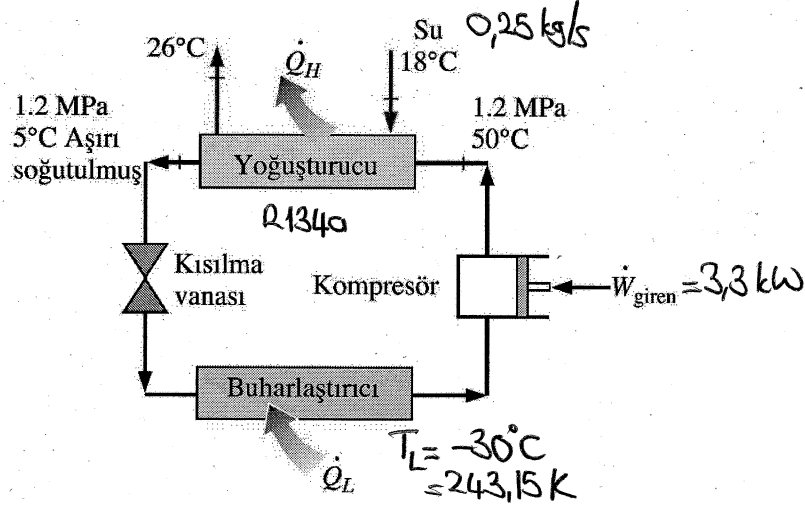


ÖRNEK: İş akışkanı olarak R134a kullanılan bir ticari buzdolabı soğutulan ortamı -30°C sıcaklıkta tutmak için kullanılmaktadır. Buzdolabı atık ısıyı yoğuşturucuya, 18°C sıcaklıkta 0.25 kg/s debiyle giren ve yoğuşturucudan 26°C sıcaklıkta çıkan soğutma suyuna vermektedir. Soğutucu akışkan yoğuşturucuya 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 kütleli debisini, (b) soğutma yükünü, (c) COP değerini ve (d) aynı soğutma yükü için kompresörün tüketeceği en az gücü hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

Termodinamik özelliklerin belirlenmesi:

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = 50^{\circ}\text{C} \\ P_1 = 1.2\text{ MPa} \end{array} \right\} \text{R134a} \rightarrow 50^{\circ}\text{C} \text{ için } P_d = 1319.9\text{ kPa} \approx 1.3\text{ MPa}$$

$P_1 < P_d \rightarrow \text{KB bölgesi (Kompresör çıkışı)}$

$$\text{Tablo A13} \rightarrow h_1 = 278.28\text{ kJ/kg}$$

$T_2 = T_d - (5^{\circ}\text{C} \text{ aşırı soğutma}) \rightarrow \text{Aşırı soğutma, DS noktasına ait doyma sıcaklığından. aşırı soğutmaya ait sıcaklık değeri kadar aşağıda çalışmak demektir. (SS bölgesinde).}$

$$1.2\text{ MPa için } T_d = 46.29^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 46.29 - 5 = 41.29^{\circ}\text{C} \left\} \text{R134a} \rightarrow 1.2\text{ MPa için } T_d = 46.29^{\circ}\text{C}$$

$$P_2 = P_1 = 1.2\text{ MPa}$$

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

$$41.29^{\circ}\text{C için } h_2 \approx h_f = 110.22\text{ kJ/kg} \quad (\text{Tablo A11})$$

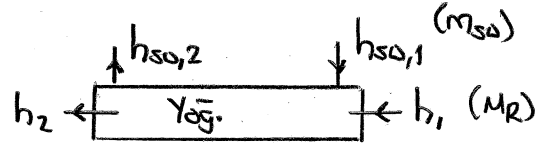
Yoğuşturucu bir ısı değiştiricidir ve ısı değiştiricilerde aksi belirtilmedikçe basınç sabit alınır.

Yoğusturucuya giren ve çıkan su, DS olarak alınabilir.

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

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

Yoğusturucu için enerji dengesi:



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

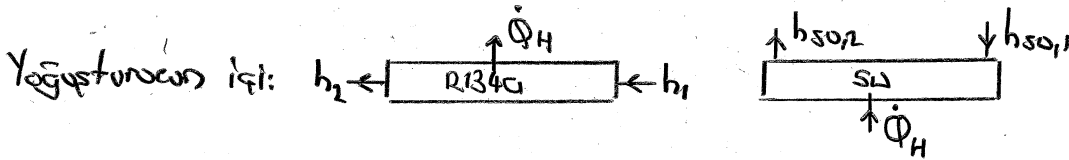
\downarrow \downarrow \downarrow
 $\dot{m}_R h_1$ $\dot{m}_R h_2$ $0 \text{ W (sürekli akış)}$
 $\dot{m}_{su} h_{su,1}$ $\dot{m}_{su} h_{su,2}$

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

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

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

b) Soğutma yükü: Yoğusturucu bir ısı değiştiricidir ve R134a'nın kaybettiği enerji, suyun kazandığı enerjiye eşittir.



$$\begin{aligned} \dot{Q}_H &= \dot{m}_{su} (h_{su,2} - h_{su,1}) = \dot{m}_R (h_1 - h_2) \quad \text{(Enerji dengesi sonucu)} \\ &= (0,25 \text{ kg/s}) (109,01 - 75,53) \text{ kJ/kg} \\ &= 8,37 \text{ kW} \end{aligned}$$

c) Soğutma malhanası için COP_R

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

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

\dot{Q}_L \dot{Q}_H
 \dot{W}_{giren} 0 W (çevre için)

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

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

(2)

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

④ En az güç \rightarrow Tersinir çevrim
Carnot sağutma makinesi

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

Dikkat: T_H , çevre sıcaklığı ve suyun
yoğuştuğuna giriş sıcaklığı
olarak alınacaktır.

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

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

İkinci yasa verimi: $\eta_{II} = \frac{\text{COP}_R}{\text{COP}_{\max}} = \frac{1,54}{5,066} = 0,30 \text{ (%30)}$

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 sıvıya dönüşmektedir. Çevrimdeki (maksimum basınç) / (minimum basınç) oranını belirleyiniz.

ÇÖZÜM:

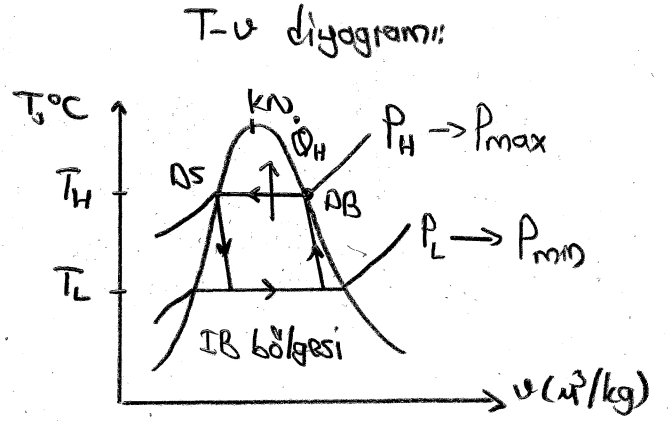
Carnot ısı pompası → Tersinir-ideal ısı pompası

R134a → $\dot{m}_R = 0,17 \text{ kg/s}$, IB bölgesi

$$T_{\max} = 1,2 T_{\min}$$

$$\dot{W}_{\text{net,gires}} = 5,2 \text{ kW}$$

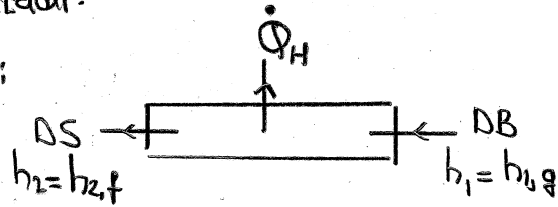
Isı çıkışı $\dot{Q}_H \rightarrow DB \rightarrow DS$



P_{\max} \dot{Q}_H 'nin çıktığı, DB'dan DS'ye sürekli akışın olduğu durumda P_H basıncı olarak karşımıza çıkmaktadır.

\dot{Q}_H yoğusturucudan dışarı atılmaktadır.

Yoğusturucu için enerji dengesi:



$$\dot{E}_{\text{gires}} = \dot{E}_{\text{çıkış}} = \Delta \dot{E}_{\text{system}} \quad (\text{W})$$

$$\downarrow = 0 \text{ W} \quad (\text{Sürekli akış})$$

$$\dot{m}_R h_1 = \dot{m}_R h_2 + \dot{Q}_H$$

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

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

Burada L_1 girişi ve Q_2 çıkışı göstermektedir.

Buharlaşma entalpi: h_{fg} (J/kg)

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

Isı pompası için COP \rightarrow $COP_{IP} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{W}_{netgiren}} = \frac{\dot{Q}_H}{5,2 \text{ kW}}$

$$COP_{IP,kr} = \frac{1}{1 - T_L/T_H} = \frac{1}{1 - 1/1,2} = 6,0$$

$$T_{max} = 1,2 T_{min}$$
$$T_H = 1,2 T_L$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ÇÖZÜM:

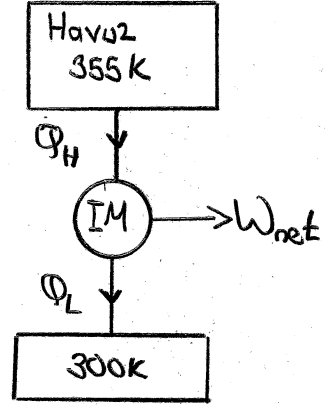
$$T_{\text{çevre}} = T_L = 300 \text{ K (Sabit)}$$

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

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

* Maksimum iş \rightarrow Tersinir çevrim
Carnot çevrimi

* Havuzdan çıkarılabilecek iş \rightarrow Isı makinesi
ile W_{net} kadar olur.



Carnot ısı makinesi: $\eta_{\text{ısıbtr}} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{300 \text{ K}}{T_H}$ (T_H 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 K \rightarrow 300 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:

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

$0 \leftarrow \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 $\quad \quad \quad Q_{\text{çıkan}} \quad m_h (U_2 - U_1)$

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

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

Değişim için: $\delta Q_{\text{çıkan}} = m_h \cdot c \cdot dT_H \text{ (J)}$ $\Delta T \rightarrow dT_H$ olarak yazalım.

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

\downarrow
zamanla azalan sıcaklık değeri gerçeğinde ısı miktarı pozitif çıkması için $\delta Q_{\text{çıkan}}$ (-) ile farkıldı.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\cong \underline{\underline{1,9 \text{ GJ}}} \quad (\text{Toplam ıllan net iř miktarı})$$

(Max. değer)

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

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

Sonntag, Richard E.

, SI Edition, John R. Reisel, Cengage Learning, 2016.

Termodinamik -M , Yedinci , Yunus A. Cengel, Michael A. Boles, Palme 2015.

, 8th Edition, Michael J. Moran, Howard N. Shapiro , John Wiley , 2014.

<https://www.huseyingunerhan.com/termo1/termo1.html> -
len Termodinamik I
verilen kitaplardan ve /veya arak veya ilham

“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. İzni alınmadan çoğaltılması 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).