

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 846**

51 Int. Cl.:

**F25B 30/02** (2006.01)  
**F25D 21/02** (2006.01)  
**F25B 1/10** (2006.01)  
**F25B 49/02** (2006.01)  
**F25D 21/04** (2006.01)  
**F25B 47/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2014** **E 14833359 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018** **EP 3224554**

54 Título: **Sistemas y métodos para descongelación libre y positiva**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.12.2018**

73 Titular/es:  
**CARRIER CORPORATION (100.0%)**  
**1 Carrier Place**  
**Farmington, CT 06034, US**

72 Inventor/es:  
**CHAMOUN, MARWAN y**  
**RUBINO, RUELLO**

74 Agente/Representante:  
**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 692 846 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistemas y métodos para descongelación libre y positiva

Campo de la invención

5 El objeto descrito en la presente memoria se refiere a descongelación de sistemas de refrigeración y, en particular, a descongelación eficiente de sistemas de bomba de calor HVAC.

Antecedentes

10 Los sistemas de bomba de calor generalmente forman escarcha sobre un serpentín de intercambiador de calor exterior cuando operan en un modo de calentamiento. Esta acumulación de escarcha puede degradar gradualmente el intercambiador de calor y el rendimiento del sistema en forma de capacidad de calentamiento y eficiencia. Si no se elimina la escarcha, puede continuar acumulándose hasta que el serpentín del intercambiador de calor llegue a estar completamente bloqueado con hielo. En este punto, en algunos sistemas de bomba de calor, los dispositivos de protección típicamente hacen que el sistema se apague. Si los dispositivos de protección no son eficaces, puede ocurrir un fallo del equipo.

15 Por estas razones, es una práctica común en la mayoría de los sistemas de bomba de calor incorporar una forma de descongelación. Por ejemplo, la mayoría de los sistemas de bomba de calor conmutan para operar en modo de enfriamiento durante períodos de tiempo cortos, invirtiendo por ello el flujo de refrigerante en el sistema con la ayuda de una válvula de inversión. También, durante este ciclo de descongelación, el ventilador exterior, que sopla aire sobre el serpentín del intercambiador de calor exterior, típicamente se detiene. Cuando la bomba de calor opera en el modo de enfriamiento sin que funcione el ventilador exterior, el serpentín del intercambiador de calor exterior se calienta rápidamente, para derretir la escarcha.

20

La descongelación de esta manera puede tener penalizaciones. Por ejemplo, hacer funcionar la bomba de calor en modo enfriamiento mientras que un espacio acondicionado necesita capacidad de calentamiento puede conducir a energía desperdiciada. Por tanto, un circuito de agua asociado se puede enfriar al tiempo que se descongela, lo cual puede disminuir el rendimiento (por ejemplo, capacidad de calentamiento integrada) de la bomba de calor, interrumpir la estabilidad del circuito de agua y perturbar la gestión del aceite en la bomba de calor lo que puede afectar a la fiabilidad.

25

Además, las regulaciones pueden imponer niveles mínimos de eficiencia (por ejemplo, Coeficiente de Rendimiento Estacional) para bombas de calor en diferentes condiciones con el fin de ser certificadas (por ejemplo, marcado CE). Tales niveles de eficiencia pueden ser difíciles de alcanzar para algunos sistemas, tales como sistemas de bomba de calor de velocidad fija. Los niveles de eficiencia se pueden ver impactados significativamente por la degradación del rendimiento del evaporador debido a la acumulación de escarcha en el serpentín exterior y los modos de descongelación estándar.

30

Shah (Publicación de EE.UU. 2007/0180838) describe un método para ajustar automáticamente el intervalo de descongelación en un sistema de bomba de calor. El método utiliza la medición de la duración del ciclo o ciclos de descongelación previos, y ajusta el intervalo de tiempo antes de iniciar el próximo ciclo de descongelación de modo que cualquier acumulación de escarcha se pueda descongelar sin ciclos de descongelación innecesarios.

35

Said et al. (Patente de EE.UU. Nº 6.334.321) describe un método y un sistema para control de descongelación en bombas de calor reversibles. Un algoritmo de control controla un ciclo de descongelación de serpentín en una bomba de calor reversible almacenando valores que representan el rendimiento de un serpentín limpio sin acumulación de escarcha, y monitorizando esos valores a medida que evolucionan con el tiempo. Los valores se usan para crear un "factor de escarcha", cuyos valores varían entre 0%, que significa un serpentín limpio, y 100% que significa un serpentín fuertemente congelado. Cuando el factor de escarcha alcanza un valor predeterminado cercano al 100%, el ciclo de refrigerante de la bomba de calor se invierte para lograr la descongelación del serpentín.

40

45 El documento JP 2014 013122 A describe un sistema de bomba de calor según el preámbulo de la reivindicación 1.

Breve descripción de la invención

Según la presente invención, se proporciona un sistema de bomba de calor que tiene las características de la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 10. El sistema de bomba de calor incluye un circuito de refrigerante; al menos un compresor; un evaporador; y un controlador programado para descongelar el evaporador en un primer modo de descongelación, en donde en el primer modo de descongelación el controlador se programa para: monitorizar el evaporador para detectar la creación de escarcha en el mismo; y reducir la velocidad del al menos un compresor y/o reducir el número de algunos, pero no todos, los compresores operativos del al menos un compresor, si se detecta la creación de escarcha en el evaporador, caracterizado por que: el controlador está programado además para descongelar el evaporador en un segundo modo de descongelación, en donde en el segundo modo de descongelación el controlador está programado para: monitorizar el evaporador para detectar la

50

55

creación de escarcha en el mismo; apagar el al menos un compresor cuando se detecta escarcha en el evaporador; y operar un ventilador para forzar aire del ambiente sobre el evaporador para descongelar el evaporador.

Además de una o más de las características descritas anteriormente, o como alternativa, pueden incluir realizaciones adicionales en donde en el modo de descongelación, el controlador está programado además para monitorizar posteriormente una temperatura del evaporador para determinar si la temperatura monitorizada aumenta y excede una temperatura predeterminada después de la reducción de velocidad del compresor y/o los números de compresores operativos reducidos; en donde en el segundo modo de descongelación el controlador está programado para realizar los pasos de apagar el al menos un compresor y operar el ventilador solamente si la temperatura de aire del ambiente del aire del ambiente forzado por el ventilador está por encima de 0°C, en donde el controlador está programado para descongelar el evaporador usando el modo de descongelación y el segundo modo de descongelación sin utilizar un ciclo inverso del circuito de refrigerante; en donde en el modo de descongelación el controlador está programado para mantener el al menos un compresor a la velocidad reducida y/o número de operación reducido si se determina que la temperatura monitorizada aumenta y excede la temperatura predeterminada; en donde la temperatura predeterminada es 0°C; y/o en donde en el modo de descongelación, el controlador está programado para monitorizar una temperatura del evaporador para determinar si la temperatura monitorizada aumenta y excede una temperatura predeterminada después de la reducción de velocidad del compresor y/o los números de compresores operativos reducidos, e iniciar el segundo modo de descongelación si se determina que la temperatura monitorizada está por debajo de la temperatura predeterminada después de una cantidad de tiempo predeterminada.

En otro aspecto, se proporciona un método de descongelación de un intercambiador de calor de un circuito de refrigerante que tiene al menos un compresor. El método que comprende: monitorizar el intercambiador de calor para detectar la creación de escarcha en el mismo; operar, si se detecta escarcha en el intercambiador de calor, en un primer modo de descongelación, en donde el primer modo de descongelación comprende: reducir la velocidad del al menos un compresor y/o reducir el número de algunos, pero no todos los compresores de operación del al menos un compresor, si se detecta escarcha en el intercambiador de calor, caracterizado por que el método comprende además operar en un segundo modo de descongelación si se determina que la temperatura monitorizada está por debajo de la temperatura predeterminada después de una cantidad de tiempo predeterminada, y si se detecta escarcha en el intercambiador de calor, en donde el segundo modo de descongelación incluye: apagar el al menos un compresor; y operar un ventilador para forzar aire del ambiente sobre el intercambiador de calor para descongelar el intercambiador de calor.

Además de una o más de las características descritas anteriormente, o como alternativa, pueden incluir realizaciones adicionales en donde el modo de descongelación comprende además monitorizar posteriormente una temperatura del intercambiador de calor para determinar si la temperatura monitorizada aumenta y excede una temperatura predeterminada después de la reducción de velocidad del compresor y/o los números de compresores operativos reducidos; en donde el segundo modo de descongelación comprende además apagar el al menos un compresor y operar el ventilador solamente si la temperatura de aire del ambiente del aire del ambiente forzado por el ventilador está por encima de la temperatura de congelación del agua; y/o en donde la descongelación del intercambiador de calor con el primer modo de descongelación y el segundo modo de descongelación se realiza sin invertir el ciclo del circuito de refrigerante para descongelar el intercambiado de calor.

En otra realización más, el intercambiador de calor puede ser un evaporador de un sistema de bomba de calor, el sistema de bomba de calor que comprende el circuito de refrigerante y una pluralidad de compresores, la pluralidad de compresores que incluyen al menos un compresor. El método puede comprender además proporcionar, al tiempo que se descongela en el primer modo de descongelación, capacidad de calentamiento al sistema de bomba de calor con los compresores de velocidad reducida y/o los compresores operativos restantes, y monitorizar posteriormente una temperatura del evaporador para determinar si, durante la descongelación en el primer modo de descongelación, la temperatura monitorizada aumenta y excede una temperatura predeterminada después de la reducción de la velocidad del compresor y/o los números de compresores operativos reducidos. El segundo modo de descongelación puede incluir apagar cada compresor de la pluralidad de compresores, y operar, solamente cuando el aire del ambiente exterior está por encima de la temperatura de congelación del agua, el ventilador para forzar el aire del ambiente exterior sobre el evaporador para descongelar el evaporador, en donde el evaporador se descongela usando el primer y segundo modos de descongelación y sin invertir el ciclo del circuito de refrigerante para descongelar el intercambiador de calor.

#### Breve descripción de los dibujos

El objeto que se considera como la invención se señala particularmente y se reivindica de manera distintiva en las reivindicaciones en la conclusión de la especificación. Las anteriores y otras características y ventajas de la invención son evidentes a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos anexos en los que:

la FIG. 1 es una ilustración esquemática de un sistema de bomba de calor ejemplar;

la FIG. 2 ilustra un gráfico de un consumo de potencia ejemplar del sistema de bomba de calor que da vueltas entre un modo de operación normal y un modo de descongelación libre en comparación con un modo de descongelación estándar;

5 la FIG. 3 ilustra un gráfico de una capacidad de calentamiento ejemplar del sistema de bomba de calor que da vueltas entre el modo de operación normal y el modo de descongelación libre en comparación con el modo de descongelación estándar;

la FIG. 4 ilustra un gráfico de un consumo de potencia ejemplar del sistema de bomba de calor que da vueltas entre el modo de operación normal y un modo de descongelación positiva en comparación con el modo de descongelación estándar; y

10 la FIG. 5 ilustra un gráfico de una capacidad de calentamiento ejemplar del sistema de bomba de calor que da vueltas entre el modo de operación normal y el modo de descongelación positiva en comparación con un modo de descongelación estándar.

#### Descripción detallada de la invención

15 Se describen en la presente memoria sistemas y métodos para descongelar un sistema de bomba de calor. El sistema de bomba de calor se puede descongelar en un modo de "descongelación libre", un modo de "descongelación positiva" o una combinación del modo de descongelación libre y del modo de descongelación positiva, sin operar el sistema de bomba de calor en un ciclo inverso.

20 La FIG. 1 ilustra un sistema de bomba de calor 10 ejemplar que tiene generalmente un circuito de refrigerante 12 para acondicionar un fluido hecho circular en un circuito o bucle de transferencia de calor 14. En algunas realizaciones, el sistema de bomba de calor 10 es un sistema de bomba de calor aire a aire o aire a agua.

25 El circuito de refrigerante 12 incluye generalmente uno o más compresores 20, un condensador 22, dispositivos de expansión 24, 26 y uno o más evaporadores 28. El condensador 22 está dispuesto para recibir refrigerante a alta presión en un estado de vapor desde el compresor 20 a través de una línea de descarga 30. El refrigerante en el condensador 22 se enfría usando agua, aire o similar de enfriamiento, en el circuito de transferencia de calor 14, que se lleva el calor de la condensación. El refrigerante se condensa en el condensador 22 y luego se suministra al dispositivo de expansión 24.

30 El dispositivo de expansión 24 (por ejemplo, una válvula de expansión) está montado dentro de una línea de conducto 32 y sirve para estrangular el refrigerante líquido a una presión más baja y para regular el flujo de refrigerante a través del sistema. Debido al proceso de expansión, la temperatura y la presión del refrigerante se reducen antes de entrar en el evaporador 28.

35 En el evaporador 28, el refrigerante se pone en una relación de transferencia de calor con un medio de transferencia de calor tal como aire del ambiental exterior circulado. El refrigerante a la presión más baja absorbe calor del medio de transferencia de calor y posteriormente se vaporiza el refrigerante. El vapor de refrigerante se extrae entonces desde el evaporador 28 a través de la línea de entrada del compresor 34 y se comprime para comenzar el ciclo otra vez.

40 En la realización ejemplar, el sistema de bomba de calor 10 incluye válvulas de inversión 36 y 38 configuradas para conmutar selectivamente el circuito de refrigerante 12 entre un modo de calentamiento y un modo de enfriamiento. Como se ilustra, la válvula de inversión 36 es una válvula de cuatro vías y la válvula de inversión 38 es una válvula de tres vías. El sistema 10 puede incluir uno o más controladores 100 programados para operar selectivamente el circuito de refrigerante 12 de manera reversible entre el modo de enfriamiento y el modo de calentamiento. Como se usa en la presente memoria, el término controlador se refiere a un circuito integrado de aplicaciones específicas (ASIC), un circuito electrónico, un procesador (compartido, dedicado o grupo) y una memoria que ejecuta uno o más programas de software o de microprograma, un circuito lógico combinacional y/u otros componentes adecuados que proporcionan la funcionalidad descrita. No obstante, el sistema 10 puede tener otras diversas configuraciones de válvulas que permiten que el sistema 10 funcione como se describe en la presente memoria. Alternativamente, el sistema de bomba de calor 10 puede no incluir las válvulas reversibles 36, 38 o un conducto de inversión 46 con el dispositivo de expansión 26.

50 El circuito de transferencia de calor 14 intercambia energía térmica entre el condensador 22 y un espacio de servicio 40 (por ejemplo, un edificio). El circuito de transferencia de calor 14 incluye una línea de suministro 42, una línea de retorno 44 y un ventilador o bomba de suministro (no mostrado) que suministra aire/agua calentada por el condensador 22 al espacio de servicio 40 donde un ventilador extrae aire sobre un serpentín para calentar un espacio como es sabido en la técnica. El aire/agua de retorno enfriado se transfiere a través de la línea de retorno 44 donde se puede dirigir de vuelta al condensador 22. En aplicaciones típicas de calentamiento de espacios, el sistema de bomba de calor está dimensionado para dotar a un edificio con suficiente capacidad de calentamiento en alguna "condición de diseño", lo que representa una condición de temperatura del aire exterior severa pero no infrecuente.

5 Durante la operación del sistema de bomba de calor 10, se puede acumular escarcha en los serpentines del evaporador 28. Los métodos de descongelación estándar incluyen invertir el ciclo de refrigerante accionando las válvulas de inversión 36, 38. No obstante, tales métodos de descongelación estándar pueden extraer energía térmica del circuito de transferencia de calor 14, disminuyendo por ello el rendimiento integrado del sistema de bomba de calor 10. En contraste con el método de descongelación estándar, el sistema de bomba de calor 10 ejemplar utiliza un método de “descongelación libre” y/o un método de “descongelación positiva” para descongelar el evaporador 28.

10 Tanto el método de “descongelación libre” como el de “descongelación positiva” no invierten el ciclo de refrigerante, y extraen la energía térmica necesaria para descongelar el evaporador 28 del aire exterior en lugar del circuito de transferencia de calor 14. No obstante, en algunas realizaciones, el sistema de bomba de calor 10 también puede utilizar un ciclo inverso además de los métodos de “descongelación libre” y “descongelación positiva” si la acumulación de escarcha en el evaporador 28 es excesiva.

15 El método de “descongelación libre” considera que el ciclo esperado (es decir, apagar los compresores) coincida con una demanda de calor del espacio 40, y utiliza aire del ambiente exterior para descongelar. Por tanto, el sistema 10 reduce o evita la acumulación de escarcha sin tener que invertir el ciclo de refrigerante. En el método de descongelación libre, el evaporador 28 se descongela cuando se detecta por el controlador 100 un nivel o cantidad predeterminada (por ejemplo, una capa pequeña) de acumulación de escarcha, utilizando energía térmica del aire exterior que está por encima del punto de congelación. Esto es en contraste con algunos sistemas de la técnica anterior que esperan hasta que se forme una capa de escarcha gruesa y significativa. Activando un ventilador o unos ventiladores de intercambiador de calor exterior 48 y apagando el compresor o los compresores 20, se puede reducir o evitar el enfriamiento del circuito de transferencia de calor 14 durante el ciclo de descongelación.

20 En operación, el sistema de bomba de calor 10 se monitoriza para la creación de escarcha. Por ejemplo, uno o más sensores 50 se pueden asociar operativamente con el evaporador 28 para detectar la creación de escarcha en los serpentines u otros componentes del evaporador 28. El sensor 50 puede ser un sensor de temperatura que detecta la temperatura del refrigerante y/o la temperatura del aire del ambiente. No obstante, el sistema 10 puede usar cualquier método adecuado para detectar la creación de escarcha en el evaporador 28, tal como detectar la presión del refrigerante dentro del evaporador, detectar un aumento en la caída de presión diferencial del lado del aire a través del serpentín del evaporador, etc.

30 Cuando la temperatura del aire del ambiente está por encima del punto de congelación del agua (es decir,  $> 0^{\circ}\text{C}$  a nivel del mar) y se detecta un nivel de escarcha predeterminado en el evaporador 28, el controlador 100 apaga el compresor o los compresores 20 y activa el ventilador o los ventiladores del intercambiador de calor exterior 48 para forzar el aire del ambiente sobre el evaporador 28. Debido a que la temperatura del aire del ambiente está por encima de la congelación, el flujo de aire fundirá la escarcha formada en el evaporador 28. En la realización ejemplar, el sistema 10 detecta el comienzo de la creación de escarcha (es decir, antes de que la escarcha esté completamente formada) de modo que solamente se requiere que el sistema 10 opere en el modo de descongelación libre durante cortos periodos de tiempo para eliminar las capas pequeñas de escarcha.

35 Una vez que se cumple una condición de reducción de escarcha predeterminada, el controlador 100 vuelve a encender el compresor o los compresores 20 y el sistema 10 se opera normalmente. En la realización ejemplar, el compresor o los compresores 20 se encienden y el ciclo de descongelación se termina cuando se alcanza una temperatura predeterminada del refrigerante en un punto adecuado en el serpentín del intercambiador de calor. Por ejemplo, el sensor 50 puede incluir un sensor de temperatura de serpentín para detectar una temperatura de serpentín aumentada y un controlador de señal 100 para terminar el ciclo de descongelación. Alternativamente, se puede usar un sensor de presión o un conmutador de presión, o los ciclos de descongelación se pueden ejecutar durante una duración de tiempo fija. No obstante, el ciclo de descongelación libre se puede terminar cuando ocurren otras condiciones, tal como cuando la caída de presión diferencial del lado del aire a través del serpentín del evaporador vuelve por debajo de un nivel predeterminado.

40 Por consiguiente, debido a que el compresor o los compresores 20 se apagan, el consumo de potencia del sistema 10 se reduce. Además, debido a que el sistema 10 no se opera en un ciclo inverso, el condensador 22 no se utiliza como evaporador, lo que daría como resultado un enfriamiento indeseado del fluido hecho circular dentro del circuito de transferencia de calor 14.

La FIG. 2 ilustra un gráfico de un consumo de potencia ejemplar del sistema de bomba de calor 10 que da vueltas entre un modo de operación normal y el modo de descongelación libre (línea 104) en comparación con dar vueltas entre el modo de operación normal y el modo de descongelación estándar (línea 102) donde el circuito de refrigerante 12 se opera en un ciclo inverso.

55 La FIG. 3 ilustra un gráfico de una capacidad de calentamiento ejemplar del sistema de bomba de calor 10 que da vueltas entre el modo de operación normal y el modo de descongelación libre (línea 106) en comparación con dar vueltas entre el modo de operación normal y el modo de descongelación estándar (línea 108).

El método de “descongelación positiva” reduce o evita la congelación reduciendo la capacidad del sistema de bomba de calor 10 en consideración de los requisitos esperados de carga de calor reducida del espacio 40, y utiliza aire del ambiente exterior para descongelar. No obstante, aunque la capacidad se reduce, el método aún proporciona algún grado de capacidad. Por tanto, el sistema 10 reduce la velocidad del compresor o de los compresores 20 y/o apaga algunos compresores 20, al mismo tiempo que proporciona aún una capacidad de calentamiento adecuada para el circuito de transferencia de calor 14.

En operación, el sistema de bomba de calor 10 se monitoriza para la creación de escarcha. Por ejemplo, el sensor 50 se puede asociar operativamente con el evaporador 28 para detectar la creación de escarcha en los serpentines u otros componentes del evaporador 28. El sensor 50 puede ser un sensor de temperatura que detecta la temperatura del refrigerante y/o la temperatura de aire del ambiente. No obstante, el sistema 10 puede usar cualquier método adecuado para detectar la creación de escarcha en el evaporador 28, como se describe en la presente memoria.

Cuando la temperatura de aire del ambiente está por encima del punto de congelación del agua (es decir,  $> 0^{\circ}\text{C}$  al nivel del mar) y se detecta un pequeño nivel de escarcha predeterminado en el evaporador 28, el controlador 100 reduce la velocidad de los compresores de velocidad variable 20 y/o reduce el número de compresores operativos 20 (en un sistema de múltiples compresores). La temperatura del serpentín del evaporador 28 se monitoriza entonces para determinar si la temperatura del refrigerante aumenta y excede  $0^{\circ}\text{C}$  (u otro valor predeterminado) después de reducir la velocidad del compresor y/o el número de compresores operativos.

Si la temperatura excede, por ejemplo,  $0^{\circ}\text{C}$ , el controlador 100 mantiene las condiciones del compresor y se monitoriza la temperatura del serpentín para determinar cuándo la temperatura del refrigerante se estabiliza por encima de  $0^{\circ}\text{C}$ . En esta operación, el serpentín del evaporador más caliente resultante puede ser suficiente para fundir la pequeña capa de escarcha presente al tiempo que aún se proporciona alguna capacidad de calentamiento al circuito de transferencia de calor 14. En la realización ejemplar, el compresor o los compresores 20 se devuelven a su operación normal (es decir, funcionando a velocidad normal y/o todos los compresores encendidos) y el ciclo de descongelación se termina cuando se alcanza una temperatura predeterminada del refrigerante en un punto adecuado en el serpentín del intercambiador de calor. Por ejemplo, el sensor 50 puede incluir un sensor de temperatura del serpentín para detectar una temperatura del serpentín aumentada y un controlador de señal 100 para termine el ciclo de descongelación. Alternativamente, se puede usar un sensor de presión o un conmutador de presión, o los ciclos de descongelación se pueden ejecutar durante una duración de tiempo fija. No obstante, el ciclo de descongelación libre se puede terminar cuando ocurren otras condiciones, tales como cuando la caída de presión diferencial del lado del aire a través del serpentín del evaporador vuelve por debajo de un nivel predeterminado.

Si, durante un tiempo predeterminado, la temperatura del refrigerante permanece por debajo o igual a  $0^{\circ}\text{C}$  o está disminuyendo, el sistema 10 se puede conmutar al modo de descongelación libre, y los compresores 20 se apagan y el ventilador 48 se opera para calentar el serpentín del evaporador con aire del ambiente exterior (si está por encima del punto de congelación del agua).

La FIG. 4 ilustra un gráfico de un consumo de potencia ejemplar del sistema de bomba de calor 10 dando vueltas entre un modo de operación normal y el modo de descongelación positiva (línea 110) en comparación con dar vueltas entre un modo de operación normal y un modo de descongelación estándar (línea 112) donde el circuito de refrigerante 12 se opera en un ciclo inverso.

La FIG. 5 ilustra un gráfico de una capacidad de calentamiento ejemplar del sistema de bomba de calor 10 dando vueltas entre el modo de operación normal y el modo de descongelación positiva (línea 114) en comparación con dar vueltas entre el modo de operación normal y el modo de descongelación estándar (línea 116).

El sistema 10 puede usar diversas configuraciones de compresores 20. Por ejemplo, una primera configuración incluye un compresor único de velocidad fija, una segunda configuración incluye un compresor único de velocidad variable, una tercera configuración incluye múltiples compresores de velocidad fija, y una cuarta configuración incluye compresores de velocidad fija y variable. El sistema 10 se puede operar en el modo de descongelación libre para todas de las cuatro configuraciones, y el sistema 10 se puede operar en el modo de descongelación positiva para la segunda, tercera y cuarta configuraciones.

Se describen en la presente memoria sistemas y métodos para descongelar un sistema de bomba de calor. El sistema de bomba de calor se puede descongelar en un modo de descongelación libre, un modo de descongelación positiva o un modo de descongelación libre y positiva, sin operar el sistema de bomba de calor en un ciclo inverso. El modo de descongelación libre incluye apagar los compresores del ciclo de refrigerante y operar los ventiladores para forzar al aire del ambiente sobre un evaporador con escarcha para descongelación. El modo de descongelación positiva incluye reducir la velocidad de los compresores y/o apagar algunos del total de los compresores para elevar la temperatura del refrigerante para descongelar el evaporador. El modo de descongelación libre y positiva incluye operar el sistema de bomba de calor tanto en modo de descongelación libre como en el modo de descongelación positiva simultáneamente o por separado en cualquier orden.

5 Por tanto, el Coeficiente de Rendimiento del sistema de bomba de calor se puede aumentar significativamente, con poco o ningún impacto sobre la capacidad de calentamiento integrada, y con poco o ningún coste de hardware adicional. En algunos casos, la capacidad de calentamiento integrada del sistema de bomba de calor se puede mejorar a plena carga, lo que mejora el coste por capacidad de calentamiento entregada. El sistema aumenta el Coeficiente de Rendimiento Estacional (por ejemplo, en un 15%). Además del aumento de la eficiencia energética, los métodos de descongelación descritos pueden mantener la estabilidad del circuito de aire o agua del edificio, aumentar la fiabilidad de la unidad y reducir el tiempo de pruebas en laboratorio.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de bomba de calor (10) que comprende:
  - un circuito de refrigerante (12);
  - al menos un compresor (20);
  - 5 un evaporador (28); y
  - un controlador (100) programado para descongelar el evaporador (28) en un primer modo de descongelación, en donde en el primer modo de descongelación el controlador (100) se programa para:
    - monitorizar el evaporador (28) para detectar la creación de escarcha en el mismo; y
    - 10 reducir la velocidad del al menos un compresor (20) y/o reducir el número de algunos, pero no todos, los compresores operativos del al menos un compresor (20), si se detecta la creación de escarcha en el evaporador (28), caracterizado por que: el controlador (100) está programado además para descongelar el evaporador (28) en un segundo modo de descongelación, en donde en el segundo modo de descongelación el controlador (100) está programado para:
      - monitorizar el evaporador (28) para detectar la creación de escarcha en el mismo;
      - 15 apagar el al menos un compresor (20) cuando se detecta escarcha en el evaporador (28); y
      - operar un ventilador para forzar aire del ambiente sobre el evaporador (28) para descongelar el evaporador (28).
2. El sistema de bomba de calor de la reivindicación 1, en donde en el primer modo de descongelación el controlador está programado además para monitorizar posteriormente una temperatura del evaporador para determinar si la temperatura monitorizada aumenta y excede una temperatura predeterminada después de la reducción de velocidad del compresor y/o los números de compresores operativos reducidos.
3. El sistema de bomba de calor de la reivindicación 1, en donde en el segundo modo de descongelación el controlador está programado para realizar los pasos de apagar el al menos un compresor y operar el ventilador solamente si la temperatura de aire del ambiente del aire del ambiente forzado por el ventilador está por encima de 0°C.
4. El sistema de bomba de calor de la reivindicación 1, en donde el controlador está programado para descongelar el evaporador usando el modo de descongelación y el segundo modo de descongelación sin utilizar un ciclo inverso del circuito de refrigerante.
5. El sistema de bomba de calor de la reivindicación 1, en donde en el modo de descongelación el controlador está programado para mantener el al menos un compresor en la velocidad reducida y/o el número de operación reducido si se determina que la temperatura monitorizada aumenta y excede la temperatura predeterminada.
6. El sistema de bomba de calor de la reivindicación 5, en donde la temperatura predeterminada es 0°C.
7. El sistema de bomba de calor de la reivindicación 1, en donde en el modo de descongelación el controlador está programado para:
  - 35 monitorizar una temperatura del evaporador para determinar si la temperatura monitorizada aumenta y excede una temperatura predeterminada después de la reducción de velocidad del compresor y/o los números de compresores operativos reducidos; e
  - iniciar el segundo modo de descongelación si se determina que la temperatura monitorizada está por debajo de la temperatura predeterminada después de una cantidad predeterminada de tiempo.
8. El sistema de bomba de calor de la reivindicación 1, en donde, en el modo de descongelación, el controlador está programado para devolver el al menos un compresor a una operación normal aumentando la velocidad del al menos un compresor y/o encendiendo todos los compresores de al menos un compresor cuando la escarcha detectada se funde operando el método de descongelación.
9. El sistema de bomba de calor de la reivindicación 1, en donde, en el segundo modo de descongelación, el controlador está programado para devolver el al menos un compresor a una operación normal encendiendo el al menos un compresor cuando la escarcha detectada se funde operando en el segundo modo de descongelación.
10. Un método de descongelación de un intercambiador de calor (28) de un circuito de refrigerante (12) que tiene al menos un compresor (20), el método que comprende:

monitorizar el intercambiador de calor (28) para detectar la creación de escarcha en el mismo;  
operar, si se detecta escarcha en el intercambiador de calor (28), en un primer modo de descongelación,  
en donde el primer modo de descongelación comprende:

5           reducir la velocidad del al menos un compresor (20) y/o reducir el número de algunos, pero no todos, los  
compresores operativos del al menos un compresor, si se detecta escarcha en el intercambiador de calor  
(28), caracterizado por que el método además comprende:

operar en el segundo modo de descongelación si se determina que la temperatura monitorizada está por  
debajo de la temperatura predeterminada después de una cantidad de tiempo predeterminada, y si se detecta  
escarcha en el intercambiador de calor (28),

10          en donde el segundo modo de descongelación incluye:

apagar el al menos un compresor (20); y

operar un ventilador para forzar aire del ambiente sobre el intercambiador de calor (28) para descongelar el  
intercambiador de calor (28).

11. El método de la reivindicación 10, en donde el modo de descongelación comprende además monitorizar  
15          posteriormente una temperatura del intercambiador de calor para determinar si la temperatura monitorizada aumenta  
y excede una temperatura predeterminada después de la reducción de velocidad del compresor y/o los números de  
compresores operativos reducidos.

12. El método de la reivindicación 10, en donde el intercambiador de calor es un evaporador de exterior y el  
ventilador fuerza el aire del ambiente exterior.

13. El método de la reivindicación 10, en donde el segundo modo de descongelación comprende además apagar el  
20          al menos un compresor y operar el ventilador solamente si la temperatura de aire del ambiente del aire del ambiente  
forzado por el ventilador está por encima de la temperatura de congelación del agua.

14. El método de la reivindicación 10, en donde descongelar el intercambiador de calor con el primer modo de  
25          descongelación y el segundo modo de descongelación se realiza sin invertir el ciclo del circuito de refrigerante para  
descongelar el intercambiador de calor.

15. El método de la reivindicación 10, en donde el intercambiador de calor es un evaporador de un sistema de  
bomba de calor, el sistema de bomba de calor que comprende el circuito de refrigerante y una pluralidad de  
compresores, la pluralidad de compresores que incluye el al menos un compresor, y el método que comprende  
además:

30          proporcionar, al tiempo que se descongela en el primer modo de descongelación, capacidad de calentamiento al  
sistema de bomba de calor con los compresores de velocidad reducida y/o los compresores operativos restantes;  
y

35          monitorizar posteriormente una temperatura del evaporador para determinar si, durante la descongelación en el  
primer modo de descongelación, la temperatura monitorizada aumenta y excede una temperatura  
predeterminada después de la reducción de velocidad del compresor y/o los números de compresores operativos  
reducidos;

y en donde el segundo modo de descongelación comprende además:

apagar cada compresor de la pluralidad de compresores; y

40          operar, solamente cuando el aire del ambiente exterior está por encima de la temperatura de congelación del  
agua, el ventilador para forzar el aire del ambiente exterior sobre el evaporador para descongelar el evaporador,  
en donde el evaporador se descongela usando el primer y segundo modos de descongelación y sin invertir el  
ciclo del circuito de refrigerante para descongelar el intercambiador de calor.



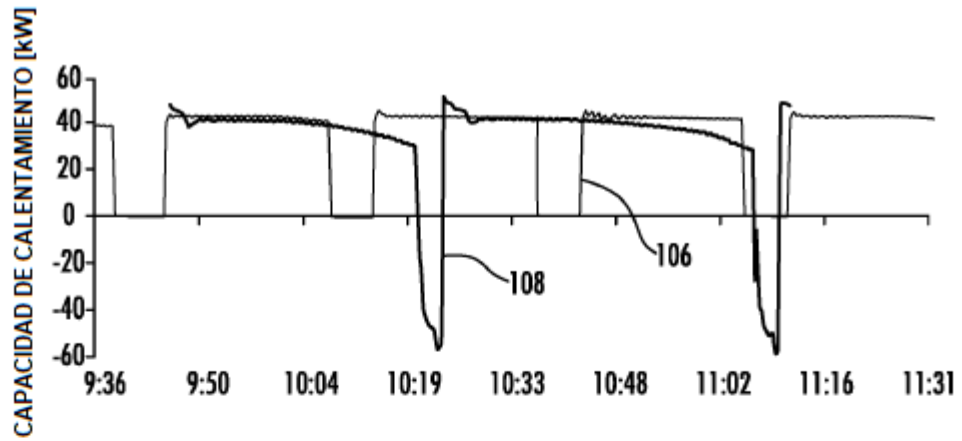


FIG. 3

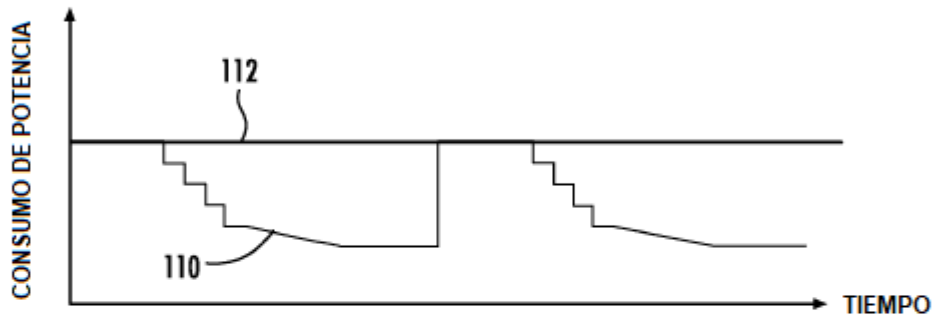


FIG. 4

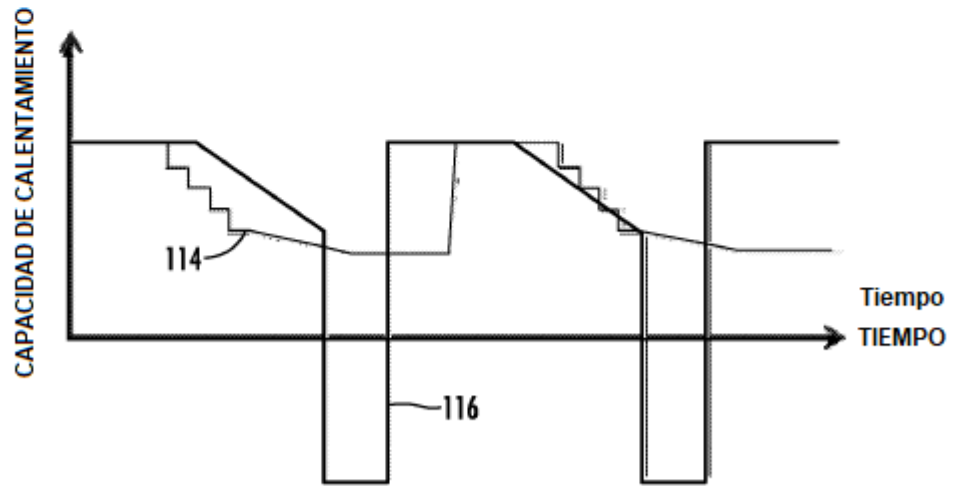


FIG. 5