


OBJETIVO

Registro y evaluación del diagrama Presión-Entalpía de una bomba de calor de compresión

TAREAS

- Demostración del funcionamiento de una bomba de calor de compresión eléctrica.
- Estudio cuantitativo del proceso cíclico correspondiente.
- Registro y evaluación del diagrama Presión-Entalpía.

RESUMEN

Una bomba de calor de compresión eléctrica se compone de un compresor con motor de accionamiento, un licuefactor, una válvula de expansión y un evaporador. Su funcionamiento se basa en un proceso cíclico con cambio de fase, el cual es recorrido por el fluido de trabajo en la bomba, idealizado, se puede dividir en los pasos, compresión, licuefacción, distensión estrangulada y vaporización. El coeficiente de rendimiento teórico del proceso cíclico idealizado se puede calcular a partir de las entalpías específicas h_1 , h_2 y h_3 leídas en un diagrama de Mollier. Si se han determinado las entalpías h_1 , h_2 y h_3 del proceso cíclico idealizado así como la cantidad de calor ΔQ_2 entregada al depósito de agua caliente en un intervalo de tiempo Δt , se puede estimar la corriente de masa del fluido de trabajo.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Bomba térmica D (230 V, 50/60 Hz)	1000820 o
	Bomba térmica D (115 V, 50/60 Hz)	1000819
2	Sensor de temperatura Pt100 con pinza de medida	1009922
1	3B NETlog™ (230 V, 50/60 Hz)	1000540 o
	3B NETlog™ (115 V, 50/60 Hz)	1000539
Recomendado adicionalmente:		
1	3B NETlab™	1000544

FUNDAMENTOS GENERALES

Una bomba de calor de compresión eléctrica se compone de un compresor con motor de accionamiento, un licuefactor, una válvula de expansión y un evaporador. Su funcionamiento se basa en un proceso cíclico con cambio de fase, el cual es recorrido por el fluido de trabajo en la bomba, idealizado, se puede dividir en los pasos, compresión, licuefacción, distensión estrangulada y vaporización.

2

Para la compresión, el fluido de trabajo en fase gaseosa es aspirado por el compresor sin cambio de entropía ($s_1 = s_2$) y comprimido de una presión p_1 a una p_2 , recalentándolo; ver Fig.1 y Fig.2. Por lo tanto la temperatura aumenta de T_1 a T_2 . Se realiza el trabajo de compresión mecánico $\Delta w = h_2 - h_1$ por unidad de masa. En el licuefactor el fluido de trabajo se enfría fuertemente y se condensa. La cantidad de calor que va siendo liberada por unidad de masa (calor de recalentamiento y calor de condensación) asciende a $\Delta q_2 = h_2 - h_3$. Este calor calienta el depósito circundante. El fluido de trabajo condensado llega a la válvula de distensión para ser estrangulado (es decir, sin trabajo mecánico) y distensionado a una presión menor. Allí también se reduce la temperatura, porque se debe hacer trabajo en contra de las fuerzas de atracción en el fluido de trabajo (efecto Joule-Thomson) La entalpía permanece constante ($h_4 = h_3$). En el evaporador se evapora totalmente el fluido de trabajo absorbiendo calor. Esto conduce a un enfriamiento del depósito. Por unidad de masa la cantidad de calor absorbido asciende a $\Delta q_1 = h_1 - h_4$.

Para la representación del proceso cíclico de una bomba de calor de compresión se utiliza frecuentemente el digiagrama de Mollier del fluido de trabajo. En él se grafica la presión p contra la entalpía específica h del fluido de trabajo (la entalpía es una medida de calor del fluido de trabajo; ésta aumenta en general al aumentar la presión y al aumentar la cantidad parcial del gas). Además se indican las isoterms ($T = \text{const}$) y las isoentrópicas ($S = \text{const}$) así como la masa parcial relativa de la fase líquida del fluido de trabajo. A la izquierda de la llamada línea de ebullición el fluido de trabajo se encuentra totalmente condensado; a la derecha de la llamada línea de rocío se encuentra el fluido de trabajo en forma de vapor recalentado y entre las dos líneas se encuentra en forma de una mezcla de líquido-gas. Las dos líneas se unen en el punto crítico.

Para la representación en el diagrama de Mollier se puede determinar el proceso cíclico idealizado descrito arriba, midiendo las presiones p_1 y p_2 después y antes de la válvula de distensión y la temperatura T_1 antes del compresor y T_3 antes de la válvula de expansión. En el experimento, las componentes se encuentran enlazadas entre sí por medio de tuberías de cobre creando así un sistema cerrado montado sobre un panel de madera básico. Debido a la ordenación, clara éstas se pueden relacionar directamente con la secuencia de los cambios de estado en el proceso cíclico de la bomba de calor. El evaporador y el licuefactor se han realizado en forma de espirales de tubería de cobre y cada uno de ellos se encuentra sumergido en un recipiente de agua que sirve para la determinación del calor absorbido resp. el calor entregado. Dos manómetros grandes muestran las relaciones de presión del fluido de trabajo en los dos intercambiadores de calor. Dos termómetros analógicos hacen posible la medición de la temperatura en los recipientes de agua. Para la medición de las temperaturas en las tuberías de cobre antes del compresor y antes de la válvula de expansión se utilizan sensores de temperatura dotados de una pinza de medición adaptada.

El coeficiente de rendimiento teórico del proceso cíclico idealizado se puede calcular a partir de las entalpías específicas h_1 , h_2 y h_3 leídas en el diagrama de Mollier:

$$(1) \quad \eta_{th} = \frac{\Delta q_2}{\Delta w} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

Si se han determinado las entalpías h_2 y h_3 del proceso cíclico idealizado así como la cantidad de calor suministrada ΔQ_2 en el intervalo de tiempo Δt , se puede determinar la corriente de masa del fluido de trabajo.

$$(2) \quad \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta t} \cdot \frac{1}{h_2 - h_3}$$

EVALUACIÓN

T_1 y p_1 determinan el punto 1 en el diagrama de Mollier. El punto de corte de la correspondiente isoentrópica con la horizontal $p_2 = \text{const}$. fija el punto 2. El punto de corte de la horizontal con la línea de ebullición conduce al punto 3 y la vertical a la horizontal $p_4 = \text{const}$. conduce al punto 4.

La medición adicional de la temperatura T_3 proporciona una vista más amplia de los procesos que tienen lugar en la bomba de calor: T_3 no concuerda con temperatura que se lee en la escala de temperatura del correspondiente manómetro. Esta escala de temperatura se basa en la curva de presión de vapor del fluido de trabajo. Así que la medición muestra que el fluido de trabajo antes de la válvula de distensión no es una mezcla de líquido y gas sino que es completamente líquido.

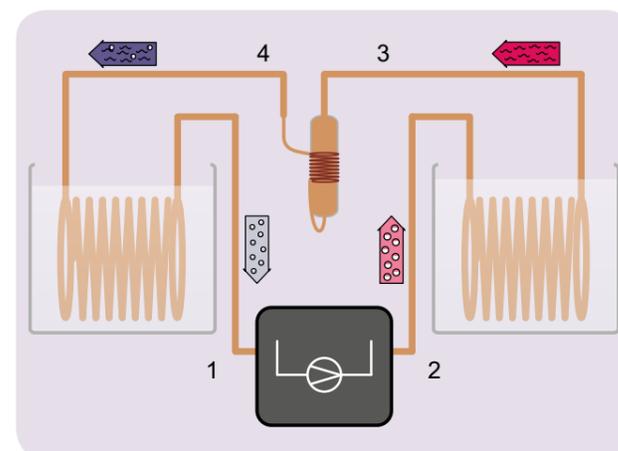


Fig. 1: Representación esquemática de la bomba de calor con, compresor (1, 2), licuefactor (2, 3), válvula de distensión (3, 4) y evaporador (4, 1)

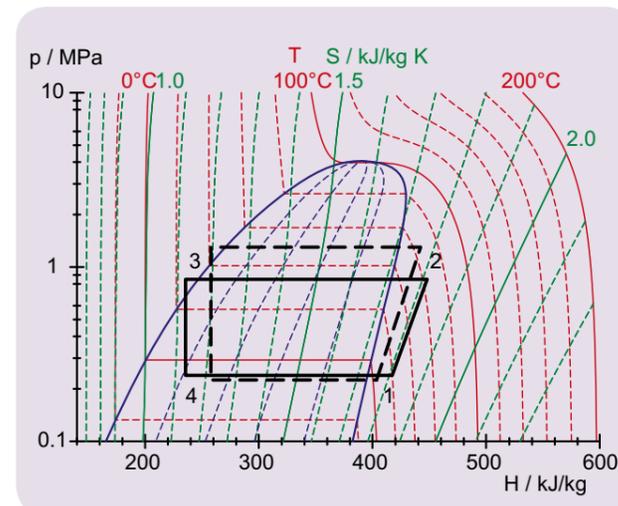


Fig. 2: Representación del proceso cíclico idealizado de la bomba de calor en el diagrama de Mollier.