

El segundo principio de la termodinámica, dice que, si no se realiza trabajo o no se transfiere al mismo tiempo una transferencia de calor de un medio caliente a un medio frío, es imposible transferir calor desde una región de temperatura más baja a una región de temperatura más alta.

Esta es la función de las máquinas frigoríficas, que desde el siglo pasado, han sido utilizadas en la conservación de los alimentos, en la industria, en procesos donde se requieren bajas temperaturas, etc.

La máquina frigorífica resultaría entonces, inversa a un motor térmico, donde se transfiere calor de una región más caliente a una región más fría, entregando trabajo mecánico. Por lo tanto en un ciclo frigorífico, para que la transmisión de calor sea inversa, deberá haber una destrucción de trabajo mecánico, quedando

$$Q_1 = Q_2 + W$$

Donde Q_1 es la cantidad de calor recibido, Q_2 es el calor transferido de la región fría a la caliente (poder refrigerante), y W es el trabajo mecánico que se destruye. Si se relacionan estos dos últimos, se el coeficiente de efecto frigorífico, quedando

$$\beta = Q_2 / W = Q_2 / Q_1 - Q_2$$

Una máquina frigorífica de eficiencia perfecta realizaría un ciclo ideal en el que todo el trabajo mecánico destruido sirva para la transferencia de calor de un cuerpo frío a uno caliente. El científico francés del siglo XIX Sadi Carnot, que concibió un ciclo termodinámico que constituye el ciclo básico de todos los motores térmicos, demostró que no puede existir esa máquina perfecta. Cualquier máquina térmica pierde parte del calor suministrado. El valor máximo de eficiencia de una máquina ideal, de acuerdo con el ciclo de Carnot, valdría

$$\beta = T_2 / T_1 - T_2$$

La obtención de una región fría se puede obtener mediante dos sistemas diferentes, el método de refrigeración por absorción y el método de refrigeración por compresión. Este último puede ser con régimen seco o con régimen húmedo.

Ciclo de Carnot

Al ser la máquina frigorífica la inversa de un motor térmico, el ciclo de Carnot, tendrá un sentido de recorrido inverso. En la figura siguiente se muestra un ciclo ideal para una máquina frigorífica, representando AB la compresión adiabática reversible (sin intercambio de calor con el medio), lograda por el trabajo suministrado; BC representa la condensación del fluido, cediendo calor al medio; CD es la expansión adiabática, produciendo trabajo mecánico recuperable, pero en la práctica se prefiere no recuperar este trabajo por los inconvenientes mecánicos; y por último DA es el proceso de evaporación en el evaporador, absorbiendo calor de la fuente fría, obteniéndose el poder refrigerante.

Refrigeración por compresión

Ciclos frigoríficos con régimen húmedo:

Este ciclo difiere del de Carnot en que el trabajo producido en CD no es recuperable. En el estado C , el líquido pasa por una válvula reductora de presión, donde se estrangula en forma irreversible, sin recuperación de trabajo.

Este tipo de ciclos, no es tan empleado como los de regimen seco, ya que llega liquido al cilindro, golpeandolo y produciendo un deterioro en el compresor.

Ciclo frigorifico con regimen seco:

En este tipo de ciclos, se agrega antes del evaporador un separador de líquidos, con la función de hacer llegar al compresor solo vapor seco y liquido al evaporador, permitiendo un menor caudal de fluido y que ingrese solo liquido refrigerante (regimen inundado), donde se evapora y pasa nuevamente al separador de líquidos, mejorando la transmisión de calor. Despues del compresor se ubica un separador de aceite, con la funcion de separar el lubricante del fluido refrigerante, ya que si no se hace, el aceite produciria una mala transferencia de calor al adherirse en las paredes del condensador. Tambien se ubica despues del condensador un deposito, necesario para mantener una recerva de fluido refrigerante.

Los aparatos intercalados en el circuito, valvulas, las mis mas tuberias y accesorios, etc., representan una perdidas que disminuye el coeficiente de efecto frigorifico (δ), la transferencia de calor en las tuberias, y la comprecion adiabatica AB , tambien producen perdidas. Por estas razones el poder frigorifico real sera menor que el ideal (aproximadamente un 20% de perdida), y por eso se debe aumentar la potencia del compresor aproximadamente un 15% con respecto a la potencia para el ciclo ideal.

La figura anterior representa el ciclo frigorifico de regimen seco, donde AB representa la compresion en el cilindro; BC y CD , enfriamiento y condensacion en el condensador, el cual extrae calor ya sea por refrigeracion a agua o a aire; DE , la estrangulacion en la valvula de reduccion de presion; y EA la evaporacion realizada en el evaporador, en donde se absorbe calor de la region fria. A continuacion se muestra el diagrama de flujo del ciclo frigorifico con regimen seco

A este ciclo se le pueden hacer tres mejores:

a)subenfriamiento del liquido condensado: consiste en enfriar al liquido que sale del condensador, logrando con ello un aumento del coeficiente de efecto frigorifico. Esto se logra mediante el empleo de agua de enfriamiento lo mas fria posible y eligiendo un condensador apropiado.

b)dobles compresion: consiste en dos compresiones con un subenfriamiento intermedio

c)dobles estrangulación: se utilizan dos valvulas de estrangulacion, cada una ubicada antes de los separadores de liquido.

Estas tres mejoras se pueden simplificar en el siguiente ciclo.

Ciclo de doble compresion, subenfriamiento y doble compresion

Este ciclo es similar al anterior, nada mas que se le han hecho las tres mejoras mencionadas anteriormente. El fluido es comprimido en el compresor de baja, pasa por el condensador y luego por un separador de líquidos; el gas es llevado al compresor de alta, pasando luego por el segundo condensador y por la valvula de expansión, y vuelve al separador de líquidos, el gas hace el mismo ciclo por el compresor de alta, mientras que el liquido pasa por la segunda valvula de expansión y al segundo separador de líquidos; el gas es dirigido al compresor de baja, mientras que el liquido pasa por el evaporador, y vuelve al separador de líquidos.

Antes de cada compresor se ubica un filtro, ya que el fluido puede venir con algun solido, y despues ed cada compresor se coloca un separador de aceite como se mencuiono anteriormente.

Ciclo frigorifico de doble compresion y doble evaporador

En el ciclo anterior es posible instalar un segundo evaporador. El diagrama de flujo seria el siguiente.

Este tipo de instalacion frigorifica es muy util cuando es necesario disponer la refrigeracion a dos temperaturas diferentes.

Ciclo de triple compresion

Puede darse que la temperatura deseada en la camara frigorifica sea demasiado baja. Es en estos casos donde se utilizan los ciclos con triple compresión, triple expansión y un evaporador. El diagrama de flujo para este ciclo es el siguiente

En el ciclo anterior, no estan representados, pero antes de cada compresor se coloca un filtro, y despues de cada compresor se ubica un separeador de aceite

Ciclo binario o en cascada

Cuando el salto de temperaturas entre la fuente caliente y la fria es muy grande, y no se requiere de mas de un evaporador, se utiliza el ciclo binario o en cascada. El condensador y evaporador, actua de manera que el liquido proveniente del condensador, se evapora, produciendo la condensacion del fluido proveniente del compresor de baja. El diagrama de flujo para este ciclo es el siguiente

Antes de cada compresor hay un filtro, y despues de los compresores hay separadores de aceite, que no han sido dibujados.

S

T

B

C

D

A

T2

T1

T1

T2

A

E

C

B

T

S

D'

A'

D

C

D'

C'

T1

T2

A

D

C

B

S

T

evaporador

filtro

deposito

Válvula de expansión

Separador de líquidos

condensador

compresor

Separador de aceite

Q1

H2O caliente

H2O fria

Q2

Sustancia enfriada

Sustancia enfriada

Q2

H2O fria

H2O caliente

Q1

Separador de aceite

Compresor de alta

Separador de líquidos

Válvula de expansión

depósito

evaporador

filtro

condensador

filtro

Separador de líquidos

Separador de aceite

Compresor de baja

enfriador

Válvula de expansión

Válvula de expansión

Enfriador

Q1

Compresor de baja

Separador de aceite

Separador de líquidos

filtro

Sustancia enfriada

Q2

H₂O fría

H₂O caliente

Q1

Separador de aceite

Compresor de alta

Separador de líquidos

Válvula de expansión

depósito

evaporador

filtro

condensador

Q2

evaporador

Q2

Compresor de media

Compresor de alta

Compresor de baja

enfriador

enfriador

evaporador

Separador de líquidos

Separador de líquidos

Separador de líquidos

Q1

evaporador

Compresor de alta

Compresor de baja

Condensador y evaporador

evaporador

Separador de líquidos

Separador de líquidos

Q2

Q1

Agua de enfriamiento

Sustancia enfriada