel debisini, (b) soğutma yükünü, (c) COP değerini ve (d) aynı soğutma yükü için kompresörün tüketeceği en az gücü hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

Termodynamik özelliklerin belirlenmesi:

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = 50^{\circ}\text{C} \\ P_1 = 1.2 \text{ MPa} \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} \text{R134a} \rightarrow 50^{\circ}\text{C} \text{ ılın } P_d = 1319,9 \text{ kPa} \approx 13 \text{ MPa} \\ P_1 < P_d \rightarrow \text{KB bölge} \quad (\text{Kompresör fırçası}) \end{array} \right.$$

$$\text{Tablo A/3} \rightarrow h_1 = 278,28 \text{ kJ/kg}$$

$T_2 = T_d - (5^{\circ}\text{C} \text{ aşırı soğutma}) \rightarrow$ Aşırı soğutma, DS noldasına ait dayma sıcaklığından, aşırı soğutmaya ait sıcaklık dursus kadar aşağıda düşmek demektir. (SS bölgeinde).

$$1.2 \text{ MPa } \text{ ılın } T_d = 46,29^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 46,29 - 5 = 41,29^{\circ}\text{C} \quad \left. \begin{array}{l} \text{R134a} \rightarrow 1.2 \text{ MPa, ılın } T_d = 46,29^{\circ}\text{C} \\ P_2 = P_1 = 1.2 \text{ MPa} \end{array} \right\}$$

$$T_2 < T_d \rightarrow \text{SS bölge}$$

$$41,29^{\circ}\text{C} \text{ ılın } h_2 \approx h_f = 110,22 \text{ kJ/kg} \quad (\text{Tablo A/11})$$

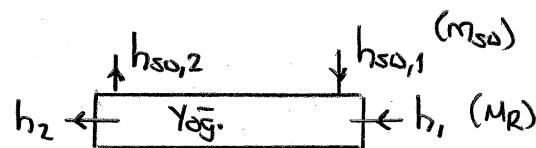
Yoğuşturucu btr ıslı
değiştirmidir ve ıslı değiştirmelerde
aksi belirtilmedikçe basınsı sabit
alınır.

Yogosturucuya giren ve sıkan su, DS olarak alınabilir.

$$T_{su,1} = 18^\circ\text{C} \rightarrow h_{su,1} = 75,53 \text{ kJ/kg} \quad \text{Tablo A4}$$

$$T_{su,2} = 26^\circ\text{C} \rightarrow h_{su,2} = 109,01 \text{ kJ/kg}$$

Yogosturucu için enerji dengesi:



$$\dot{E}_g - \dot{E}_s = \Delta \dot{E}_s (W)$$

$\downarrow 0 \text{ W (sürekli atış)}$

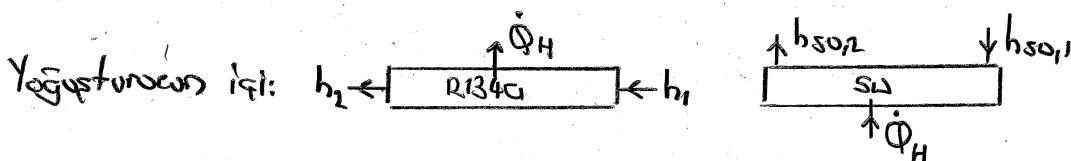
$m_R h_1 \quad \quad \quad m_R h_2$
 $m_{su} h_{su,1} \quad \quad \quad m_{su} h_{su,2}$

$$\dot{m}_R (h_1 - h_2) + \dot{m}_{su} (h_{su,1} - h_{su,2}) = 0$$

$$\dot{m}_R (278,28 - 110,22) \text{ kJ/kg} + (0,25 \text{ kg/s}) (75,53 - 109,01) \text{ kJ/kg$$

$$\textcircled{a} \quad \dot{m}_R = 0,0498 \text{ kg/s}$$

\textcircled{b} Soğutma yükü: Yogosturucu bir ısı değiştiricidir ve R134a'nın kaybettiği enerji, suyun kalandığı enerjiye eşittir.



$$\dot{\Phi}_H = \dot{m}_{su} (h_{su,2} - h_{su,1}) = \dot{m}_R (h_1 - h_2) \quad (\text{Enerji dengesi sonucu})$$

$$= (0,25 \text{ kg/s}) (109,01 - 75,53) \text{ kJ/kg}$$

$$= 8,37 \text{ kW}$$

\textcircled{c} Soğutma malzemesi için COP_R

$$COP_R = \frac{\dot{\Phi}_L}{\dot{W}_{giren}} \rightarrow \text{Soğutma malzemesi için enerji dengesi:}$$

$$\dot{E}_g - \dot{E}_s = \Delta \dot{E}_s (W)$$

$\downarrow 0 \text{ W (çevrimi için)}$

$\dot{\Phi}_L \quad \quad \quad \dot{W}_{giren} \quad \quad \quad \dot{\Phi}_H$

$$\dot{\Phi}_L + \dot{W}_{giren} = \dot{\Phi}_H \rightarrow \dot{\Phi}_L + 3,3 \text{ kW} = 8,37 \text{ kW}$$

$$\dot{\Phi}_L = 5,07 \text{ kW}$$

\textcircled{2}

$$COP_R = \frac{5,07 \text{ kW}}{3,3 \text{ kW}} = \underline{\underline{1,54}}$$

④ En az geyit → Terstenir servis
Carnot sağlımcı maddesi

$$COP_{\max} = \frac{1}{T_H/T_L - 1} = \frac{1}{(18+273,15)/(-30+273,15) - 1} = 5,066$$

Dikkat: T_H , servis sıcaklığı ve suyun
yoguştuğu cihaz giriş sıcaklığı
olarak alınacaktır.

$$COP_{\max} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\min}} \rightarrow 5,066 = \frac{5,07 \text{ kW}}{\dot{W}_{\min}} \rightarrow \dot{W}_{\min} = 1,0008 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_{\min} \approx 1 \text{ kW}$$

İlhan'ın yasa verimi: $\eta_{II} = \frac{COP_R}{COP_{\max}} = \frac{1,54}{5,066} = 0,30 \text{ (%30)}$

(3)

ÖRNEK: Çalışma akışkanı olarak 0.17 kg/s debisinde R134a kullanan, doymuş sıvı-doymuş buhar karışımı bölgesinde sürekli akış içeren bir Carnot ısı pompası çevrimini ele alınız. Çevrimdeki maksimum mutlak sıcaklık, minimum mutlak sıcaklığın 1.2 katı olarak ve çevrime net güç girişi 5.2 kW olarak verilmiştir. Isı çıkışı işlemi sırasında R134a, doymuş buhardan doymuş sıvuya dönüşmektedir. Çevrimdeki (maksimum basınç) / (minimum basınç) oranını belirleyiniz.

ÇÖZÜM:

Carnot ısı pompası \rightarrow Tersinir-ideal ısı pompası

R134a $\rightarrow \dot{m}_R = 0.17 \text{ kg/s}$, IB bölge

$$T_{\max} = 1.2 T_{\min}$$

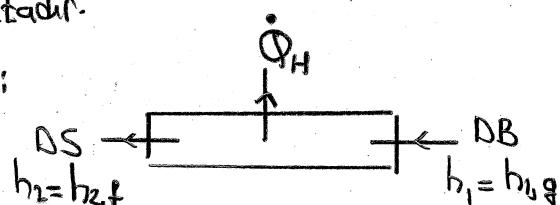
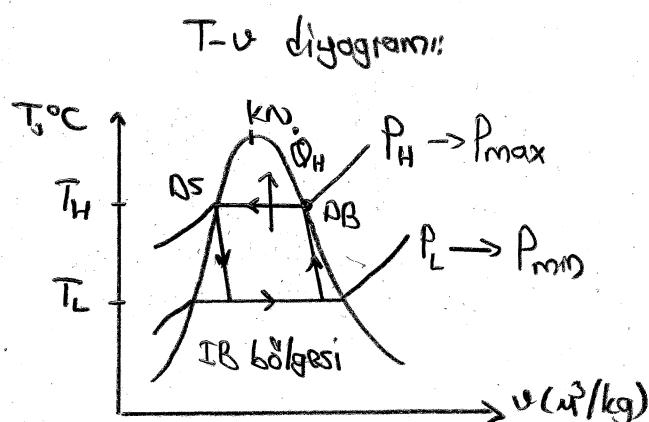
$$\dot{W}_{\text{net,gires}} = 5.2 \text{ kW}$$

Isı çıkışlı $\dot{\Phi}_H \rightarrow DB \rightarrow DS$

P_{\max} $\dot{\Phi}_H$ 'nın sıktığı, DB'dan DS'ya sürekli akışın olduğu durumda P_H basınç olarak karşıına gitmektedir.

$\dot{\Phi}_H$ yoğunsturuwdan dışarı atılmaktadır.

Yöneticisi 1'ten enerji dengesi:



$$\dot{E}_{\text{gires}} - \dot{E}_{\text{sikun}} = \Delta \dot{E}_{\text{sistem}} (W)$$

$$\dot{m}_R h_1 - \dot{m}_R h_2 \downarrow \quad \downarrow = \dot{W} (\text{Sürekli akış})$$

$$\dot{\Phi}_H$$

$$\dot{m}_R (h_1 - h_2) = \dot{\Phi}_H$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad h_{1,g} \quad h_{2,f} \Rightarrow h_1 - h_2 = h_{1,g} - h_{2,f} = h_{12,fg}$$

Burada 1. giriş ve 2. çıkış gösterilmelidir.

Buharlaşma entalplisi: h_{fg} (J/kg)

$$\dot{Q}_H = \dot{m}_R h_{12,fg} \quad (\text{W})$$

İst pompa işi COP $\rightarrow \text{COP}_{IP} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{W}_{netgires}} = \frac{\dot{Q}_H}{5,2 \text{ kW}}$

$$\text{COP}_{IP,tr} = \frac{1}{1 - T_L/T_H} = \frac{1}{1 - 1/1,2} = 6,0$$

$$\begin{aligned} T_{max} &= 1,2 T_{min} \\ T_H &= 1,2 T_L \end{aligned}$$

$$6 = \frac{\dot{Q}_H}{5,2 \text{ kW}} \rightarrow \dot{Q}_H = 31,2 \text{ kW}$$

$$q_H = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{m}_R} = \frac{31,2 \text{ kW}}{0,17 \text{ kg/s}} = 183,53 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{Q}_H = \dot{m}_R h_{12,fg} \rightarrow h_{12,fg} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{m}_R}$$

$$h_{12,fg} = q_H = 183,53 \text{ kJ/kg}$$

IB bölgesi için $h_{12,fg} = 183,53 \text{ kJ/kg}$ olarak bulundu.

R134a için Tablo A11'den: h_{fg} 'nın 183,53 kJ/kg olduğu değer aranacaktır.

h_{fg}	$T (^\circ\text{C})$	$P (\text{kPa})$
184,08	$\rightarrow 18^\circ\text{C}$	537,52
182,33	$\rightarrow 20^\circ\text{C}$	572,07

İnterpolasyon ile: $T_{sat} = 18,63^\circ\text{C} = 291,78 \text{ K} \rightarrow T_H$

$$P = P_d = 548,38 \text{ kPa} \rightarrow P_{max}$$

$$T_L = T_H / 1,2 = (18,63^\circ\text{C}) / 1,2 = 15,53^\circ\text{C}$$

$$15,53^\circ\text{C} \rightarrow P_{min} = 497,20 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{548,38 \text{ kPa}}{497,20 \text{ kPa}} = \underline{\underline{1,1}}$$

(2)

ÖRNEK: Çevre sıcaklığının 300 K olduğu bir ortamda 355 K sıcaklıkta 10^5 kg su içeren bir havuzdan çıkarılabilen maksimum iş miktarını belirleyiniz. (Havuzdaki su sıcaklığının havuzdan enerji çıkarıldıkça kademeli olarak azalacağına dikkate alınır).

ÇÖZÜM:

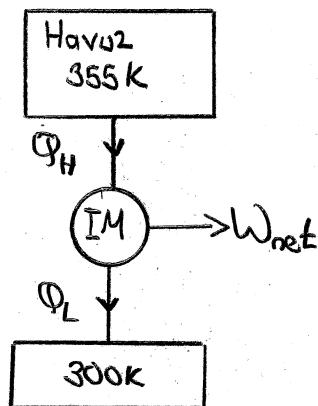
$$T_{\text{çevre}} = T_L = 300 \text{ K} \text{ (Sabit)}$$

$$T_{\text{havuz}} = T_H = 355 \text{ K} \text{ (Değişken, azalıyor)}$$

$$m_h = 10^5 \text{ kg}$$

* Maksimum iş \rightarrow Tersdiri çevirmen
Carnot çevirmen

* Havuzdan çıkarılabilen iş \rightarrow ısı miktardası
ile W_{net} kadar olur.



Carnot ısı miktardası:

$$\eta_{\text{isibtr}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300 \text{ K}}{T_H} \quad (T_H \text{ değişken})$$

* $T_H \rightarrow 355 \text{ K}'den 300 \text{ K}'e$ kadar
değişebilir.

$$300 \leq T_H \leq 355$$

Havuzun sahip olduğu enerji miktarı:

$$355 \text{ K} \rightarrow 300 \text{ K}$$

Hal 1: $T_{H,1} = 355 \text{ K}$, P_1 , U_1 (SS)

Hal 2: $T_{H,2} = 300 \text{ K}$, $P_2 = P_1$, U_2 (SS)

Enerji dengesi:

$$E_g - E_f = \Delta E_s \quad (\text{J})$$

O ↓ ↓ ↓
Q_{çikar} m_h(U₂ - U₁)

$$Q_{\text{çikar}} = m_h(U_1 - U_2) \quad (\text{J})$$

Sıvılar için: $Q_{\text{çikar}} = m_h \cdot c \cdot (T_{H,1} - T_{H,2}) \quad (\text{J})$ c: Özgül ısı

Değişim için: $\delta Q_{\text{çikar}} = m_h \cdot c \cdot dT_H \quad (\text{J})$ $dT \rightarrow dT_H$ olarak yazalım.

$$\delta Q_H = -\delta Q_{\text{çikar}} = -m_h \cdot c \cdot dT_H$$

zamanla azalan sıcaklık değeri gergenestinde ısıının
pozitif sıkması için $\delta Q_{\text{çikar}}$ (\rightarrow) ile çarpıldı.

(1)

$$\delta Q_H = - (10^5 \text{ kg}) (4,18 \text{ kJ/kg K}) dT_H$$

$$= -4,18 \cdot 10^5 dT_H \text{ (kJ)}$$

C: $\frac{300+355}{2} = 327,5 \text{ K}$ ictin
tablodan $4,18 \text{ J/kg K}$ olarak
alındı.

$W_{\max} \rightarrow W_{\text{net}} \rightarrow \delta W_{\text{net}}$

$$\eta_{\text{isil}} = \frac{\delta W_{\text{net}}}{\delta Q_H} = \eta_{\text{isil,tr}} \rightarrow \delta W_{\text{net}} = \eta_{\text{isil,tr}} \cdot \delta Q_H$$

$$\delta W_{\text{net}} = - \left(1 - \frac{300 \text{ K}}{T_H}\right) (4,18 \cdot 10^5 \text{ kJ/K}) dT_H$$

$$\int \delta W_{\text{net}} = - (4,18 \cdot 10^5 \text{ kJ/K}) \int_{355}^{300} \left(1 - \frac{300 \text{ K}}{T_H}\right) dT_H$$

$$= - (4,18 \cdot 10^5 \text{ kJ/K}) \left[(300 - 355) \text{ K} - (300 \text{ K}) (\ln 300 - \ln 355) \right]$$

$$= 18,80751 \cdot 10^5 \text{ kJ}$$

$$\approx 18,8 \cdot 10^5 \text{ kJ}$$

$$\approx 1,9 \text{ GJ}$$

(Toplam çikan net iş miktarı)
(Max. değer)

(2)

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

“Thermodynamics: An Engineering Approach”, 9th Edition, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Mehmet Kanoglu, McGraw-Hill Education, 2019.

“Termodinamiğin Temelleri”, SI Basım, Claus Borgnakke, Richard E. Sonntag, Sekizinci Baskıdan Çeviri, (Hüseyin Günerhan, çeviri editörü yardımcıları arasında yer almaktadır), Palme Yayıncılık, 2018, Ankara.

“Principles of Engineering Thermodynamics”, SI Edition, John R. Reisel, Cengage Learning, 2016.

“Termodinamik-Mühendislik Yaklaşımıyla”, Yedinci Baskıdan Çeviri, (Hüseyin Günerhan, editör yardımcıları arasında yer almaktadır), Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Palme Yayıncılık, 2015.

“Engineering Thermodynamics”, 8th Edition, Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, John Wiley, 2014.

<https://www.huseyingunerhan.com/termo1/termo1.html> sayfasında verilen “Termodinamik I” dersine ait tüm ders notlarının bazı bölümleri yukarıda verilen kitaplardan ve/veya ilgili sunumlarından yararlanılarak veya ilham alınarak hazırlanmıştır.

“Termodinamik I” derslerine ait bilgi notları; Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hüseyin GÜNERHAN tarafından çeşitli kaynaklardan da yararlanılarak ve emek ve zaman harcanarak hazırlanmış özgün bir eserdir. İzin alınmadan çoğaltıması ve kullanılması telif hakları gereği yasaktır.

(Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu, Kanun Numarası: 5846, Kabul Tarihi: 5/12/1951, Yayımlandığı Resmi Gazete: 13/12/1951 Sayı: 7981, Yayımlandığı Düstur: Tertip 3 Cilt 33 Sayfa 49).