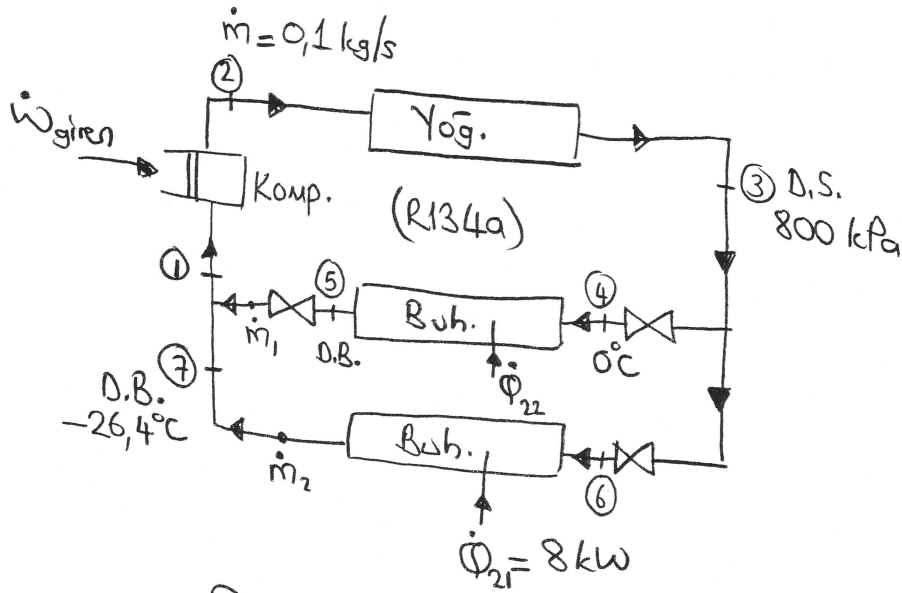


# Gelişmiş Soğutma Sistemi

1



$\dot{m}_2 = ?$   
 $\dot{Q}_{21} = ?$   
 $\dot{W}_{giren} = ?$   
 $COP_R = ?$   
 $T_s$  diyog.?

$$P_3 = 800 \text{ kPa} \left. \begin{array}{l} \text{D.S.} \\ \end{array} \right\} h_3 = h_{3f} = 95,48 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = h_3 = h_6 = 95,48 \text{ kJ/kg} \text{ (Kısılma vanaları)}$$

$$T_5 = 0^\circ\text{C} \left. \begin{array}{l} \text{D.B.} \\ \end{array} \right\} T_4 = T_5 \text{ (Faz deęiřim bölgesi)}$$

$$h_5 = h_{5,g} = 250,50 \text{ kJ/kg} \text{ (} 0^\circ\text{C katı)}$$

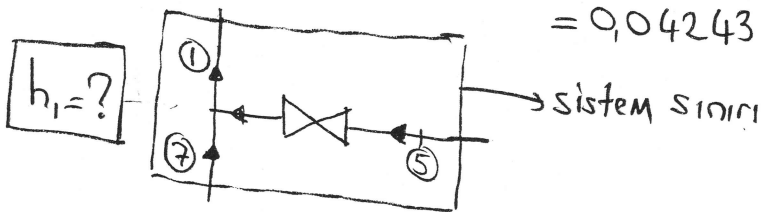
$$T_7 = -26,4^\circ\text{C} \left. \begin{array}{l} \text{D.B.} \\ \end{array} \right\} h_7 = h_{7,g} = 234,44 \text{ kJ/kg}$$

$$P_7 \approx 100 \text{ kPa}$$

$$\dot{Q}_{21} = \dot{m}_2 (h_7 - h_6) = 8 \text{ kW} = \dot{m}_2 (234,44 - 95,48) \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_2 = 0,05757 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m} - \dot{m}_2 \Rightarrow \dot{m}_1 = 0,1 - 0,05757 = 0,04243 \text{ kg/s}$$



Enerji dengesi:  $\dot{m}_2 h_7 + \dot{m}_1 h_5 = \dot{m} h_1$

$$h_1 = \frac{\dot{m}_1 h_5 + \dot{m}_2 h_7}{\dot{m}}$$

$$h_1 = 241,26 \text{ kJ/kg}$$

$\dot{m}_1$   $h_5$   
 $\dot{m}_2$   $h_7$  Belli!

(2)

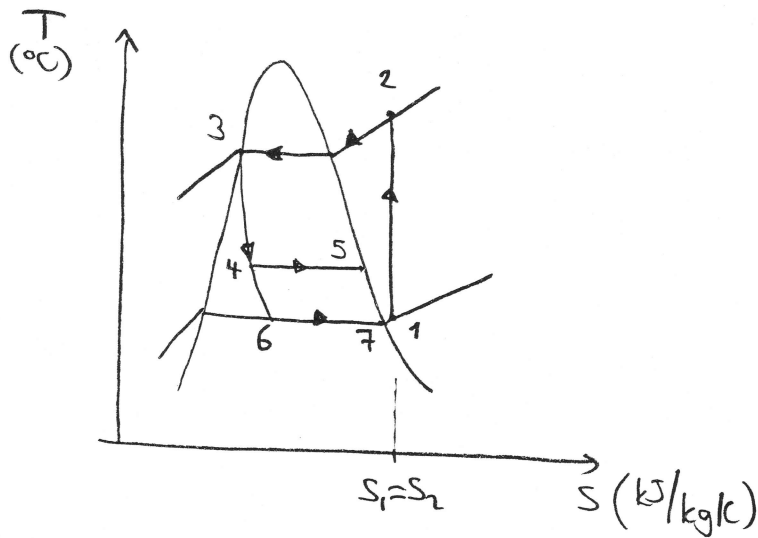
$$\left. \begin{array}{l} P_1 = P_7 = 100 \text{ kPa} \\ h_1 = 241,26 \text{ kJ/kg} \end{array} \right\} s_1 = 0,9791 \text{ kJ/kgK}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 800 \text{ kPa} \\ s_2 = s_1 \end{array} \right\} \text{Kompresör, izentropik olarak alınmıştır.} \\ h_2 = 286,32 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{Q}_{22} = \dot{m}_1 (h_5 - h_4) = (0,04243 \text{ kg/s}) (250,50 - 95,48) \text{ kJ/kg} \\ = 6,578 \text{ kW}$$

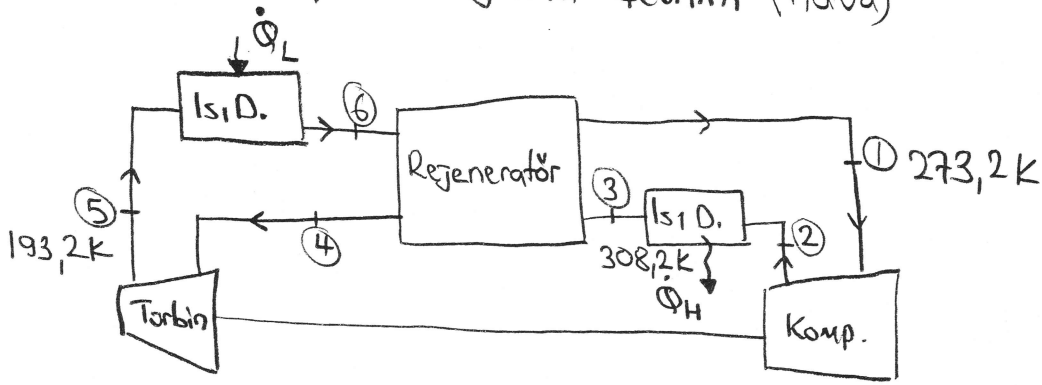
$$\dot{W}_{\text{giren}} = \dot{m} (h_2 - h_1) = (0,1 \text{ kg/s}) (286,32 - 241,26) \text{ kJ/kg} \\ = 4,506 \text{ kW}$$

$$\text{COP}_R = \frac{\dot{Q}_2}{\dot{W}_{\text{giren}}} = \frac{\dot{Q}_{21} + \dot{Q}_{22}}{\dot{W}_{\text{giren}}} = \frac{8 + 6,578}{4,506} = \underline{\underline{3,24}}$$



Örnek: Gaz akışkanlı soğutma çevrimi (Hava)

①



Basınç oranı: 5,  $\eta_{\text{Komp. izan.}} = \%85$ ,  $\eta_{\text{Türbin izan.}} = \%80$   
 $\dot{m}_{\text{hava}} = 0,4 \text{ kg/s}$

Oda sıcaklığında sabit  $c_p$  alınacaktır

$\epsilon_{\text{Regen.}} = ?$ ,  $\dot{Q}_L = ?$ ,  $\text{COP} = ?$

1 ile 2 arası kompresör:

$$\left. \begin{array}{l} T_1 \\ T_2 \text{ (Gerçek)} \end{array} \right\} \begin{array}{l} T_{2s} \\ T_{2s} \text{ (izantropik)} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T_1 \\ T_2 \end{array}} \right\} \frac{T_{2s}}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} \quad \boxed{P_2 > P_1} \text{ Komp. sırasında basınç artar}$$

$$T_{2s} = (273,2 \text{ K}) (5)^{0,4/1,4} = 432,4 \text{ K}$$

$$\eta_{\text{Komp. izan.}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{T_{2s} - T_1}{T_2 - T_1} \Rightarrow 0,80 = \frac{432,4 - 273,2}{T_2 - 273,2}$$

$$\boxed{T_2 = 472,5 \text{ K}}$$

4 ile 5 arası türbin:

$$\left. \begin{array}{l} T_4 \\ T_5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} T_{5s} \\ T_{5s} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} T_4 \\ T_5 \end{array}} \right\} \frac{T_{5s}}{T_4} = \left( \frac{P_5}{P_4} \right)^{(k-1)/k} \quad \boxed{P_4 > P_5} \text{ Türbin sırasında basınç düşer}$$

$$T_{5s} = T_4 \left( \frac{1}{5} \right)^{0,4/1,4}$$

$$T_{5s} = T_4 (0,63139)$$

$$\eta_{\text{Turbin izan}} = \frac{h_4 - h_5}{h_4 - h_{5s}} \Rightarrow 0,85 = \frac{T_4 - 193,2}{T_4 - T_{5s}}$$

$$0,85 = \frac{T_4 - 193,2}{T_4 - (0,63139)T_4} \Rightarrow \boxed{0,85T_4 - (0,85)(0,63139)T_4 = T_4 - 193,2}$$

$$T_4 [0,85 - (0,85)(0,63139) - 1] = -193,2$$

$$\boxed{T_4 = 281,35 \text{ K}}$$

$$\begin{aligned} T_{5s} &= T_4 (0,63139) \\ &= (281,35 \text{ K}) (0,63139) \\ &= 177,64 \text{ K} \end{aligned}$$

Regeneratör:



Enerji dengesi:  $(h_3 - h_4) = (h_1 - h_6)$

$$\dot{m} c_p (T_3 - T_4) = \dot{m} c_p (T_1 - T_6)$$

$$T_3 - T_4 = T_1 - T_6$$

$$T_6 = T_1 - T_3 + T_4$$

$$\begin{aligned} T_6 &= (273,2) - (308,2) + (281,3) \\ &= 246,3 \text{ K} \end{aligned}$$

Regeneratör etkinlik katsayısı:

$$\epsilon_R = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_6} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_6} = \frac{308,2 - 281,3}{308,2 - 246,3} = \underline{\underline{0,434}}$$

Isı değiştirilmesine olan ısı transferi:

$$\dot{Q}_2 = \dot{m} c_p (T_6 - T_5) = (0,4 \text{ kg/s}) (\underbrace{1,005 \text{ kJ/kgK}}_{25^\circ\text{C ısı}}) (246,3 - 193,2) \text{ K}$$

$$\boxed{\dot{Q}_2 = 21,36 \text{ kW}}$$

$$\dot{W}_{\text{Komp. giren}} = \dot{m} c_p (T_2 - T_1) = (0,4 \text{ kg/s}) (1,005 \text{ kJ/kgK}) (474,5 - 273,2) \text{ K} = 80,13 \text{ kW}$$

$$\dot{W}_{\text{Türbin çıkan}} = \dot{m} c_p (T_4 - T_5) = (0,4 \text{ kg/s}) (1,005 \text{ kJ/kgK}) (281,3 - 193,2) \text{ K} = 35,43 \text{ kW}$$

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{net}}} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{\text{Komp. giren}} - \dot{W}_{\text{Türbin çıkan}}} = \frac{21,36}{80,13 - 35,43}$$

$$\boxed{\text{COP} = 0,478}$$
 (Gaz akışkanlı sistemlerde COP nispeten düşük olur).

$$\dot{Q}_H = \dot{m} c_p (T_3 - T_2) \Rightarrow \text{COP} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_L}$$
 olarak da

hesaplanabilir.

Dikkat: Bu örneği Tablo A-17'yi kullanarak, değişken  $c_p$  için çözmeye çalışınız.

## 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/termo2/termo2.html> sayfasında verilen “Termodinamik II” dersine ait tüm ders notlarının bazı bölümleri yukarıda verilen kitaplardan ve/veya ilgili sunumlarından yararlanılarak veya ilham alınarak hazırlanmıştır.

*“Termodinamik II” 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 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).