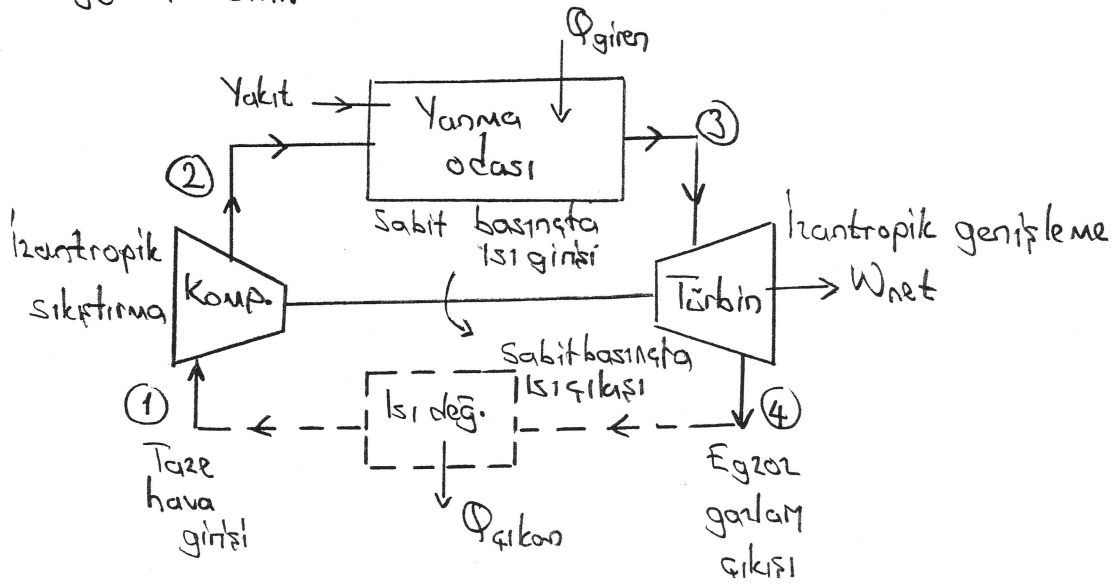


Brayton Çevrimi

Brayton çevrimi, gaz türbini olarak da isimlendirilir. Amaç, hava-yakıt karışımı aracılığı ile türbinden güç elde etmektir. Brayton çevriminde kompresöre giren hava, basıncı ve sıcaklığı artırılarak yanma odasına gönderilir. Daha sonra hava-yakıt karışımına ait gaz karışımı yüksek sıcaklıkta türbine gönderilip iş elde edilir. Gaz karışımı son olarak türbinden dışarı atılır. Bu çevrim "Açık" bir çevrimdir. Türbin girişi ile kompresör girişi arasında bir ısı değiştirici konularak çevrim kapalı duruma da getirilebilir.



* Brayton Çevrimi → Gaz Türbinleri (Açık çevrim)

Amaç: GÜÇ eldesi (Kapalı çevrim olarak da modellenir).

Örnek:

Gaz türbini basınç aralıkları: $P_{min}=100 \text{ kPa}$
 $P_{max}=1600 \text{ kPa}$

İş akışkanı: Hava → debisi: $850 \text{ m}^3/\text{dakika}$
 Kompresöre 40°C sıcaklıkta girmektedir.
 Türbinede 650°C sıcaklıkta çıkmaktadır.

Komp. izotropik verimi: %85

Türbin izotropik verimi: %88

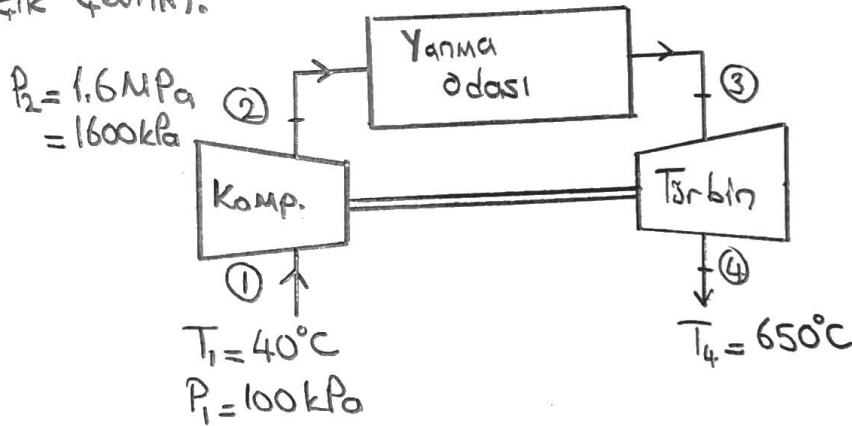
Net güç çıkışı=?

Geril-iş oranı=?

Isıl verim?

*Sabit özgül ısılar yaklaşımı.

Açık çevrim:



Hava özellikleri:

$$R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$$

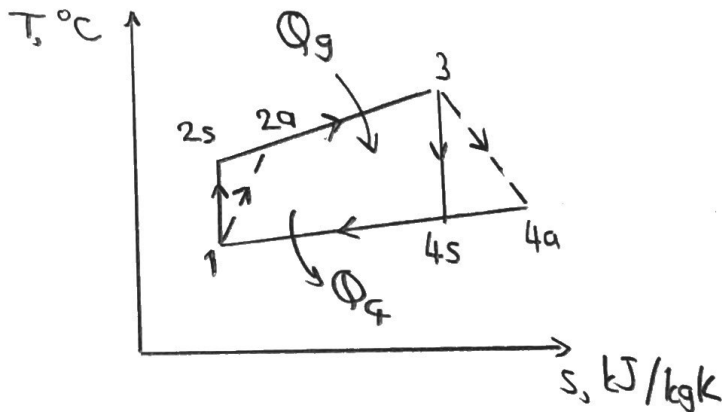
$$c_p = 1,108 \text{ kJ/kgK}$$

$$c_v = 0,821 \text{ kJ/kgK}$$

$$k = 1,35$$

(verilmiş)

T-s diyagramı:



* Sıkıştırma işlemi:

$$\text{Basınç oranı} \rightarrow r_p = \frac{P_2}{P_1} = \frac{1600 \text{ kPa}}{100 \text{ kPa}} = \underline{\underline{16}}$$

$$\text{İzotropik durum} \rightarrow \frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{(k-1)/k} = r_p^{(k-1)/k}$$

$$T_{2s} = \underbrace{(40 + 273,15) \text{ K}}_{313,15 \text{ K}} (16)^{0,35/1,35} = \underline{\underline{642,59 \text{ K}}}$$

$$\text{İzotropik verim} \rightarrow \eta_{\text{komp}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{c_p (T_{2s} - T_1)}{c_p (T_2 - T_1)}$$

$(h_2 = h_{2a})$
 $(T_2 = T_{2a})$

$$0,85 = \frac{(642,59 - 313,15) \text{ K}}{T_2 - 313,15 \text{ K}} \rightarrow T_2 = \underline{\underline{700,73 \text{ K}}}$$

* Genişleme işlemi:

$$\text{İzotropik durum} \rightarrow \frac{T_{4s}}{T_3} = \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{(k-1)/k}, \quad r_p = \frac{P_3}{P_4}$$

$$\frac{T_{4s}}{T_3} = \left(\frac{1}{16} \right)^{0,35/1,35} \rightarrow T_{4s} = (0,4873273) T_3$$

$$\text{İzotropik verim} \rightarrow \eta_{\text{Türbm}} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}} = \frac{c_p (T_3 - T_4)}{c_p (T_3 - T_{4s})}$$

$(h_4 = h_{4a})$
 $(T_4 = T_{4a})$

$$0,88 = \frac{T_3 - (650 + 273,15) \text{ K}}{T_3 - (0,4873273) T_3}$$

$$T_3 = \underline{\underline{1681,98 \text{ K}}}, \quad T_{4s} = 819,67 \text{ K}$$

* Net güç çıkışı için "J" biriminin "W" olarak ifade edilmesi gerekiyor. Bu kapsamda kütleli debinin belirlenmesi için ideal gaz eşitliğinden yararlanılır:

$$PV = mRT \quad (\text{J})$$

$$P\dot{V} = \dot{m}RT \quad (\text{W})$$

$$\text{m}^3/\text{s}$$

✓

$$\text{kg/s}$$

(2)

$$\dot{V} = 850 \text{ m}^3/\text{dakika} = \frac{850}{60} \text{ m}^3/\text{s} = 14,1\bar{6} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_1 \dot{V} = \dot{m} R T_1$$

$$(100 \text{ kPa})(14,1\bar{6} \text{ m}^3/\text{s}) = \dot{m} (0,287 \text{ kJ/kgK})(40+273,15) \text{ K}$$

$$\dot{m} = \underline{\underline{15,76 \text{ kg/s}}}$$

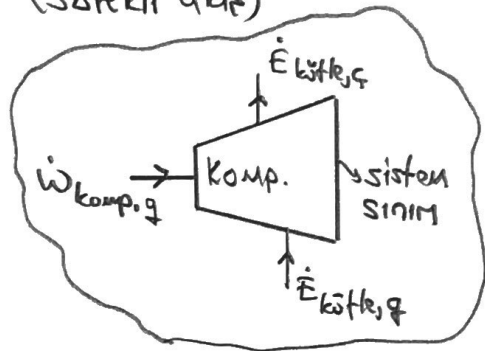
* Kompresör için enerji dengesi:

$$\begin{array}{c} \dot{E}_{\text{giren}} - \dot{E}_{\text{çıkan}} = \Delta \dot{E}_{\text{sistem}} \quad (W) \\ \downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\ \dot{E}_{\text{kütlesel}} \quad \dot{E}_{\text{kütlesel}} \quad \text{"0" (Sürekli akış)} \\ \dot{W}_{\text{komp.g}} \end{array}$$

$$\dot{E}_{\text{kütlesel}} + \dot{W}_{\text{komp.g}} = \dot{E}_{\text{kütlesel}}$$

$$\dot{m} c_p T_1 + \dot{W}_{\text{komp.g}} = \dot{m} c_p T_2$$

$$\begin{aligned} \dot{W}_{\text{komp.g}} &= \dot{m} c_p (T_2 - T_1) = (15,76 \text{ kg/s})(1,108 \text{ kJ/kgK}). \\ &\quad (700,73 - 313,15) \text{ K} \\ &= \underline{\underline{6767,95 \text{ kW}}} \end{aligned}$$

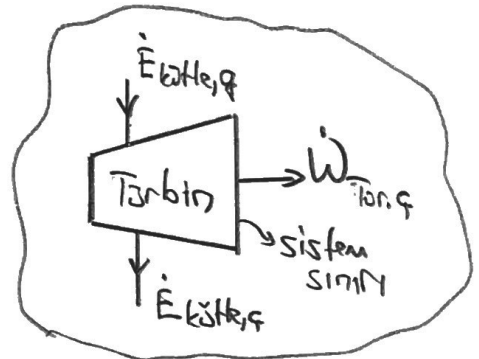


* Türbin için enerji dengesi:

$$\dot{E}_{\text{kütlesel}} = \dot{E}_{\text{kütlesel}} + \dot{W}_{\text{Tür.g}} \quad (W)$$

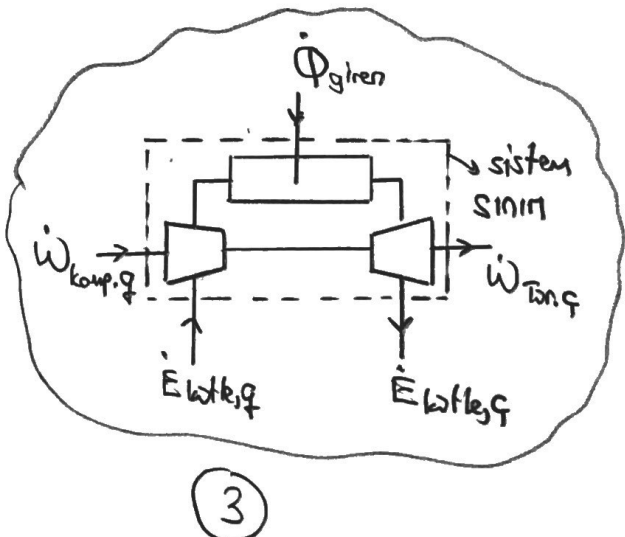
$$\dot{m} c_p T_3 = \dot{m} c_p T_4 + \dot{W}_{\text{Tür.g}}$$

$$\begin{aligned} \dot{W}_{\text{Tür.g}} &= \dot{m} c_p (T_3 - T_4) = (15,76 \text{ kg/s})(1,108 \text{ kJ/kgK}). \\ &\quad (1681,98 - 923,15) \text{ K} \\ &= \underline{\underline{13250,75 \text{ kW}}} \end{aligned}$$



* Ağıt çevrim için enerji dengesi:

$$\begin{array}{c} \dot{E}_{\text{giren}} - \dot{E}_{\text{çıkan}} = \Delta \dot{E}_{\text{sistem}} \\ \downarrow \qquad \qquad \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\ \dot{W}_{\text{komp.g}} \quad \dot{W}_{\text{Tür.g}} \quad \text{"0" (Tüm çevrimler için)} \\ \dot{E}_{\text{kütlesel}} \quad \dot{E}_{\text{kütlesel}} \\ \dot{Q}_{\text{giren}} \end{array}$$



(3)

$$\dot{W}_{komp,q} + \dot{E}_{kolk,q} + \dot{\Phi}_{giren} = \dot{W}_{T0n,q} + \dot{E}_{kolk,q} \quad (W)$$

$$(6767,95 \text{ kW}) + \dot{m} c_p T_1 + \dot{\Phi}_{giren} = (13250,75 \text{ kW}) + \dot{m} c_p T_4$$

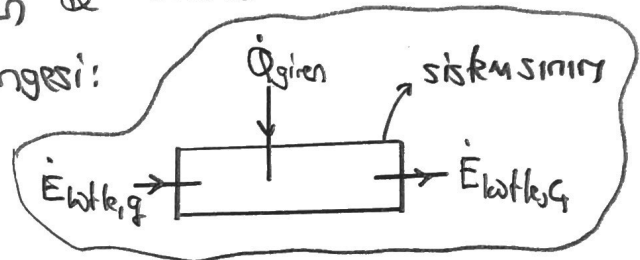
$$\begin{aligned} \dot{\Phi}_{giren} &= (13250,75 - 6767,95) \text{ kW} + \dot{m} c_p (T_4 - T_1) \\ &= (6482,8 \text{ kW}) + (15,76 \text{ kg/s}) (1,108 \text{ kJ/kg K}) \cdot (923,15 - 313,15) \text{ K} \end{aligned}$$

$$\dot{\Phi}_{giren} = \underline{\underline{17134,67 \text{ kW}}}$$

* Dikkat: $\dot{\Phi}_{giren} = \dot{m} c_p (T_3 - T_2)$ eşitliğinden de bulunabilir.

Yanma odası için enerji dengesi:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{giren} - \dot{E}_{çıkan} &= \Delta \dot{E}_{sistem} \\ \downarrow \quad \downarrow &\quad \downarrow \text{"0" (süreklilik)} \\ \dot{E}_{kolk,q} \quad \dot{E}_{kolk,q} & \end{aligned}$$



$$\dot{E}_{kolk,q} + \dot{\Phi}_{giren} = \dot{E}_{kolk,q}$$

$$\begin{aligned} \dot{\Phi}_{giren} &= \dot{m} c_p T_3 - \dot{m} c_p T_2 = \dot{m} c_p (T_3 - T_2) \\ &= (15,76 \text{ kg/s}) (1,108 \text{ kJ/kg K}) (1681,98 - 700,73) \text{ K} \\ &= \underline{\underline{17134,67 \text{ kW}}} \end{aligned}$$

* Net güç çıkışı: $\dot{W}_{net,q} = \dot{W}_{T0n,q} - \dot{W}_{komp,q}$

$$\begin{aligned} &= 13250,75 - 6767,95 \text{ kW} \\ &= \underline{\underline{6482,80 \text{ kW}}} \end{aligned}$$

* Geri iş oranı:

$$\eta_{bw} = \eta_{gi} = \frac{\dot{W}_{komp,q}}{\dot{W}_{T0n,q}} = \frac{6767,95 \text{ kW}}{13250,75 \text{ kW}} = \underline{\underline{0,51}} \quad (\%51)$$

Türbinden çıkan işin %51'i kompresör giriş işi olarak kullanılıyor.

$$* \text{ ısı verim (gerçek)} \rightarrow \eta_{\text{ısı}} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{\dot{\Phi}_{\text{giren}}} = \frac{6482,80 \text{ kW}}{17134,67 \text{ kW}} = 0,378$$

0,378

$$* \text{ ısı verim (ideal)} \rightarrow \eta_{\text{ısı, s}} = 1 - \frac{1}{r_p^{(k-1)/k}}$$

$$= 1 - \frac{1}{16^{0,35/1,35}} = 0,513 \quad (\%51,3)$$

İdeal verim için $\frac{\dot{W}_{\text{net, s}}}{\dot{\Phi}_{\text{giren, s}}}$ oranı da kullanılabilir.

$$\left. \begin{array}{l} T_{2s} = 642,59 \text{ K} \\ T_1 = 313,15 \text{ K} \end{array} \right\} \dot{W}_{\text{komp. g. s}} = 5752,71 \text{ kW}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_3 = 1681,98 \text{ K} \\ T_{4s} = 819,67 \text{ K} \end{array} \right\} \dot{W}_{\text{T. r. g. s}} = 15057,73 \text{ kW}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_3 = 1681,98 \text{ K} \\ T_{2s} = 642,59 \text{ K} \end{array} \right\} \dot{\Phi}_{\text{giren, s}} = 18149,91 \text{ kW}$$

$$\dot{m} = 15,76 \text{ kg/s}$$

$$c_p = 1,108 \text{ kJ/kgK}$$

$$\eta_{\text{ısı, s}} = \frac{\dot{W}_{\text{net, s}}}{\dot{\Phi}_{\text{giren, s}}} = \frac{9305,02 \text{ kW}}{18149,91 \text{ kW}} = 0,513$$

(%51,3)

* Kapalı çevrim olsaydı;

$$\dot{\Phi}_{\text{çıkan}} = \dot{m} c_p (T_4 - T_1) = (15,76 \text{ kg/s}) (1,108 \text{ kJ/kgK}) \cdot (923,15 - 313,15) \text{ K}$$

$$\dot{\Phi}_{\text{çıkan}} = \underline{\underline{10651.87 \text{ kW}}}$$

$$\eta_{\text{ısı, gerçek}} = 1 - \frac{\dot{\Phi}_{\text{çıkan}}}{\dot{\Phi}_{\text{giren}}} = 1 - \frac{10651.87 \text{ kW}}{17134,67 \text{ kW}} = 0,378 \quad (\%37,8)$$

(5)