Termodinamik I

Ders 07 - Bölüm 02

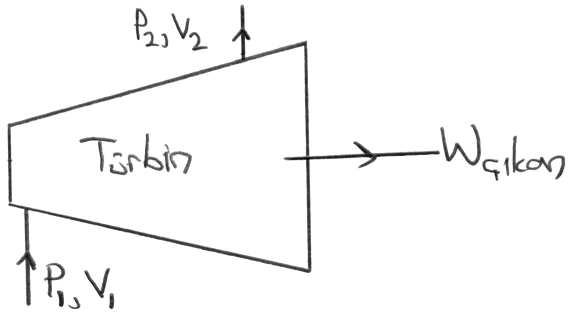
Açık Sistemlerde Enerji Analizi

Sürekli Akışlı Düzenekler

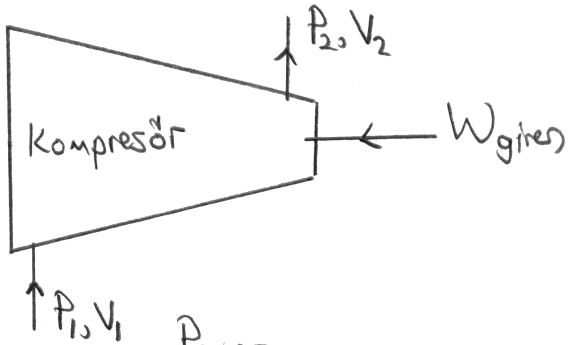
③ Türbin: İş ELDE edilir. (Elektrik jeneratörünü çalıştırır).
Buhar / Gaz / Su türbinleri vardır.

④ Kompresör: İş VERİLİR. (Basınç yükseltilerek akışkanın bir noktadan başka bir noktaya iletimi sağlanır).

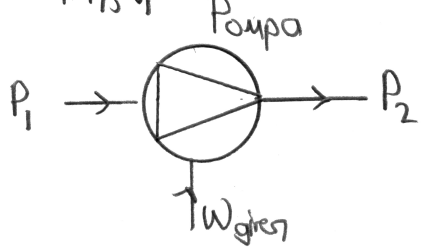
Pompa / Fan bu gruba girer.



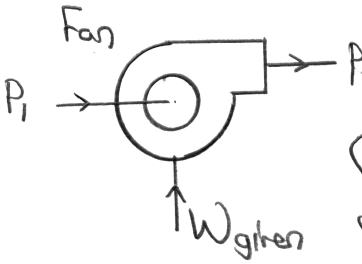
$P_1 > P_2$ (Pa)
$V_1 \gtrsim V_2$ (m/s)
$z_1 \cong z_2$ (m)



$P_1 < P_2$ (Pa)
$V_1 \lesssim V_2$ (m/s)
$z_1 \cong z_2$ (m)



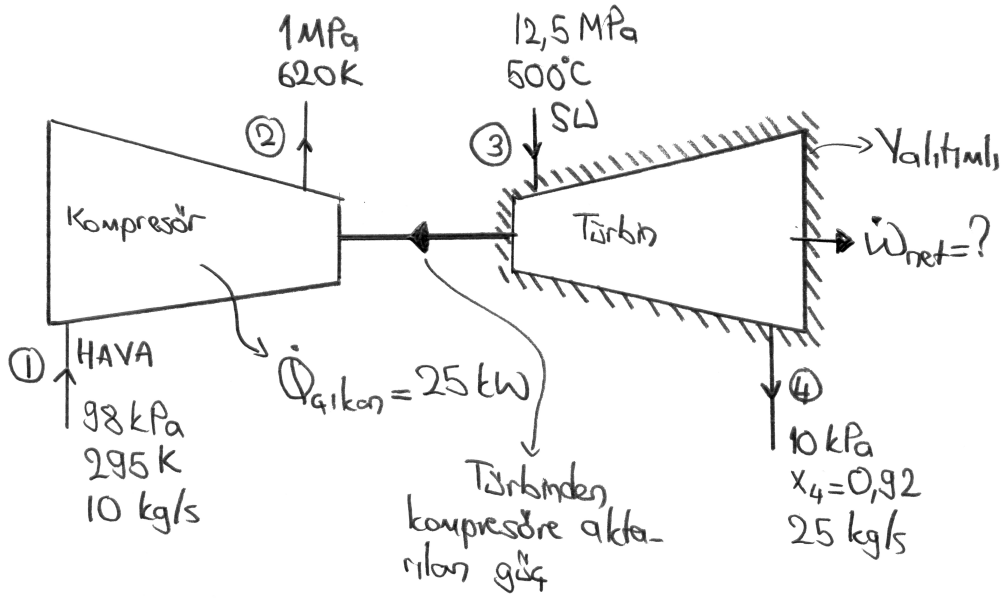
$P_1 < P_2$ (Pa)
$V_1 \lesssim V_2$ (m/s)
$z_1 \cong z_2$ (m)



($V_1 \cong 0$ m/s alınabilir).

$P_1 < P_2$ (Pa)
$V_1 < V_2$ (m/s)
$z_1 \cong z_2$ (m)

Örnek:



Bir işletmede kompresör ile hava basılmaktadır. Kompresör enerjisini su buharı ile çalışan türbinden almaktadır. Net işi "watt" olarak bulunuz.

Türbin ⟶ Buhar türbini

$P_3 = 12{,}5$ MPa, $T_3 = 500°C$, $\dot{m}_3 = 25$ kg/s

$P_4 = 10$ kPa, $x_4 = 0{,}92$, $\dot{m}_4 = 25$ kg/s

$\dot{m} = \dot{m}_3 = \dot{m}_4 = 25$ kg/s

Enerji dengesi ⟶ $\dot{E}_{giren} - \dot{E}_{çıkan} = \Delta\dot{E}_{sistem}$ (W)

$\dot{E}_{kütle,g}$

$\dot{E}_{kütle,ç}$

$\dot{W}_{çıkan}$ (Türbinden iş elde edilir).

$\Delta\dot{E}_{sistem}$ = 0 W (Kararlı akışta sistemdeki enerji değişimi 0 W olur).

$$\dot{E}_{kütle,g} - (\dot{E}_{kütle,ç} + \dot{W}_{çıkan}) = 0 \text{ W}$$

$$\longrightarrow \dot{E}_{kütle,3} - \dot{E}_{kütle,4} = \dot{W}_{çıkan}$$ (Yalıtımlı türbin için enerji dengesi)

$$\dot{m}_3\left(h_3 + V_3^2/2 + gz_3\right) - \dot{m}_4\left(h_4 + V_4^2/2 + gz_4\right) = \dot{W}_{çıkan}$$

* Türbinlerde entalpi değişiminin yanında, potansiyel enerji değişimi çok düşük kaldığı için her zaman potansiyel enerji değişimi ihmal edilir.

* Türbinlerde giriş/çıkış kesit alanları veya giriş/çıkış hızları verilmemiş ise kinetik enerji değişimi de ihmal edilir. Kinetik enerji değişimi de genelde entalpi değişimi yanında çok düşük değerde olmaktadır.
Kesit alanları belli olsa idi, $\dot{m} = \rho V A_{kesit}$ (kg/s) eşitliği yardımıyla hızlar bulunabilirdi.

$$\dot{m}_3 h_3 - \dot{m}_4 h_4 = \dot{W}_{çıkan}$$

$$\dot{W}_{çıkan} = \dot{m}(h_3 - h_4) \quad (W)$$

Hal 1: $P_3 = 12{,}5$ MPa, $T_3 = 500^\circ C$ } Su, 12,5 MPa için $T_d \cong 328^\circ C$ (Tablo A5)
$T_3 > T_d$ ise, KB Bölgesi
Tablo A6 $\longrightarrow h_3 = 3343{,}6$ kJ/kg

Hal 2: $P_4 = 10$ kPa, $x_4 = 0{,}92$ } IB Bölgesi
$h_{4f} = 191{,}81$ kJ/kg (Tablo A5)
$h_{4fg} = 2392{,}1$ kJ/kg

$$h_4 = h_{4f} + x_4 h_{4fg}$$
$$= (191{,}81\ kJ/kg) + (0{,}92)(2392{,}1\ kJ/kg)$$
$$= 2392{,}5\ kJ/kg$$

$$\dot{W}_{çıkan} = (25\ kg/s)(3343{,}6 - 2392{,}5)\ kJ/kg$$
$$= 23777{,}5\ kW$$

<u>Kompresör</u> $\longrightarrow$ Hava kompresörü $P_1 = 98$ kPa, $P_2 = 1$ MPa
$T_1 = 295$ K, $T_2 = 620$ K
$\dot{m}_1 = 10$ kg/s, $\dot{m}_2 = 10$ kg/s

$$\dot{m}_h = \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = 10\ kg/s$$

$P_1 = 98\ kPa$, $T_1 = 295\ K$ } Havanın entalpi değeri; "değişken özgül ısılar" kapsamında Tablo A17'den alınabilir.

$295\ K$ için $h_1 = 295,17\ kJ/kg$

$P_2 = 1\ MPa$, $T_2 = 620\ K$ } Değişken özgül ısılar yaklaşımı kapsamında; $h_2 = 628,07\ kJ/kg$ ($620\ K$ için)

Not: T_1 ile T_2 arasındaki fark büyük olduğu ve havaya ait tablo da olduğu için havaya ait entalpi değerleri, değişken özgül ısılar yaklaşımı altında Tablo A17'den alınmıştır.

Enerji dengesi $\longrightarrow \dot{E}_{giren} - \dot{E}_{çıkan} = \Delta\dot{E}_{sistem}\ (W)$

$\dot{E}_{kütle,g}$, $\dot{W}_{giren}$; $\dot{E}_{kütle,ç}$, $\dot{Q}_{çıkan}$; $\Delta\dot{E}_{sistem} = 0\ W$ (kararlı akış)

$$\dot{E}_{kütle,g} - \dot{E}_{kütle,ç} + \dot{W}_{giren} - \dot{Q}_{çıkan} = 0\ W$$

$$\dot{W}_{giren} - \dot{Q}_{çıkan} = \dot{E}_{kütle,ç} - \dot{E}_{kütle,g}$$ (Kompresör için enerji dengesi)

$$\dot{W}_{giren} - \dot{Q}_{çıkan} = \dot{m}_2\left(h_2 + V_2^2/2 + gz_2\right) - \dot{m}_1\left(h_1 + V_1^2/2 + gz_1\right)$$

*Türbin için yapılan KE ve PE değişimleri yaklaşımları kompresör için de yapılabilir.

$\Longrightarrow \dot{W}_{giren} - \dot{Q}_{çıkan} = \dot{m}_h\left(h_2 - h_1\right)$ olarak son durum yazılabilir.

$$\dot{W}_{giren} - 25\ kW = (10\ kg/s)(628,07 - 295,17)\ kJ/kg$$

$$\dot{W}_{giren} = 3354,0\ kW$$

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_{çıkan} - \dot{W}_{giren}$$

$$= 23797,5 - 3354,0 = \underline{\underline{20423,5\ kW}}$$

Türbin, kompresör, pompa ve fanda ($z_1 \cong z_2$) genellikle potansiyel enerji değişimi ihmal edilir.

⑤ Kısılma Vanaları: Akış kesitini azaltarak, akışkanın basıncını düşürme işlemidir.

Vana/Musluk/Kılcal Boru/Gözenekli Tıpa bu gruba girer.

Soğutma/İklimlendirme uygulamalarında kullanılır.

basınç ↓ ve sıcaklık ↓

↘ Araştır: Joule-Thomson katsayısı



$W = 0$ J

$Q \cong 0$ J

$\Delta pe \cong 0$ J/kg

$\Delta ke \cong 0$ J/kg

Enerji dengesi:

$$E_{giren} - E_{çıkan} = \Delta E_{sistem} \ (J)$$

↓ ↓ ↘ Kararlı akış

$E_{kütle,g}$ $E_{kütle,ç}$ $\Delta E_{sistem} = 0$ J

$$\dot{m}_1 \left(h_1 + V_1^2/2 + g z_1 \right) = \dot{m}_2 \left(h_2 + V_2^2/2 + g z_2 \right)$$

$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$ (kg/s)

$V_1 \cong V_2$ (m/s)

$z_1 = z_2$ (m)

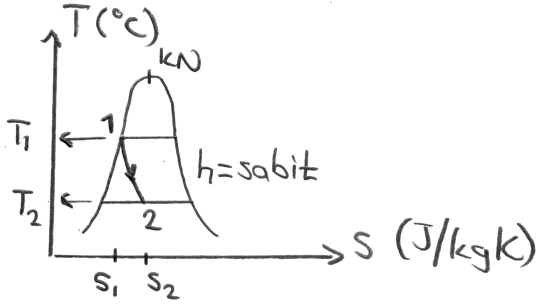
$$\boxed{h_1 = h_2} \ (J/kg) \longrightarrow u_1 + P_1 v_1 = u_2 + P_2 v_2$$

$P_2 v_2 > P_1 v_1 \longrightarrow u_2 < u_1$

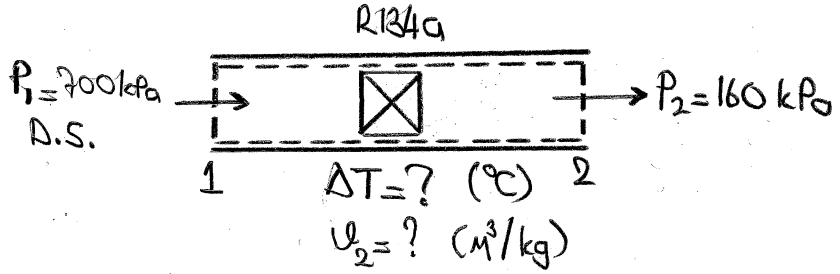
$T_2 < T_1$

İdeal gaz: $h = f(T)$

$T_1 = T_2$



Örnek: Kısılma vanası



R134a soğutucu akışkanı için;

Hal 1: $P_1 = 700$ kPa, D.S. noktası } Tablo A12 (Giriş 1)

$T_1 = T_{doy} = 26{,}69°C$

$v_1 = v_{1,f} = 0{,}0008331\ m^3/kg$

$h_1 = h_{1,f} = 88{,}82\ kJ/kg$

$u_1 = u_{1,f} = 88{,}24\ kJ/kg$

Hal 2: $P_2 = 160$ kPa, $h_2 = h_1 = 88{,}82\ kJ/kg$ } Tablo A12 (Çıkış 2)

$h_{2,f} = 31{,}18\ kJ/kg$

$h_{2,g} = 241{,}14\ kJ/kg$

$h_{2,f} < h_2 < h_{2,g} \rightarrow$ IB Bölgesi

Dikkat: Birbirinden bağımsız iki özelikten biri $h_2 = h_1$ kapsamında entalpi değeri olacaktır.

$T_2 = T_{doy} = -15{,}60°C$

$v_{2,f} = 0{,}0007435\ m^3/kg$

$v_{2,g} = 0{,}12355\ m^3/kg$

$v_{2,fg} = 0{,}1228065\ m^3/kg$

$$h_2 = h_{2,f} + x_2 h_{2,fg}$$

$$88{,}82\ kJ/kg = 31{,}18\ kJ/kg + x_2(241{,}14 - 31{,}18)\ kJ/kg$$

$$x_2 = 0{,}27453 \quad (\%\,27{,}45)$$

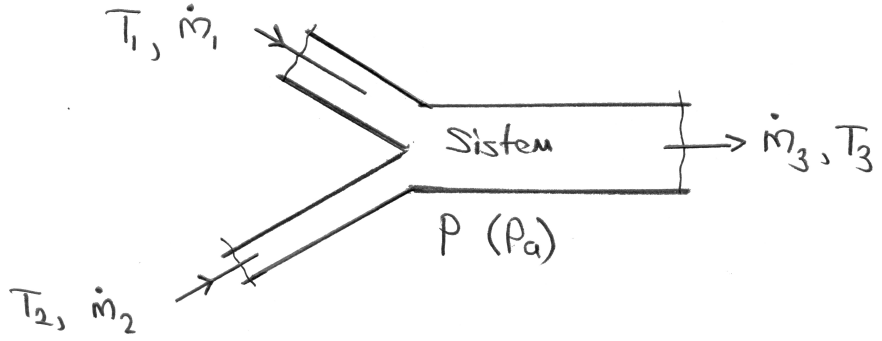
$$\Delta T = T_2 - T_1 = -15{,}60 - 26{,}69$$
$$= -42{,}3^\circ C$$

$$v_2 = v_{2,f} + x_2\, v_{2,fg}$$
$$= (0{,}0007435\ m^3/kg) + (0{,}27453)(0{,}12280655\ m^3/kg)$$
$$= 0{,}0345\ m^3/kg$$

⑥ Karışma Odaları

İki veya daha fazla sayıda akışkanın karışması
(aynı akışkanın)

Örneğin; T bağlantı



$Q \cong 0\ J$
$W = 0\ J$
$\Delta ke \cong 0\ J/kg$
$\Delta pe \cong 0\ J/kg$

Kütlenin korunumu: $\sum \dot{m}_{giren} - \sum \dot{M}_{çıkan} = \frac{d\dot{m}_{sistem}}{dt}$ (kg/s)

$\dot{m}_1, \dot{m}_2$; $\dot{m}_3$; dt → $=0$ w (Sürekli akış)

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{M}_3 \quad (kg/s)$$

Enerjinin korunumu:

$\dot{E}_{giren} - \dot{E}_{çıkan} = \Delta \dot{E}_{sistem}$ (w)

$\dot{E}_{giren}$ → $\dot{E}_{kütle,g1}$, $\dot{E}_{kütle,g2}$
$\dot{E}_{çıkan}$ → $\dot{E}_{kütle,ç3}$
$\Delta \dot{E}_{sistem}$ → $=0$ w (Sürekli akış)

$$\dot{E}_{kütle,g1} + \dot{E}_{kütle,g2} = \dot{E}_{kütle,ç3}$$

$$\dot{m}_1\left(h_1 + V_1^2/2 + gz_1\right) + \dot{m}_2\left(h_2 + V_2^2/2 + gz_2\right) = \dot{m}_3\left(h_3 + V_3^2/2 + gz_3\right)$$

Yatay karışım odası için: $z_1 = z_2 = z_3$ (m)

$V_1 \cong V_2 \cong V_3$ (m/s)

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{M}_3 h_3$$

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = (\dot{M}_1 + \dot{M}_2) h_3$$

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_1 h_3 + \dot{m}_2 h_3$$

$$\dot{m}_1(h_1 - h_3) = \dot{m}_2(h_3 - h_2) \longrightarrow \dot{m}_2 = \dot{m}_1 \cdot \frac{h_1 - h_3}{h_3 - h_2} \quad (kg/s)$$

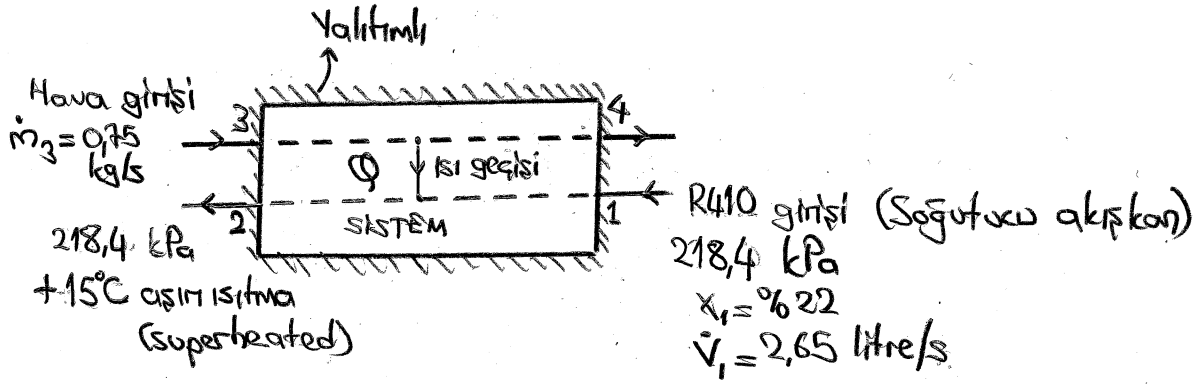
$h_1 \rightarrow T_1$ sıcaklığında seçilir.
$h_2 \rightarrow T_2$ " " . } Sıkıştırılmış Sıvı Bölgesi için
$h_3 \rightarrow T_3$ " " .

⑦ Isı Değiştiricileri

İki akışkanın karışmadan aralarında ısı alış-verişi gerçekleştirmesi.

farklı akışkanlar olabilir

Örnek: Buharlaştırıcı (Isı değiştirici)



$\Delta T_{43} = T_4 - T_3 = ?$

$\dot{Q} = \dot{Q}_{34} = \dot{Q}_{12} = ?$

Kütlenin korunumu: $\sum \dot{m}_{giren} - \sum \dot{m}_{cikan} = \Delta \dot{m}_{sistem}$ (kg/s)

$\Delta \dot{m}_{sistem} = 0$ (Sürekli akış)

R410 için: $\dot{m}_R = \dot{m}_1 = \dot{m}_2$ (kg/s)

Hava için: $\dot{m}_h = \dot{m}_3 = \dot{m}_4$ (kg/s)

Enerjinin korunumu:

$$\dot{E}_{giren} - \dot{E}_{cikan} = \Delta \dot{E}_{sistem} \ (W)$$

$\Delta \dot{E}_{sistem} = 0$ (Kararlı akış)

$\dot{E}_{giren}$: $\dot{E}_{kütle,g1}$, $\dot{E}_{kütle,g3}$

$\dot{E}_{cikan}$: $\dot{E}_{kütle,g2}$, $\dot{E}_{kütle,g4}$

$$\dot{E}_{kütle,g1} - \dot{E}_{kütle,g2} + \dot{E}_{kütle,g3} - \dot{E}_{kütle,g4} = 0 \ W$$

$$\dot{m}_R(h_1 - h_2) + \dot{m}_h(h_3 - h_4) = 0$$

$\Delta ke \cong 0$ J/kg

$\Delta pe \cong 0$ J/kg

$$\longrightarrow \dot{m}_h(h_3 - h_4) = \dot{m}_R(h_2 - h_1)$$

1 Girişi: $P_1 = 218{,}4$ kPa, $x_1 = 0{,}22$ } IB Bölgesi, R410, Tablo B20

$h_{f1} = 6{,}97$ kJ/kg

$h_{fg1} = 258{,}26$ kJ/kg

$T_1 = T_d = -35°C$

$$h_1 = h_{f1} + x_1 h_{fg1} = (6{,}97 \text{ kJ/kg}) + (0{,}22)(258{,}26 \text{ kJ/kg})$$

$$h_1 = 63{,}7872 \text{ kJ/kg}$$

2 Çıkışı: $P_2 = P_1 = 218{,}4$ kPa, $+15°C$ aşırı ısıtma } Aşırı ısıtma → KB Bölgesi, R410, Tablo B21

$T_2 = T_d +$ (aşırı ısıtmaya ait sıcaklık değeri)

$T_2 = -35 + 15 = -20°C$

$h_2 = 278{,}12$ kJ/kg (İnterpolasyon ile)

$\dot{m}_R = \dot{V}_1 / v_1$ ise; $v_{1f} = 0{,}000771 \ m^3/kg$

$v_{1fg} = 0{,}11505 \ m^3/kg$

$v_1 = v_{1f} + x_1 v_{1fg} \longrightarrow v_1 = (0{,}000771 \ m^3/kg) + (0{,}22)(0{,}11505 \ m^3/kg)$

$v_1 = 9026 \ m^3/kg$

$$\dot{m}_R = \frac{(2{,}65/1000)\,m^3/s}{0{,}026\,m^3/kg} = 0{,}102\ kg/s$$

Bilgi: $\left\{2{,}65\ \frac{L}{s}\cdot\frac{1\,m^3}{1000\,L} \rightarrow \frac{2{,}65}{1000}\ m^3/s\right\}$

3 Girişi: Hava, $\dot{m}_h = 0{,}75\ kg/s$

4 Çıkışı: Hava, $\Delta T_{34} = ?$

} Hava, $c_p = 1{,}005\ kJ/kgK$ (300K için)

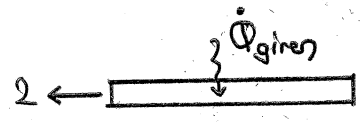
$$\dot{m}_h (h_3 - h_4) = \dot{m}_R (h_2 - h_1)$$

$$\dot{m}_h c_p \Delta T_{34} = \dot{m}_R (h_2 - h_1)$$

$$(0{,}75\ kg/s)(1{,}005\ kJ/kgK)\,\Delta T_{34} = (0{,}102\ kg/s)(278{,}12 - 63{,}7872)\ kJ/kg$$

$$\underline{\Delta T_{34} = 29^\circ C}$$

R410 için Enerji Dengesi:



$$\dot{E}_{giren} - \dot{E}_{çıkan} = \Delta\dot{E}_{sistem}\ (W)$$

$\dot{E}_{giren}$: $\dot{m}_R h_1$, $\dot{Q}_{giren}$

$\dot{E}_{çıkan}$: $\dot{m}_R h_2$

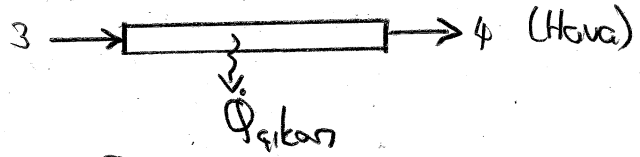
$\Delta\dot{E}_{sistem}$: 0 W (Sürekli akış)

$$\dot{m}_R h_1 - \dot{m}_R h_2 + \dot{Q}_{giren} = 0$$

$$\dot{Q}_{giren} = \dot{m}_R (h_2 - h_1) = (0{,}102\ kg/s)(278{,}12 - 63{,}7872)\ kJ/kg$$

$$\dot{Q}_{giren} = 21{,}86\ kW$$

Hava için Enerji Dengesi:



$$\dot{m}_h h_3 - \dot{m}_h h_4 - \dot{Q}_{çıkan} = 0$$

$$\dot{Q}_{çıkan} = \dot{m}_h (h_3 - h_4)$$

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

$$\dot{Q}_{çıkan} = (0{,}75\ kg/s)(1{,}005\ kJ/kgK)(29°C)$$
$$= 21{,}86\ kW$$

Havadan çıkan ısının tamamı R410'a girmiştir (Isı değiştiricilerin amacı)

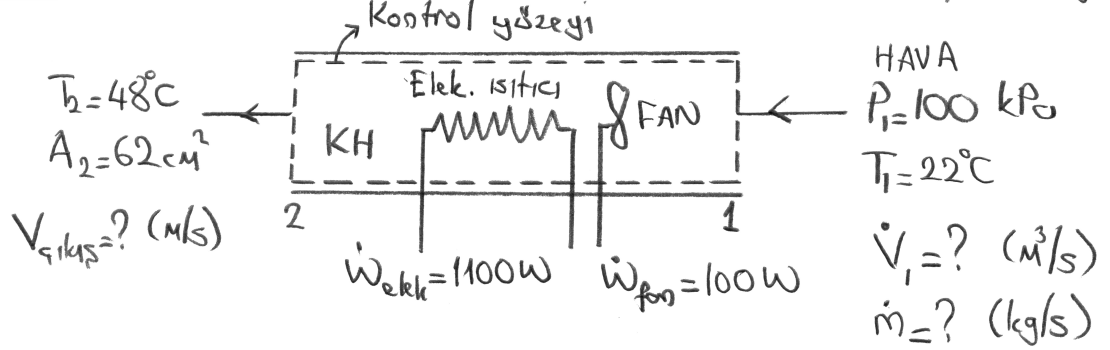
$$\dot{Q} = \dot{Q}_{giren} = \dot{Q}_{çıkan} = 21{,}86\ kW$$

c_p, oda sıcaklığı olan 300K sıcaklıkta alınmıştır.
$\Delta T_{34} = 29°C = 29K$ değerindeki sıcaklık artışı için ortalama sıcaklıkta 300K civarında olacaktır.

⑧ Boru ve Kanallarda Akış

Boru → Genelde içinden sıvı geçer. (Çap)
Kanal → Genelde içinden gaz geçer. (Hidrolik çap)

Örnek: Saç kurutma makinasını kanal olarak ele alıp inceleyelim:



Kütlenin korunumu: $\sum m_{giren} - \sum m_{çıkan} = \Delta m_{sistem}$ (kg)

m_1 m_2 0 (KH'de depolanan kütle yok)

$$m_1 = m_2 \ (kg)$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m} \ (kg/s)$$

$$\dot{V}_1 \neq \dot{V}_2 \ (m^3/s)$$ Sıkıştırılabilir akışkan (Hava)

Enerjinin korunumu:
Enerji dengesi:

$$\dot{E}_{giren} - \dot{E}_{cikan} = \Delta \dot{E}_{KH} \quad (=0 \text{ (Sürekli akış)})$$

$\dot{E}_{kütle,g}$, $\dot{W}_{fan}$, $\dot{W}_{elek.}$ → $\dot{E}_{giren}$

$\dot{E}_{kütle,ç}$ → $\dot{E}_{cikan}$

$$\dot{E}_{kütle,g} + \dot{W}_{fan} + \dot{W}_{elek} - \dot{E}_{kütle,ç} = 0 \ W$$

Kabuller: $\dot{Q}_{cikan} \cong 0$ W, $\Delta ke \cong 0$ J/kg, $\Delta pe \cong 0$ J/kg

1 Girişi: Hava, $R = 0{,}287$ kJ/kgK (Tablo A1)
$P_1 = 100$ kPa
$T_1 = 22^\circ C = 295{,}15$ K

2 Çıkışı: $T_2 = 48^\circ C = 321{,}15$ K
$P_2 = P_1 = 100$ kPa
$A_2 = 62$ cm^2

$$\dot{E}_{kütle,g} = \dot{m}(h_1 + V_1^2/2 + gz_1) \longrightarrow \dot{E}_{kütle,g} = \dot{m} h_1 \ (W)$$

$$\dot{E}_{kütle,ç} = \dot{m}(h_2 + V_2^2/2 + gz_2) \longrightarrow \dot{E}_{kütle,ç} = \dot{m} h_2 \ (W)$$

$$\dot{W}_{fan} + \dot{W}_{elek} = 100 \ W + 1100 \ W = 1200 \ W = 1{,}2 \ kW$$

$$\dot{m} h_1 + 1{,}2 \ kW = \dot{m} h_2$$

$$1{,}2 \ kW = \dot{m}(h_2 - h_1) \longrightarrow \dot{m} = \frac{1{,}2 \ kW}{h_2 - h_1} \ (kg/s)$$

$h_2 - h_1$ için: $c_{p,ort}(T_2 - T_1)$ yaklaşımı (Ortalama özgül ısılar ya da oda sıcaklığında özgül ısılar yaklaşımı)

$$\frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{22 + 48}{2} = 35^\circ C = 308{,}15 \text{ K}$$

Tablo A2'den 308,15K için interpolasyon ile, $c_p = 1{,}0055$ kJ/kgK
Oda sıcak. → 300K için $c_p = 1{,}005$ kJ/kgK
308,15 K ≅ 300K için $c_p = 1{,}005$ kJ/kgK alınabilir.

$$h_2 - h_1 = c_{p,ort}(T_2 - T_1)$$
$$= (1{,}005\ kJ/kgK)(48-22)K$$
$$= 26{,}13\ kJ/kg$$

$h_2 - h_1$ için değişken özgül ısılar yaklaşımı:

Tablo A17 $\longrightarrow$ $T = 295{,}15\ K$ için $h_1 = 295{,}17\ kJ/kg$ (295K için alınabilir)

$T = 321{,}15\ K$ için $h_2 = 320{,}29\ kJ/kg$ (320K için alınabilir)

$$h_2 - h_1 = 320{,}29 - 295{,}17$$
$$= 25{,}12\ kJ/kg$$

$T = 321{,}15K$ için interpolasyon ile: $h_2 = 321{,}44\ kJ/kg$

$$\longrightarrow h_2 - h_1 = 321{,}44 - 295{,}17$$
$$= 26{,}27\ kJ/kg$$

Bu soruda $h_2 - h_1 = 26{,}13\ kJ/kg$ olarak alalım.

$$\dot{m} = \frac{1{,}2\ kW}{26{,}13\ kJ/kg} = 0{,}046\ kg/s$$

Hacimsel debi: $\dot{V}_1 = \dot{m} v_1 \quad (m^3/s)$

$$PV = mRT \longrightarrow Pv = RT \longrightarrow v_1 = \frac{RT_1}{P_1}$$

$$v_1 = \frac{(0{,}287\ kJ/kgK)(295{,}15K)}{100kPa}$$

$$v_1 = 0{,}8471\ m^3/kg$$

$$\dot{V}_1 = (0{,}046\ kg/s)(0{,}8471\ m^3/kg)$$
$$= 0{,}039\ m^3/s$$

$$\dot{m} = \dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$\dot{V}_1 \neq \dot{V}_2$$

$$\dot{m} = \rho_2 A_2 V_2 = \frac{1}{v_2} A_2 V_{çıkış}$$

$$P_2 v_2 = R T_2 \longrightarrow (100\ kPa)\, v_2 = (0{,}287\ kJ/kgK)(321{,}15\ K)$$

$$v_2 = 0{,}9217\ m^3/kg$$

$v_2 > v_1$ oldu.

$$0{,}046\ kg/s = \frac{1}{0{,}9217\ m^3/kg} \cdot (62.10^{-4}\ m^2)\, V_{çıkış}$$

$$V_2 = V_{çıkış} = 6{,}84\ m/s$$

Not: $V_2^2/2 = (6{,}84\ m/s)^2/2 = 23{,}38\ J = 0{,}023\ kJ$

$V_1^2/2 = (0\ m/s)^2/2 = 0\ kJ$

$$\Delta KE = \dot{m}\,(0{,}023 - 0)\ kJ = (0{,}046\ kg/s)(0{,}023\ kJ)$$
$$= 1{,}076.10^{-3}\ kW$$

$\Delta \dot{K}E$, $\Delta \dot{H}$ yanında çok küçük kaldığı için başlangıçta $\Delta KE \cong 0\ J$ (veya $0\ W$) olarak alındı.

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 1" 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).