

Análise de Energia para Ciclos

Prof. Mauro César Rabuski Garcia

Introdução

- Quando um sistema em um dado estado inicial percorre uma sequência de processos e finalmente retorna àquele estado, o sistema executou um ciclo termodinâmico.
- Existem muitas aplicações práticas importantes envolvendo geração de energia, propulsão de veículos e refrigeração para as quais a compreensão dos ciclos termodinâmicos é necessária.

Balanço de Energia para um Ciclo

- O balanço de energia para qualquer sistema que percorre um ciclo termodinâmico toma a forma:

$$\Delta E_{ciclo} = Q_{ciclo} - W_{ciclo}$$

- Onde Q_{ciclo} e W_{ciclo} representam quantidades líquidas de transferência de energia por calor e trabalho, respectivamente, para o ciclo.
- Uma vez que o sistema retorna ao seu estado inicial após o ciclo, não há variação líquida da sua energia. Conseqüentemente, o lado esquerdo da equação é igual a zero.

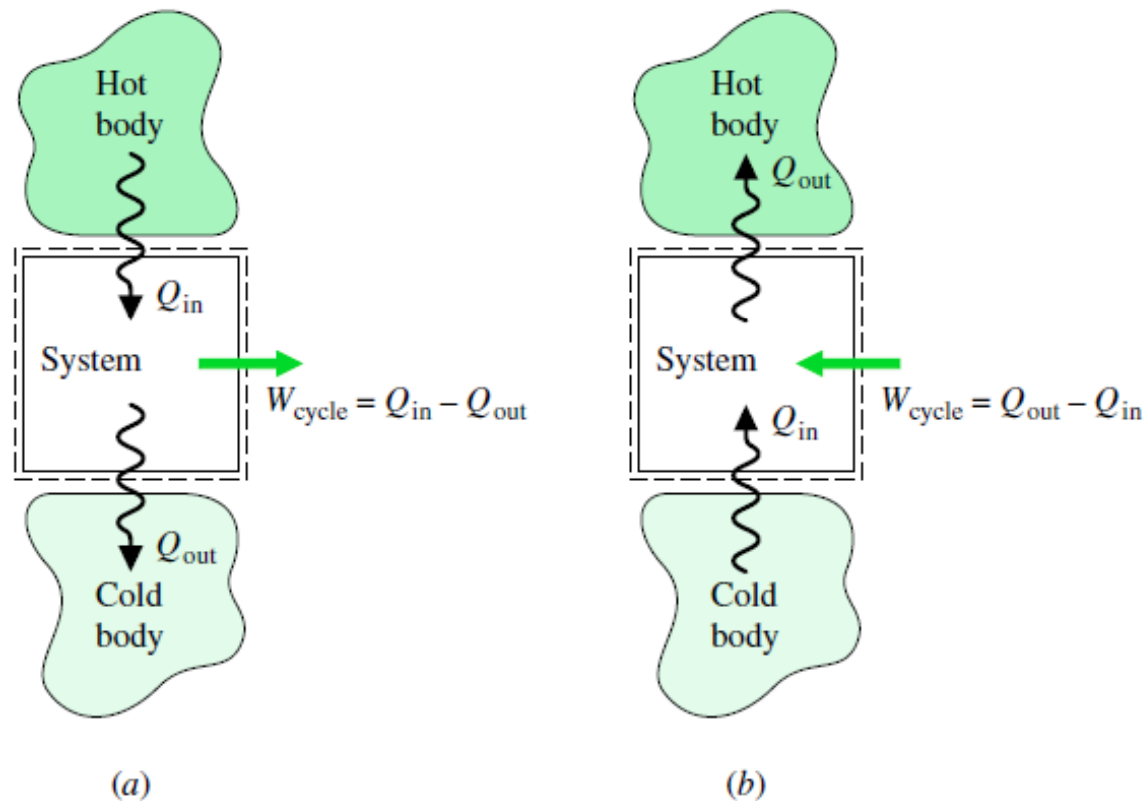
Balanço de Energia para um Ciclo

A equação reduz-se a

$$W_{ciclo} = Q_{ciclo}$$

Esta é a expressão do princípio da conservação da energia que tem que ser satisfeita por todo ciclo termodinâmico, não importando a sequência de processos seguida pelo sistema que percorre o ciclo ou a natureza das substâncias que compõem o sistema.

Diagramas esquemáticos de duas classes importantes de ciclos



▲ **Figure 2.15** Schematic diagrams of two important classes of cycles. (a) Power cycles. (b) Refrigeration and heat pump cycles.

Ciclos de Potência

- Os sistemas que percorrem ciclos do tipo mostrado em a) fornecem uma transferência líquida sob a forma de trabalho para as suas vizinhanças durante cada retorno ao estado inicial. Qualquer destes ciclos é chamado de ciclo de potência. O trabalho líquido entregue é igual à transferência de calor líquida para o ciclo, ou

$$W_{ciclo} = Q_{entra} - Q_{sai}$$

Ciclos de Potência

Q_{entra}

Representa a transferência de energia sob a forma de calor a partir do corpo quente para dentro do sistema, deve ser maior que o calor que sai

Q_{sai}

Representa a transferência de calor que sai do sistema para o corpo frio. Essa energia é geralmente descarregada para a atmosfera circundante ou para um corpo d'água próximo

A energia fornecida por transferência de calor para um sistema que percorre um ciclo de potência é normalmente oriunda da queima de um combustível ou de uma reação nuclear controlada; ela também pode ser obtida da radiação solar.

Desempenho para um Ciclo de Potência

- O desempenho de um sistema que percorre um ciclo de potência pode ser descrito em termos da extensão na qual a energia adicionada por calor, Q_{entra} é, convertida em trabalho líquido na saída, W_{ciclo} .
- A extensão da conversão de energia de calor para trabalho é expressa pela seguinte razão, comumente chamada de eficiência térmica.

Desempenho para um Ciclo de Potência

$$\eta = \frac{W_{ciclo}}{Q_{entra}}$$

$$\eta = \frac{Q_{entra} - Q_{sai}}{Q_{entra}} = 1 - \frac{Q_{sai}}{Q_{entra}}$$

Desempenho para um Ciclo de Potência

- A eficiência térmica jamais pode ser maior que a unidade (100%).
- A experiência com ciclos de potência reais mostra que o valor da eficiência térmica é invariavelmente menor do que a unidade.
- Nem toda a energia adicionada ao sistema por transferência de calor é convertida em trabalho; uma parte é descarregada para o corpo frio por transferência de calor.
- A eficiência térmica de todo ciclo de potência tem que ser menor do que a unidade.

Ciclos de Refrigeração e Bomba de Calor

Q_{entra}

É a energia transferida por calor a partir do corpo frio para dentro do sistema que percorre o ciclo

Q_{sai}

É a energia descarregada por transferência de calor a partir do sistema para o corpo quente.

Para realizar estas transferências de energia é necessário introduzir trabalho líquido, W_{ciclo} . As quantidades Q_{entra} , Q_{sai} e W_{ciclo} estão relacionadas entre si pelo balanço de energia que, para ciclos de refrigeração e bomba de calor, toma a forma

$$W_{ciclo} = Q_{sai} - Q_{entra}$$

W_{ciclo} É positivo nesta equação, conclui-se que Q_{sai} é maior do que Q_{entra}

Objetivo de um Ciclo de Refrigeração

- Reduzir a temperatura de um espaço refrigerado ou manter a temperatura dentro de uma residência ou de outra construção abaixo daquela do ambiente.

Objetivo de uma Bomba de Calor

- Manter a temperatura dentro de uma residência ou outra construção acima daquela do meio ambiente ou fornecer aquecimento para certos processos industriais que ocorrem a temperaturas elevadas.

Ciclo de Refrigeração

- O desempenho dos ciclos de refrigeração pode ser descrito como a razão entre a quantidade de energia recebida do corpo frio pelo sistema percorrendo o ciclo, Q_{entra} , e a transferência líquida de energia sob a forma de trabalho para dentro do sistema para obter-se este efeito, W_{ciclo} .
- Assim, o coeficiente de desempenho β , é
- $$\beta = \frac{Q_{entra}}{W_{ciclo}} \quad \text{ou} \quad \beta = \frac{Q_{entra}}{Q_{sai} - Q_{entra}}$$

Refrigerador Doméstico

- Para um refrigerador doméstico, Q_{sai} é descarregado para o ambiente no qual o refrigerador está localizado, W_{ciclo} é normalmente fornecido sob a forma de eletricidade para alimentar o motor que aciona o refrigerador.

Ciclo de Bomba de Calor

- O desempenho de bombas de calor pode ser descrito como a razão entre a quantidade de energia descarregada pelo sistema que percorre o ciclo para o corpo quente, Q_{sai} , e a transferência de energia sob a forma de trabalho para dentro do sistema para se obter este efeito, W_{ciclo} .

Coeficiente de desempenho bomba de calor

$$\gamma = \frac{Q_{sai}}{W_{ciclo}}$$

$$\gamma = \frac{Q_{sai}}{Q_{sai} - Q_{entra}}$$

Coeficiente de desempenho bombas de calor

- γ nunca é inferior à unidade.
- Para bombas de calor residenciais, a quantidade de energia Q_{entra} é normalmente retirada da atmosfera circundante, do solo ou de um corpo d'água próximo. O W_{ciclo} é normalmente fornecido através de eletricidade.

Coeficientes de desempenho

- Os coeficientes de desempenho β e γ são definidos como razões entre o efeito de transferência de calor desejado e o custo em termos de trabalho para se obter este efeito.
- É desejável que estes coeficientes de desempenho possuam os maiores valores possíveis.