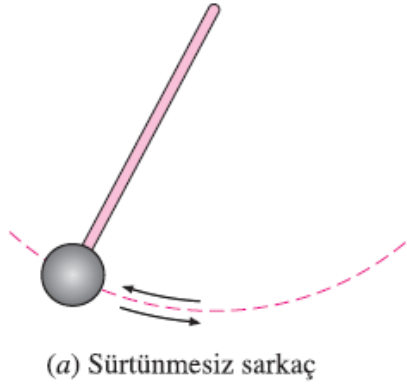


Tersinir ve Tersinmez Durum Değişimleri

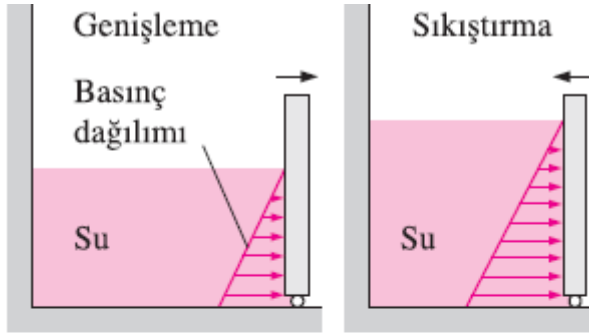
Tersinir hal değişimi, bir yönde gerçekleştikten sonra, çevrede herhangi bir iz bırakmadan tersi yönde gerçekleştirilebilen bir hal değişimi

Tersinir olmayan hal değişimlerine **tersinmez hal değişimleri** denir.

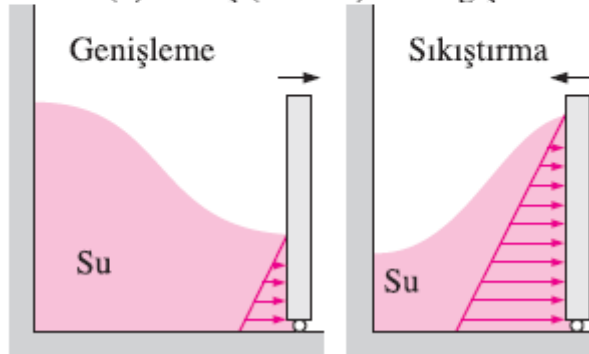


(b) Bir gazın sanki-dengeli genişlemesi ve sıkıştırılması

Bilinen iki tersinir hal değişimi.



(a) Yavaş (tersinir) hal değişimi

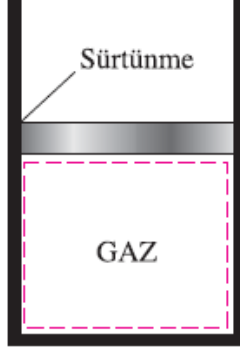


(b) Hızlı (tersinmez) hal değişimi

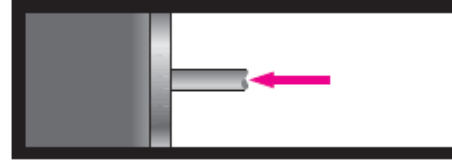
- En çok iş, tersinir durum değişimleri sırasında yapılır.
- En az iş tersinir durum değişimleri sırasında gerekir.

Tersinmezlikler

❖ Bir durum değişiminin tersinmez olmasına neden olan etkenler



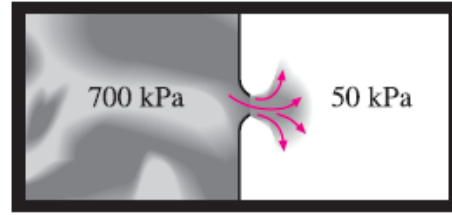
Sürtünme, bir hal değişimini tersinmez yapar.



(a) Hızlı sıkıştırma

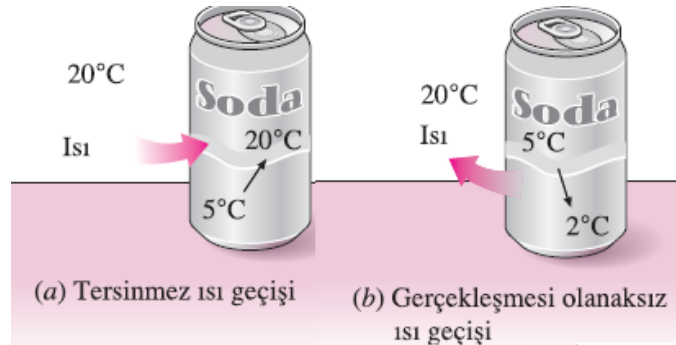


(b) Hızlı genişleme



(c) Kontrolsüz genişleme

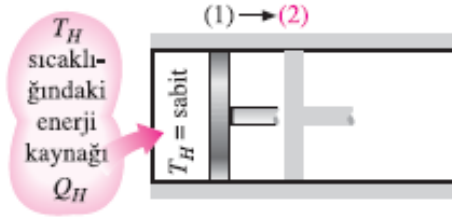
Tersinmez sıkıştırma ve genişleme işlemleri.



(a) Sonlu sıcaklık farkında ısı geçişi tersinmezdir

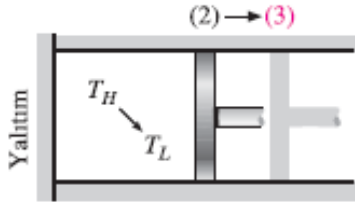
(b) Soğuk oramdan sıcak ortama kendiliğinden ısı geçişi olanaksızdır.

Carnot Çevrimi



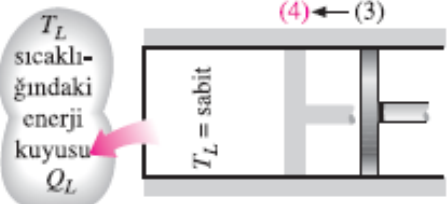
(a) 1-2 hal değişimi

(a) Tersinir sabit sıcaklıkta genişleme



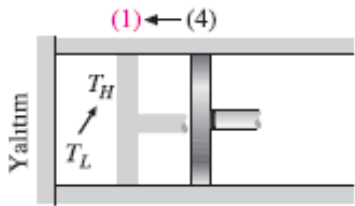
(b) 2-3 hal değişimi

(b) Tersinir adyabatik genişleme



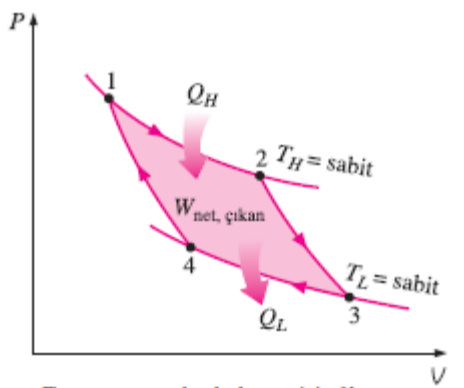
(c) 3-4 hal değişimi

(c) Tersinir sabit sıcaklıkta sıkıştırma

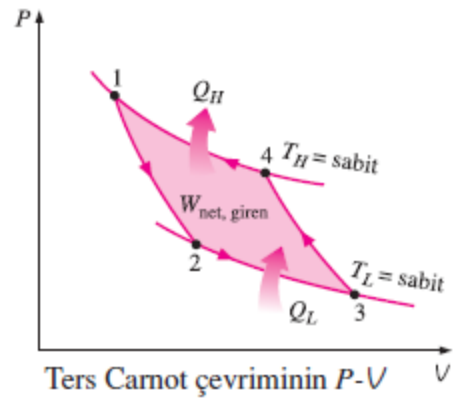


(d) 4-1 hal değişimi

(d) Tersinir adyabatik sıkıştırma



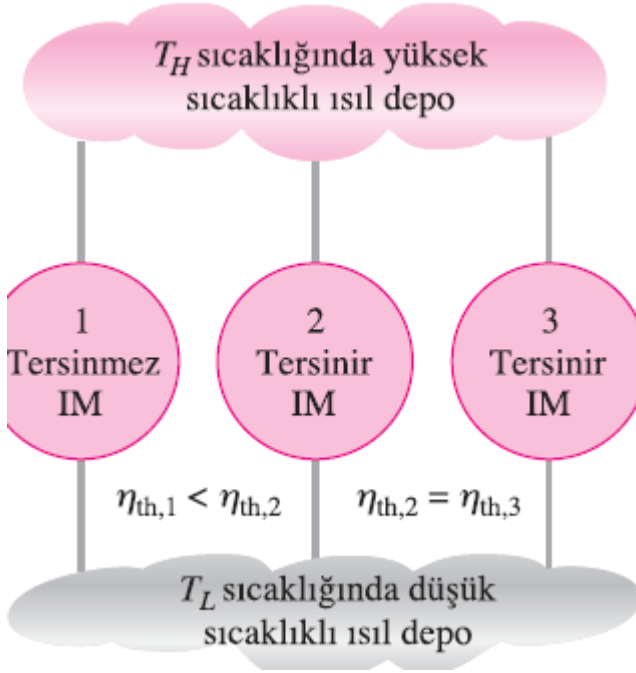
Carnot çevriminin P - V diyagramı.



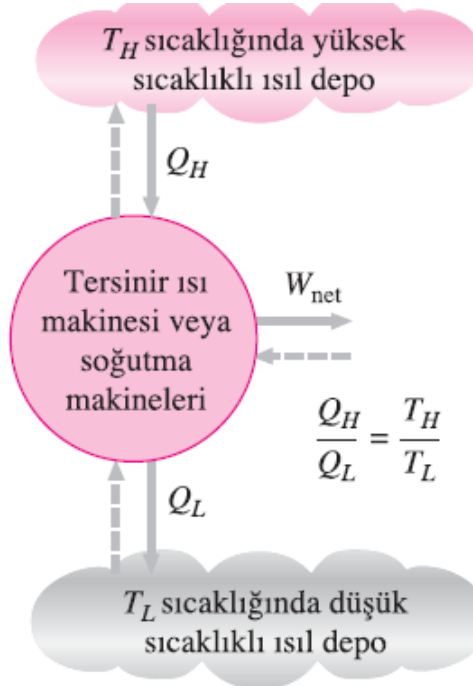
Ters Carnot çevriminin P - V diyagramı.

Z. MM 2013 MÜHENDİSLİK TERMODİNAMİĞİ I
Termodinamiğin İkinci Yasası (TD2Y)/II

Carnot ilkeleri:



- 1- Aynı ısı depo arasında çalışan aynı ısı makinesinden, tersinmez olanının verimi her zaman tersinir olanın veriminden daha küçüktür.
- 2- Aynı ısı depoları arasında çalışan bütün tersinir ısı makinalarının verimleri eşittir



Tersinir çevrimlerde ısı geçişi oranı Q_H/Q_L , mutlak sıcaklık oranı T_H/T_L 'ye eşittir.

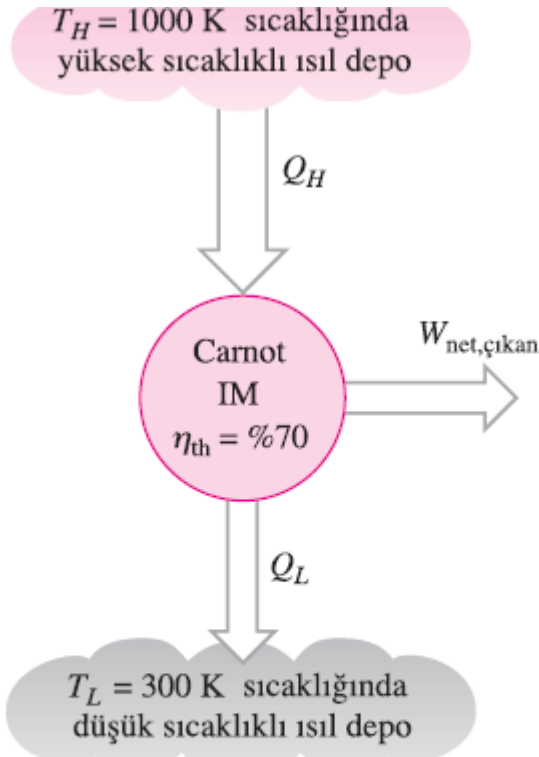
Carnot ısı makinası

Tersinir Carnot çevrimiyle çalışan varsayıma dayalı ısı makinesi, **Carnot ısı makinesi** olarak adlandırılır. Tersinir veya tersinmez, herhangi bir ısı makinesinin ısı verimi,

$$\eta_{th} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

Burada Q_H , ısı makinesine T_H yüksek sıcaklığındaki ısıl depodan aktarılan ısı miktarı; Q_L de ısı makinesinden T_L düşük sıcaklığındaki ısıl depoya atılan ısı miktarıdır. Bu durumda bir Carnot makinesinin veya herhangi bir tersinir makine için ısı verim aşağıdaki şekle dönüşür:

$$\eta_{th,tr} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$



Aynı sıcaklık sınırları arasında çalışan tersinir ve gerçek ısı makinelerinin ısı verimleri

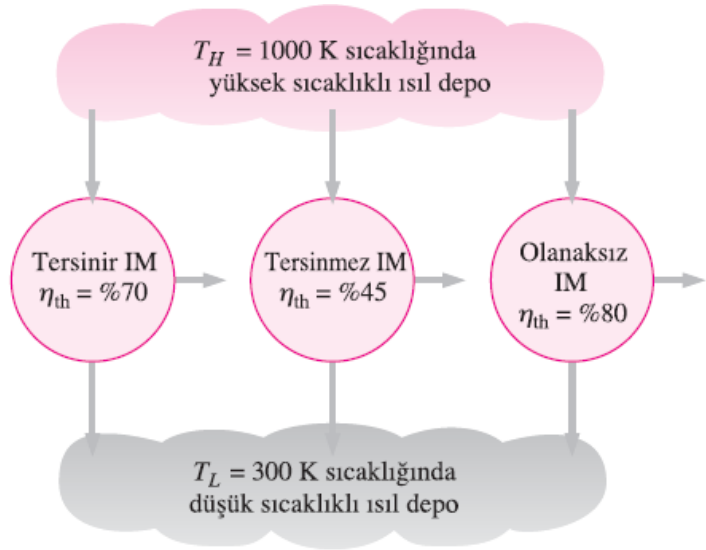
$$\eta_{th} \begin{cases} < \eta_{th,tr} & \text{tersinmez ısı makinesi} \\ = \eta_{th,rev} & \text{tersinir ısı makinesi} \\ > \eta_{th,tr} & \text{olanaksız ısı makinesi} \end{cases}$$

Carnot ısı makinesi, aynı yüksek ve düşük sıcaklıklı ısıl depolar arasında çalışan ısı makineleri içinde en yüksek verime sahip olanıdır.

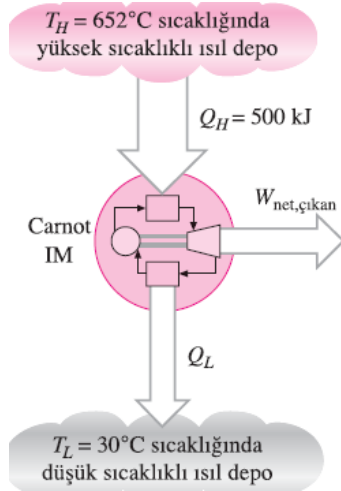
Z. MM 2013 MÜHENDİSLİK TERMODİNAMİĞİ I

Termodinamiğin İkinci Yasası (TD2Y)/II

Aynı yüksek ve düşük sıcaklıklı ısı depolar arasında çalışan ısı makinelerinden hiçbirinin verimi, tersinir ısı makinesinin veriminden yüksek olamaz.



Örnek problem



ÖRNEK 6-5 Bir Carnot Isı Makinesinin Analizi

Şekil de görülen bir Carnot ısı makinesi, 652 °C'deki yüksek sıcaklıklı bir kaynaktan çevrim başına 500 kJ enerji almakta ve 30 °C'deki düşük sıcaklıklı bir kuyuya ısı vermektedir. (a) Bu Carnot makinesinin ısı verimini ve (b) kuyuya bir çevrim başına atılan ısı miktarını belirleyiniz.

Çözüm Carnot ısı makinesine sağlanan ısı miktarı verilmiştir. Isıl verim ve düşük sıcaklıktaki ısı depoya verilen ısı belirlenecektir.

Analiz (a) Carnot ısı makinesi tersinir bir ısı makinesidir ve verimi 6-18 denklemiyle belirlenebilir:

$$\eta_{th,C} = \eta_{th,tr} = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{(30 + 273) \text{ K}}{(652 + 273) \text{ K}} = \mathbf{0.672}$$

Bu Carnot ısı makinesi, aldığı ısıнын yüzde 67.2'sini işe dönüştürmektedir.

(b) Bu tersinir ısı makinesiyle atılan Q_L ısı 6-16 denklemiyle belirlenir:

$$Q_{L,tr} = \frac{T_L}{T_H} Q_{H,tr} = \frac{(30 + 273) \text{ K}}{(652 + 273) \text{ K}} (500 \text{ kJ}) = \mathbf{164 \text{ kJ}}$$

Tartışma Bu Carnot ısı makinesi, her çevrim için aldığı 500 kJ ısı enerjisinin 164 kJ'ünü düşük sıcaklıklı bir kuyuya atmaktadır.

Z. MM 2013 MÜHENDİSLİK TERMODİNAMİĞİ I

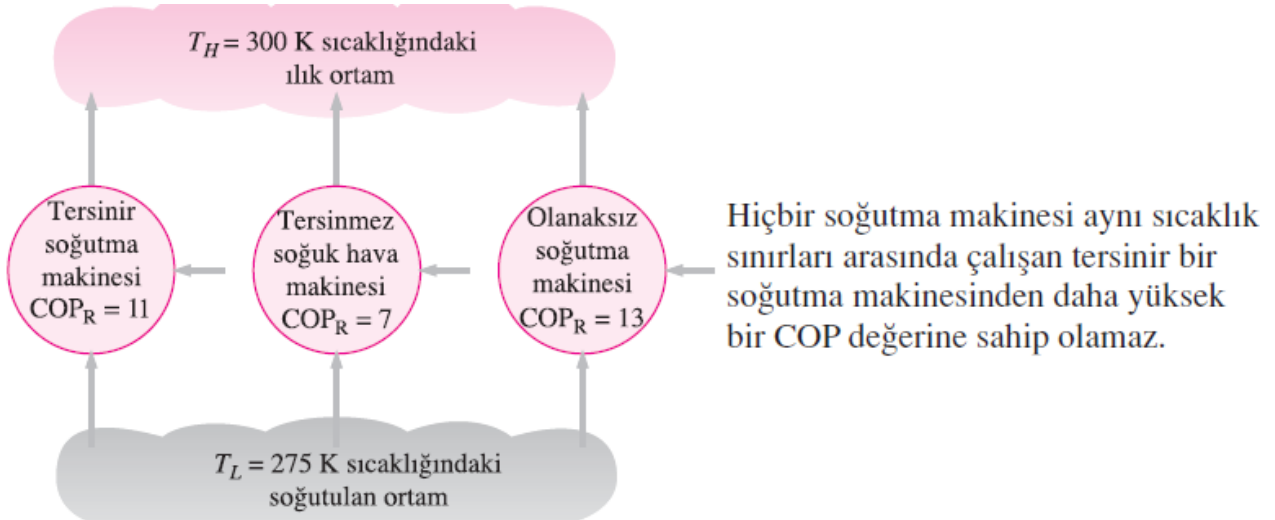
Termodinamiğin İkinci Yasası (TD2Y)/II

Carnot Soğutma Makinası ve Isı Pompası:

Ters Carnot çevrimine göre çalışan bir soğutma makinesi veya ısı pompası, **Carnot soğutma makinesi** veya **Carnot ısı pompası** olarak adlandırılır. Tersinir veya tersinmez olsun, bir soğutma makinesinin veya ısı pompasının etkinlik katsayısı aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$\text{COP}_R = \frac{1}{Q_H/Q_L - 1} \quad \text{ve} \quad \text{COP}_{\text{HP}} = \frac{1}{1 - Q_L/Q_H}$$

$$\text{COP}_{\text{SM, tr}} = \frac{1}{T_H/T_L - 1} \quad \text{ve} \quad \text{COP}_{\text{IP, tr}} = \frac{1}{1 - T_L/T_H}$$

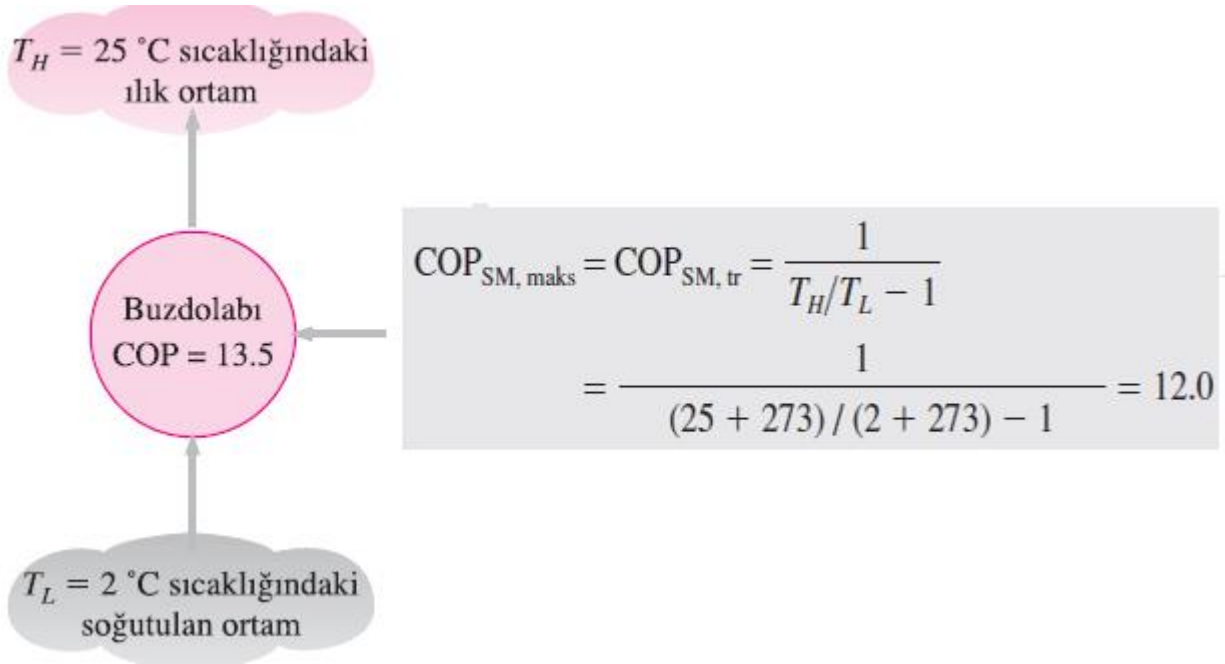


Aynı sıcaklık sınırları arasında çalışan gerçek ve tersinir soğutma makinelerinin etkinlik katsayıları aşağıdaki gibi karşılaştırılabilir:

$$\text{COP}_{\text{SM}} \begin{cases} < \text{COP}_{\text{SM, tr}} & \text{tersinmez soğutma makinesi} \\ = \text{COP}_{\text{SM, tr}} & \text{tersinir soğutma makinesi} \\ > \text{COP}_{\text{SM, tr}} & \text{olanaksız soğutma makinesi} \end{cases}$$

Örnek problem:

Bir mucit, 25 °C sıcaklıktaki bir odada çalışırken soğutulan hacmi 2 °C sıcaklıkta tutan ve etkinlik katsayısı 13.5 olan bir buzdolabı geliştirdiğini savunmaktadır. Sizce bu düşünce doğru olabilir mi?



Tartışma Bu değer, 2 °C sıcaklıktaki bir ortamdan ısı alıp 25 °C sıcaklıktaki ortama ısı vererek çalışan bir soğutma makinesinin sahip olabileceği en yüksek COP değeridir. Öne sürülen düşüncedeki değer bu değerın üstünde olduğundan, bu düşünce doğru değildir.

Örnek problem:

Bir evi ısıtmak için Şekil'de görülen ısı pompası kullanılmaktadır. Evin içi sürekli olarak 21 °C sıcaklıkta tutulmaktadır. Dışarıda sıcaklık -5 °C iken evin ısı kaybının 135000 kJ/h olduğu tahmin edilmektedir. Isı pompasını çalıştırmak için en az ne kadar güç gerektiğini belirleyin.

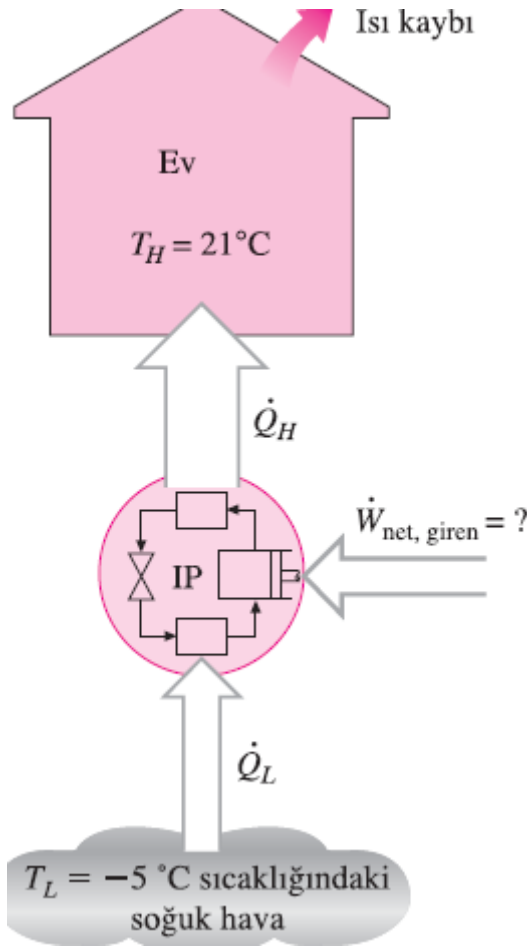
Z. MM 2013 MÜHENDİSLİK TERMODİNAMİĞİ I

Termodinamiğin İkinci Yasası (TD2Y)/II

Çözüm Bir ısı pompası bir evi sabit bir sıcaklıkta tutmaktadır. Isı pompasına gereken en az güç belirlenecektir.

Kabuller Sürekli çalışma koşulları mevcuttur.

Analiz Isı pompası eve $\dot{Q}_H = 135000 \text{ kJ/h} = 37.5 \text{ kW}$ ısı sağlamalıdır. Bunun için tersinir bir ısı pompası kullanılırsa gerekli iş en az olur. Ev ve dış ortam sıcaklıkları arasında çalışan tersinir bir ısı pompasının COP değeri:



$$\text{COP}_{\text{IP, tr}} = \frac{1}{1 - T_L/T_H}$$

$$= \frac{1}{1 - (25 + 273) \text{ K} / (21 + 273) \text{ K}} = 11.3$$

Buna göre ısı pompasına gerekli güç

$$\dot{W}_{\text{net, giren}} = \frac{\dot{Q}_H}{\text{COP}_{\text{IP}}} = \frac{37.5 \text{ kW}}{11.3} = 3.32 \text{ kW}$$

Buna göre ısı pompasına gerekli güç

$$\dot{W}_{\text{net, giren}} = \frac{\dot{Q}_H}{\text{COP}_{\text{IP}}} = \frac{37.5 \text{ kW}}{11.3} = 3.32 \text{ kW}$$

Tartışma Bu ısı pompası en az 3.32 kW güç tüketerek evin ısınma gereksinimini karşılayabilir. Eğer bu ev elektrik dirençli bir ısıtıcıyla ısıtılsaydı, tüketilen güç 11.3 kat artarak 37.5 kW değerine çıkardı. Çünkü elektrik dirençli ısıtıcılar bire bir aldıkları elektrik enerjisini ısıya çevirmektedir. Buna karşın, bir ısı pompasıyla yalnızca 3.32 kW güç harcanarak dışarıdaki ısının evin içine aktarılması sağlanmaktadır. Isı pompasının enerjiyi yoktan var etmediğine dikkat edilmelidir. Yalnızca bir ortamdan (soğuk dış hava) diğerine (ılık evin iç) aktarmaktadır.