

MAK 212 - TERMODİNAMİK

CRN: 21688, 21689, 21690, 21691, 21692

2010-2011 BAHAR YARIYILI

ÖDEV 5-ÇÖZÜM

- 1) Buharlı bir güç santralinin kazanında aracı akışkana 280 GJ/h ısı geçişi olmaktadır. Borularda ve diğer elemanlarda buhardan çevre havaya yaklaşık 8 GJ/h ısı geçişi olduğu bilinmektedir. Yoğuşturucuda soğutma suyuna geçen ısı ise 145 GJ/h olduğuna göre, santralin (a) net gücünü, (b) ısıl verimini hesaplayın. (Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, **Problem 5-26**).

(a) Güç santralinden atılan toplam ısı,

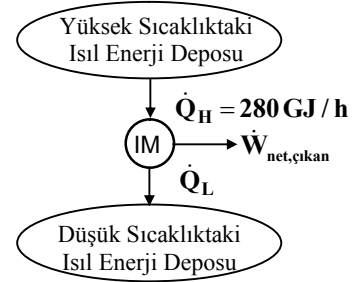
$$\dot{Q}_L = 145 + 8 = 153 \text{ GJ/h}$$

Santralin net gücü,

$$\dot{W}_{\text{net,çıkan}} = \dot{Q}_H - \dot{Q}_L = 280 - 153 = 127 \text{ GJ/h} = \mathbf{35.3 \text{ MW}}$$

(b) Santralin ısıl verimi,

$$\eta_{\text{th}} = \frac{\dot{W}_{\text{net,çıkan}}}{\dot{Q}_H} = \frac{127}{280} = 0.454 = \mathbf{\%45.4}$$



- 2) Bir otomobil motoru saatte 20 L yakıt tüketmekte ve tekerleklere 60 kW güç iletmektedir. Yakıtın ısıl değeri 44000 kJ/kg ve yoğunluğu 0.8 g/cm³ olduğuna göre, bu motorun ısıl verimini hesaplayın. (Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, **Problem 5-29**).

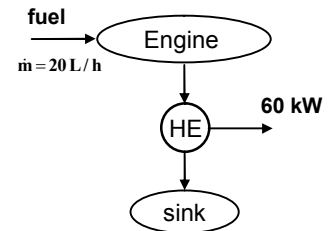
Yakıt tüketim miktarı,

$$\dot{m}_{\text{yakıt}} = (\rho \dot{V})_{\text{yakıt}} = (0.8 \text{ kg/L})(20 \text{ L/h}) = 16 \text{ kg/h}$$

Enerji girişi,

$$\dot{Q}_H = \dot{m}_{\text{yakıt}} H_{\text{yakıt}} = (16 \text{ kg/h})(44000 \text{ kJ/kg}) = 704000 \text{ kJ/h} = 195.6 \text{ kW}$$

Isıl verim, $\eta_{\text{th}} = \frac{\dot{W}_{\text{net,çıkan}}}{\dot{Q}_H} = \frac{60}{195.6} = 0.307 = \mathbf{\%30.7}$



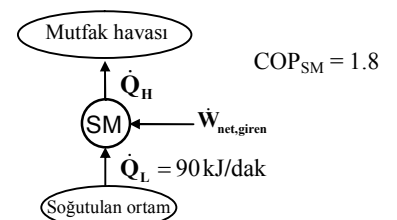
- 3) COP değeri 1.8 olan bir ev buzdolabı, soğutulan ortamdaki dakikada 90 kJ ısı çekmektedir. (a) Buzdolabının elektrik tüketimini, (b) mutfığa olan ısı geçişini hesaplayın. (Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, **Problem 5-41**).

(a) Buzdolabını çalıştırmak için gerekli güç,

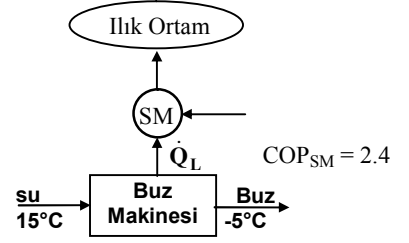
$$\dot{W}_{\text{net,giren}} = \frac{\dot{Q}_L}{\text{COP}_{\text{SM}}} = \frac{90}{1.8} = 50 \text{ kJ/dak} \quad (\mathbf{0.83 \text{ kW}})$$

(b) Buzdolabından mutfığa olan ısı geçişi,

$$\dot{Q}_H = \dot{Q}_L + \dot{W}_{\text{net,giren}} = 90 + 50 = 140 \text{ kJ/dak} \quad (\mathbf{2.33 \text{ kW}})$$



- 4) Su bir buz makinesine 15°C sıcaklıkta girmekte ve -5°C sıcaklıkta çıkmaktadır. Buz makinesinin etkinlik katsayısı 2.4 olduğuna göre, saatte 12 kg buz üretmek için gerekli gücü hesaplayın.
Not: 15°C sıcaklıktaki suyu -5°C sıcaklıkta buza dönüştürmek için 1 kg sudan çekilmesi gereken enerji 384 kJ'dür. (*Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, Problem 5-44*).



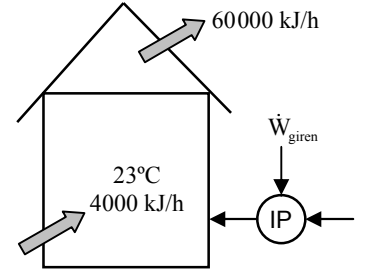
Buz makinesinin soğutma yükü,

$$\dot{Q}_L = \dot{m}q_L = (12 \text{ kg/h})(384 \text{ kJ/kg}) = 4608 \text{ kJ/h} \quad \mathbf{(1.28 \text{ kW})}$$

Gerekli güç,

$$\dot{W}_{\text{net,giren}} = \frac{\dot{Q}_L}{\text{COP}_{\text{SM}}} = \frac{4608}{2.4} = 1920 \text{ kJ/h} \quad \mathbf{(0.533 \text{ kW})}$$

- 5) Bir evin iç sıcaklığı, ısı pompası kullanılarak 23°C'de sabit tutulmaktadır. Evin duvar ve pencerelerinden dışarıya olan ısı geçişi 60000 kJ/h olurken, evin içindeki insanların, lambaların ve elektrikli cihazların yaydığı ısı da 4000 kJ/h'dir. Isı pompasının etkinlik katsayısı 2.5 olduğuna göre, ısı pompasını çalıştırmak için gerekli gücü hesaplayın. (*Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, Problem 5-52*).



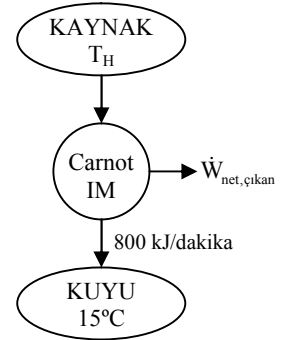
Isı Pompasının ısıtma yükü, dışarıya olan ısı kayıpları ile evin içindeki ısı kazançları arasındaki fark olacaktır:

$$\dot{Q}_H = 60000 - 4000 = 56000 \text{ kJ/h} \quad \mathbf{(15.56 \text{ kW})}$$

Isı pompasını çalıştırmak için gerekli güç.

$$\dot{W}_{\text{net,giren}} = \frac{\dot{Q}_H}{\text{COP}_{\text{IP}}} = \frac{56000}{2.5} = 22400 \text{ kJ/h} \quad \mathbf{(6.22 \text{ kW})}$$

- 6) Bir ısı makinesi Carnot çevrimine göre çalışmaktadır ve ısıl verimi yüzde 55'tir. Makinenin atık ısısı 800 kJ/dakika olup, 15°C sıcaklıktaki bir göle verilmektedir. (a) Makinenin gücünü, (b) ısı aldığı kaynağın sıcaklığını hesaplayın. (*Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, Problem 5-74*).



(a) Isı makinesine olan ısı geçişi,

$$\eta_{\text{th}} = 1 - \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_H} \longrightarrow 0.55 = 1 - \frac{800}{\dot{Q}_H} \longrightarrow \dot{Q}_H = 1777.8 \text{ kJ/dak}$$

Isı Makinesinin net gücü,

$$\dot{W}_{\text{net,çikan}} = \eta_{\text{th}} \dot{Q}_H = (0.55)(1777.8) = 977.8 \text{ kJ/dak} \quad \mathbf{(16.3 \text{ kW})}$$

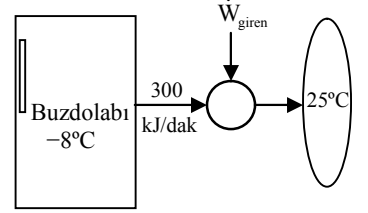
(b) İki ısıl enerji deposu arasında çalışan tersinir ısı makinesi için,

$$\left(\frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_L} \right)_{\text{tr}} = \left(\frac{T_H}{T_L} \right)$$

Carnot Isı Makinesinin ısı aldığı kaynağın sıcaklığı T_H ,

$$T_H = \left(\frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_L} \right)_{\text{tr}} T_L = \left(\frac{1777.8}{800} \right) (288) = \mathbf{640 \text{ K}}$$

- 7) Bir soğutma makinesi, soğutulan ortamı -8°C sıcaklıkta tutabilmek için ortamdaki 300 kJ/dakika ısı çekmektedir. Soğutma makinesinin ısı verdiği ortam 25°C sıcaklıkta ise, makineyi çalıştırmak için gerekli en düşük gücü hesaplayın. (Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, **Problem 5-86**).



Aynı sıcaklık sınırları arasında çalışan tersinir soğutma makinesine verilen güç minimum olacağından, tersinir soğutma makinesi için etkinlik katsayısı,

$$\text{COP}_{\text{SM,tr}} = \frac{1}{(T_H / T_L) - 1} = \frac{1}{(298 / 265) - 1} = 8.03$$

Soğutma makinesini çalıştırmak için gerekli en düşük güç,

$$\dot{W}_{\text{net,giren,minimum}} = \frac{\dot{Q}_L}{\text{COP}_{\text{SM,maksimum}}} = \frac{300}{8.03} = 37.36 \text{ kJ/dak} = \mathbf{0.623 \text{ kW}}$$

- 8) Bir mucit -5°C sıcaklıktaki bir ortamdaki ısıyı çekerek 22°C sıcaklıkta bir ortama ısı veren ve etkinlik katsayısı 8.2 olan bir soğutma makinesi geliştirdiğini savunmaktadır. Sizce bu sav doğru olabilir mi? Neden? (Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, **Problem 5-90**).

$$T_L = -5^{\circ}\text{C} = 268 \text{ K}$$

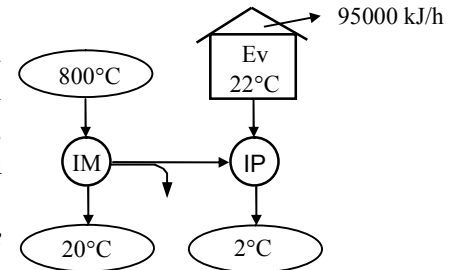
$$T_H = 22^{\circ}\text{C} = 295 \text{ K}$$

Aynı sıcaklık sınırları (-5°C ile 22°C) arasında çalışan soğutma makinelerinden en yüksek etkinlik katsayısına sahip olan tersinir soğutma makinesi olduğundan,

$$\text{COP}_{\text{SM,maksimum}} = \text{COP}_{\text{SM,tr}} = \frac{1}{(T_H / T_L) - 1} = \frac{1}{(295 / 268) - 1} = 9.9$$

Mucidin savunduğu etkinlik katsayısı (8.2), maksimum değerden (9.9'dan) daha düşük bir değer olduğu için böyle bir soğutma makinesi yapmak mümkün olabilir.

- 9) Bir ısı makinesi 800°C ve 20°C sıcaklıktaki ısı depoları arasında çalışmaktadır. Isı makinesinin ürettiği gücün yarısı bir evi ısıtmak için kullanılan Carnot ısı pompasını çalıştırmaktadır. Evin iç sıcaklığı 22°C , dış sıcaklık 2°C iken, evin ısı kaybı saatte 95000 kJ 'dür. Verilen koşullarda ısı makinesine birim zamanda verilmesi gereken en az enerji ne kadardır? (Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, **Problem 5-114**).



Carnot Isı Pompasının etkinlik katsayısı (ısıtma tesir katsayısı),

$$\text{COP}_{\text{IP,Carnot}} = \frac{1}{1 - (T_L / T_H)} = \frac{1}{1 - (275 / 295)} = 14.75$$

Isı pompasına verilmesi gereken güç,

$$\dot{W}_{\text{net,giren,IP}} = \frac{\dot{Q}_{\text{H,IP}}}{\text{COP}_{\text{IP,Carnot}}} = \frac{95000}{14.75} = 6441 \text{ kJ/h} \quad (\mathbf{1.79 \text{ kW}})$$

Bu değer ısı makinesinin ürettiği gücün yarısı olduğundan, ısı makinesinin ürettiği güç,

$$\dot{W}_{\text{net,çıkan,IM}} = 2\dot{W}_{\text{net,giren,IP}} = 2 \times 6441 = 12882 \text{ kJ/h} \quad (\mathbf{3.58 \text{ kW}})$$

Isı makinesine verilmesi gereken en az enerji miktarı, aynı sıcaklık sınırları arasında çalışan tersinir ısı makinesine verilmesi gereken enerji miktarı olacaktır.

Carnot ısı makinesinin ısı verimi $\eta_{th,Carnot} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{293}{1073} = 0.727$

Isı makinesine verilmesi gereken en az enerji miktarı:

$$\dot{Q}_{H,IM,min} = \frac{\dot{W}_{net,çıkan,IM}}{\eta_{th,Carnot}} = \frac{12882}{0.727} = 17719 \text{ kJ/h} \quad (4.92 \text{ kW})$$

- 10) Sürekli akışlı açık sistemde uygulanan bir Carnot ısı makinesi çevrimini göz önüne alın. Çevrimin ısı verimi yüzde 30 olup, çevrime ısı geçişi sırasında su, 300°C sıcaklıkta doymuş sıvıdan doymuş buhara dönüşmektedir. Suyun debisi 5 kg/s olduğuna göre, ısı makinesinin net gücünü kW olarak hesaplayın. (*Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Çengel ve Boles, çev. T. Derbentli, Problem 5-100*).

Buharlaştırma entalpisi h_{fg} , verilen T veya P de, 1 kg saf maddeyi doymuş sıvı halinden doymuş buhar haline dönüştürmek için gereken enerji miktarıdır. Sorudaki tersinir çevrime ısı geçişi esnasında da, su doymuş sıvı halinden doymuş buhara dönüştüğünden, çevrime olan ısı geçişi aşağıdaki şekilde bulunur:

$$\dot{Q}_H = \dot{m} h_{fg,300^\circ\text{C}} = 5 \times 1404.9 = 7025 \text{ kW}$$

Isı Makinesinin net gücü,

$$\dot{W}_{net,çıkan} = \eta_{th} \dot{Q}_H = 0.30 \times 7025 = 2107.5 \text{ kW}$$

