



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 275 613**

51 Int. Cl.:
F25B 47/02 (2006.01)
F25B 13/00 (2006.01)
F25D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01200819 .9**
86 Fecha de presentación : **06.03.2001**
87 Número de publicación de la solicitud: **1134519**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **19.09.2001**

54 Título: **Método y sistema para el control de desescarchado en bombas de calor reversibles.**

30 Prioridad: **15.03.2000 US 525348**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2007

73 Titular/es: **CARRIER CORPORATION**
One Carrier Place
Farmington, Connecticut 06034-4015, US

72 Inventor/es: **Said, Wahil;**
Ballet, Joseph y
Douzet, Sylvain Serge

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 275 613 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

Método y sistema para el control de desescarchado en bombas de calor reversibles.

5 Este invento pertenece al campo de las bombas de calor reversibles, y en particular, al control del ciclo de desescarchado del serpentín mientras se opera en modo de calefacción.

10 Los sistemas de bomba de calor utilizan un refrigerante para transportar la energía térmica desde un lado relativamente más caliente de un circuito cerrado de circulación hacia un lado relativamente más frío del circuito cerrado de circulación. El documento US 5.319.943 explica un sistema de control basado en microprocesador para controlar la acumulación de escarcha sobre el serpentín evaporador exterior de un sistema de bomba de calor. Las reivindicaciones 1 y 7 están caracterizadas según esta explicación. La compresión del refrigerante se produce en el lado más caliente del circuito cerrado, donde un compresor eleva la temperatura del refrigerante. La evaporación del refrigerante se produce en el lado más frío del circuito, donde se permite que el refrigerante se expanda, dando así como resultado un descenso de temperatura. Se añade energía térmica al refrigerante en un lado del circuito cerrado y se extrae del refrigerante en el otro lado, debido a las diferencias de temperatura entre el refrigerante y los medios interiores y exteriores, respectivamente, para hacer uso de los medios exteriores ya sea como fuente de energía térmica o bien como sumidero de energía térmica. En el caso de una bomba de calor aire-agua, el aire exterior se utiliza como fuente de energía térmica mientras que el agua se utiliza como sumidero de energía térmica.

20 El proceso es reversible, de manera que la bomba de calor puede utilizarse para calentar o para enfriar. Los equipos de calentamiento y refrigeración domésticos son bidireccionales, en el sentido de que una válvula y unos dispositivos de control adecuados dirigen selectivamente el refrigerante a través de intercambiadores de calor interiores y exteriores de tal manera que el intercambiador de calor interior está en el lado caliente del circuito de circulación del refrigerante para calentar y en el lado frío para enfriar. Un ventilador de circulación hace pasar el aire interior por encima del intercambiador de calor interior y a través de conductos que conducen al espacio interior. Conductos de retorno extraen aire del espacio interior y devuelven aire al intercambiador de calor interior. De forma similar un ventilador hace pasar aire ambiental por encima del intercambiador de calor exterior, y libera calor al aire libre, o extrae el calor disponible de él.

30 Estos tipos de sistemas de bomba de calor funcionan sólo si hay una diferencia de temperatura adecuada entre el refrigerante y el aire en el intercambiador de calor respectivo para mantener una transmisión de energía térmica. Para calentar, el sistema de bomba de calor es eficiente si la diferencia de temperatura entre el aire y el refrigerante es tal que la energía térmica disponible es mayor que la energía eléctrica necesaria para hacer funcionar el compresor y los respectivos ventiladores. Para enfriar, la diferencia de temperatura entre el aire y el refrigerante es generalmente suficiente, incluso en días cálidos.

40 Bajo ciertas condiciones de funcionamiento, se forma escarcha sobre el serpentín de la bomba de calor. La velocidad de formación de escarcha depende mucho de la temperatura ambiente y del porcentaje de humedad. El escarchado del serpentín produce como resultado una menor eficiencia del serpentín al mismo tiempo que afecta a las prestaciones globales (capacidad de calentamiento y coeficiente de operación (COP)) del equipo. De vez en cuando, el serpentín debe ser desescarchado para mejorar la eficiencia del equipo. En la mayoría de los casos, el desescarchado del serpentín se consigue mediante la inversión del ciclo del refrigerante. El instante en el cual se realiza el desescarchado del serpentín afecta a la eficiencia global del equipo, dado que el refrigerante caliente del equipo, el cual proporciona el calor deseado, se enfría realmente durante el desescarchado del serpentín.

50 Los equipos convencionales utilizan típicamente un periodo de tiempo fijo entre ciclos de desescarchado, sin tener en cuenta cuánto escarchado se produce realmente dentro del periodo fijo. Para optimizar las prestaciones del equipo mientras está en modo de calefacción, es necesario optimizar el instante en que se produce el desescarchado del serpentín.

55 De acuerdo con el presente invento, se proporciona un método para controlar un ciclo de desescarchado del serpentín como se reivindica en la reivindicación 1 y un sistema para controlar un ciclo de desescarchado del serpentín como se reivindica en la reivindicación 7.

En resumen, un algoritmo de control controla un ciclo de desescarchado del serpentín en una bomba de calor reversible almacenando valores que representan las prestaciones de un serpentín limpio, es decir, uno sin formación de escarcha, y monitorizando esos valores según van evolucionando en el tiempo. Los valores se usan para crear un “factor de escarcha” cuyo valor varía entre 0%, lo que significa un serpentín limpio, y 100%, lo que significa un serpentín con mucha escarcha. Cuando el factor de escarcha alcanza un valor predeterminado próximo a 100%, se invierte (se realiza en sentido contrario) el ciclo del refrigerante de la bomba de calor para conseguir el desescarchado del serpentín.

65 De acuerdo con una realización del invento, un método para controlar un ciclo de desescarchado del serpentín en un sistema de bomba de calor reversible que utiliza un ciclo de refrigerante incluye la monitorización de una pluralidad de variables de funcionamiento del sistema de bomba de calor; la determinación de un factor final de escarcha a partir de la pluralidad de variables de funcionamiento; y el desescarchado del serpentín después de que el factor de escarcha alcance un valor predeterminado y se cumplan ciertas condiciones del sistema.

ES 2 275 613 T3

De acuerdo con una realización del invento, un sistema para controlar un ciclo de desescarchado del serpentín en un sistema de bomba de calor reversible que utiliza un ciclo de refrigerante incluye medios para monitorizar una pluralidad de variables de funcionamiento del sistema de bomba de calor; medios para determinar un factor final de escarcha a partir de la pluralidad de variables de funcionamiento; y medios para desescarchar el serpentín después de que el factor de escarcha alcance un valor predeterminado y se cumplan ciertas condiciones del sistema.

La Figura 1 muestra un diagrama esquemático de un sistema de bomba de calor reversible.

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo del método del presente invento.

Haciendo ahora referencia a la Figura 1, una bomba 10 de calor incluye un serpentín 12 interior conectado funcionalmente con una tubería 14 de agua de retorno y una tubería 16 de agua de suministro. El serpentín 12 interior tiene refrigerante circulando a través de él con el propósito de enfriar o calentar el agua que pasa sobre el serpentín 12 interior según es circulada a través del sistema. El serpentín 12 interior actúa como un evaporador en el modo de enfriamiento para extraer calor del agua de retorno y como condensador en el modo de calentamiento para proporcionar calor al agua de suministro. Durante el modo de desescarchado, el sistema cambia del modo de calentamiento al modo de enfriamiento para permitir que el calor del agua de retorno sea transferido por el refrigerante al serpentín exterior para facilitar el desescarchado de éste.

El serpentín 12 interior está conectado a un circuito de refrigeración de bucle cerrado estándar que incluye compresores 22, 24, una válvula 26 de inversión, un serpentín 28 evaporador, válvulas 32, 38 de seguridad de aislamiento, y un visor 40 de cristal. Un depósito 36 almacena el fluido refrigerante del sistema. La válvula 26 de inversión es accionada selectivamente por un controlador 18 para que funcione en los modos respectivos de enfriamiento, calentamiento o desescarchado. Se muestra una válvula 34 de expansión termostática (TXV) entre el depósito 36 y el serpentín 28 evaporador. La TXV 34 está controlada por un bulbo TXV conectado por un tubo 35 capilar.

El escarchado del serpentín es monitorizado a través de tres medidas del refrigerante: presión de succión saturada (SSP), temperatura del aire exterior (OAT) y temperatura del líquido refrigerante (RLT) según entra el refrigerante en el serpentín 28 evaporador. Un transductor 46 del sistema, situado entre los compresores 22, 24 y la válvula 26 de inversión, registra la SDP, también conocida como la presión de descarga del circuito. Un transductor situado entre la válvula 26 de inversión y los compresores 22, 24 registra la SSP que es transformada en la temperatura de succión saturada (SST). Se utilizan preferentemente transductores de presión en lugar de termistores debido a su mayor precisión. La temperatura del aire exterior (OAT) es leída por un sensor 43 tal como un termómetro digital. La temperatura del líquido refrigerante (RLT) es leída por un sensor 42 de desescarchado. La RLT se ve afectada por la escarcha sobre la tubería y de esta manera se utiliza para determinar una indicación de escarcha. Además, la temperatura del agua de entrada en la tubería 14 de agua de retorno es medida por un sensor 15.

Los transductores 44, 46 y los sensores 15, 42, 43 están conectados al controlador 18. El controlador 18 almacena y ejecuta un algoritmo de control que almacena valores que representan las prestaciones de un serpentín limpio (justo después del desescarchado) y los monitoriza según evolucionan en el tiempo. Esos valores se traducen en un "factor de escarcha" cuyo valor puede variar entre 0% (serpentín limpio) y 100%. Cuando el factor de escarcha se aproxima al 100%, se invierte el ciclo del refrigerante para conseguir el desescarchado del serpentín. Esto es una mejora significativa con respecto a la mayoría de los algoritmos utilizados actualmente que están basados en un tiempo fijo entre dos ciclos de desescarchado. El sistema 10 realiza de esta forma una sesión de desescarchado del circuito cuando la cantidad de escarcha que cubre el serpentín 28 evaporador afecta a las prestaciones del sistema.

De acuerdo con el presente invento, el factor de escarcha se estima determinando un delta de referencia del circuito (OAT menos SST) cuando el equipo se estabiliza después de una sesión de desescarchado. La evolución del delta actual frente al delta de referencia se calcula y se integra permanente para proporcionar una estimación del factor de escarcha (frost_i).

Se considera que un factor de escarcha del 100% es indicativo de un intercambiador completamente congelado. Se realiza una sesión de desescarchado del circuito si el factor de escarcha es 100%, si ha pasado un periodo de tiempo especificado, preferiblemente 15 minutos, entre dos desescarchados del circuito, y si el agua de entrada está por encima de una temperatura especificada, preferiblemente 12°C (54°F). Si no ha pasado el periodo de tiempo, se retrasa el desescarchado.

Cuando el circuito entra en modo de desescarchado, se detienen preferiblemente todas las etapas de ventilador y se invierte la válvula de inversión para forzar al circuito a entrar en modo de enfriamiento. Si durante una sesión de desescarchado la presión de descarga del circuito (SDP) alcanza un umbral de presión especificado (basado en el punto de desconexión de alta presión), se vuelve a arrancar preferiblemente el ventilador del circuito momentáneamente para evitar un cierre del circuito debido a la desconexión de alta presión. Este ventilador se detiene cuando la presión de descarga del circuito desciende por debajo del umbral menos 207 kPa (30 psi).

Una sesión de desescarchado del circuito se activa preferiblemente cuando el factor final de escarcha alcanza 100% siempre que haya pasado el periodo de 15 minutos entre secuencias de desescarchado del circuito y siempre que la temperatura del agua de entrada sea mayor que la temperatura especificada que depende del compresor utilizado. La

ES 2 275 613 T3

temperatura especificada está generalmente en el rango entre 10°C (50°F) y 18°C (65°F), por ejemplo 12°C (54°F). El tiempo entre secuencias de desescarchado es preferiblemente de al menos 15 minutos.

5 El desescarchado se consigue cuando la temperatura de desescarchado del circuito determinada por el sensor 42 está por encima del extremo del punto de trabajo de desescarchado que es 25°C (77°F) en este ejemplo. Se detiene el desescarchado independientemente de otras condiciones si la temperatura del agua de entrada en la tubería 14 de retorno descende por debajo de una temperatura especificada tal como 10°C (50°F), lo cual depende del tipo de compresor utilizado. Se establece diez minutos como la duración máxima preferible de un ciclo de desescarchado. Si se ha superado la duración máxima de desescarchado de diez minutos, se detiene la sesión de desescarchado sin
10 importar qué otras condiciones imperan. Si durante una sesión de desescarchado se ordena manualmente al equipo que se detenga, la sesión de desescarchado continúa hasta ser completada.

Haciendo referencia a la Figura 2, se enciende un temporizador en el paso 110 preferiblemente después de que hayan pasado dos minutos desde el último ciclo de desescarchado. En el paso 120, se determina un valor de referencia
15 del_r como la OAT menos la SST. En el paso 130, se miden periódicamente los valores de OAT, SST y RLT, preferiblemente cada 10 segundos. El delta de temperatura del_i se calcula como la OAT menos SST_i, donde SST_i es la SST en el instante i. Entonces, la variación de delta se calcula según $\text{del_v_i} = \text{del_i} - \text{del_r}$. En el paso 140, se comprueba del_v_i para ver si la variación de delta sobrepasa los 5°C (9°F), y si es así, se aplica un factor del_int integrador en el paso 150. El valor de del_int se determina mediante ensayos de laboratorio y depende de la geometría del serpentín, la velocidad del aire a través del serpentín, etc. Para los modelos Carrier 30RH17 a 30RH240, el valor de del_int es 0,5.

En el paso 150, frost_i, el factor de escarcha en el instante i, se fija a frost_int_i_i multiplicado por del_v_i sumado al factor del_int integrador. Frost_int_i_i es el valor de frost_int_i en el instante i, donde frost_int_i es un multiplicador
25 o factor de ganancia en %/°C cuyo valor es normalmente siempre 0,7. En algunos casos, el valor difiere de 0,7, y frost_int_i se determina mediante experimentación rutinaria de acuerdo con el tamaño del serpentín, el tamaño y el tipo del compresor, y la cantidad de flujo de aire a través del serpentín. Se compara entonces frost_i con el factor de escarcha determinado previamente, es decir, en el instante i-1, donde i-1 se refiere al instante un periodo de medida anterior al instante i, lo que en este caso es preferiblemente 10 segundos antes del instante i. El mayor de los valores
30 frost_i y frost_i-1 se convierte en el valor para frost_i.

En el paso 160, si la variación de delta no supera los 5°C (9°F), no se aplica el factor del_int integrador y se fija frost_i igual a frost_int_i_i multiplicado por del_v_i. Se compara frost_i con frost_i-1 y se fija al valor mayor.

35 Se comprueba el factor de escarcha en el paso 170 para ver si supera 100%, y si no, el ciclo comienza de nuevo en el paso 130. Si el factor de escarcha es mayor de 100%, se comprueba el temporizador en el paso 180 para ver si han pasado más de 17 minutos (los 15 minutos del paso 180 más los 2 minutos del paso 110) desde el último ciclo de desescarchado. Si no es así, el sistema espera hasta que el temporizador supera los 15 minutos antes de pasar el control al siguiente paso. En el paso 185, se comprueba la temperatura del agua de entrada para asegurar que es mayor
40 que una temperatura especificada antes del comienzo de la sesión de desescarchado en el paso 190. Se enciende el temporizador de desescarchado y se apagan todos los ventiladores de los condensadores. En el paso 192, si la SDP está por encima de un umbral especificado que está basado en el punto de desconexión de alta presión, se vuelve a arrancar momentáneamente el ventilador en el paso 194 para hacer bajar la presión hasta un valor de preferiblemente 207 kPa (30 psi) por debajo del umbral como se comprueba en el paso 196, momento en el cual se detiene el ventilador en el
45 paso 198.

En el paso 200 se comprueba la RLT para ver si supera un valor designado, preferiblemente 25°C (45°F) para la línea de equipos Carrier caracterizada por los modelos Carrier 30RH17 a 30RH240, y si es así, se detiene la sesión de desescarchado en el paso 220. Si la RLT no es igual a 25°C (45°F) en el paso 200, se comprueba el temporizador de
50 desescarchado para ver si la sesión de desescarchado ha durado más de 10 minutos, y si es así, se detiene la sesión de desescarchado en el paso 220. El control del programa vuelve al paso 110 y el ciclo comienza de nuevo.

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar un ciclo de desescarchado de un serpentín (12) en un sistema (10) de bomba de calor reversible que utiliza un ciclo de refrigerante, que comprende los pasos de:

monitorización de una pluralidad de variables de funcionamiento de dicho sistema (10) de bomba de calor;

determinación de un factor final de escarcha a partir de dicha pluralidad de variables de funcionamiento; y

desescarchado del citado serpentín (12) después de que dicho factor de escarcha alcance un valor predeterminado y se cumplan ciertas condiciones del citado sistema, en el cual el citado paso de monitorización incluye:

encender un primer temporizador;

monitorizar periódicamente una temperatura (OAT) exterior cerca del citado serpentín (12); y

monitorizar periódicamente una temperatura de succión saturada (SST) del citado sistema (10) de bomba de calor, y **caracterizado** porque dicho paso de determinación incluye:

determinar un primer delta (del_r) de temperatura como referencia;

determinar un segundo delta (del_i) de temperatura como la OAT menos la SST;

determinar una variación (del_v_i) en dicho segundo delta de temperatura mediante la comparación de dicho segundo delta de temperatura con dicho primer delta de temperatura;

determinar un primer factor (frost_i-1) de escarcha como dicha variación multiplicada por un factor de ganancia (frost_int_i) si dicha variación no es mayor de una cantidad especificada, y determinar dicho primer factor de escarcha como dicha variación multiplicada por dicho factor de ganancia más un integrador (del_int) si dicha variación es mayor que dicha cantidad especificada;

para cada periodo posterior, determinar un segundo factor (frost_i) de escarcha como la citada variación multiplicada por el citado factor de ganancia si dicha variación no es mayor que la citada cantidad especificada, y determinar el citado segundo factor de escarcha como la citada variación multiplicada por el citado factor de ganancia más el citado factor integrador si la citada variación es mayor que la citada cantidad especificada; y

seleccionar el citado factor final de escarcha como el mayor de los mencionados primer factor (frost_i-1) de escarcha y segundo factor (frost_i) de escarcha.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el citado paso de desescarchado incluye:

invertir el citado ciclo del refrigerante en el citado sistema (10) de bomba de calor cuando el citado primer temporizador supera un periodo de tiempo especificado y la citada temperatura del agua de entrada es mayor que una temperatura especificada;

apagar un ventilador del condensador; y

encender un segundo temporizador.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual el citado paso de monitorización incluye monitorizar periódicamente una presión (SDP) de descarga saturada del citado sistema.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual el citado paso de desescarchado incluye además:

arrancar el citado ventilador del condensador si la mencionada SDP supera un umbral especificado; y

detener el citado ventilador del condensador cuando dicha SDP cae en una cantidad especificada por debajo de dicho umbral especificado.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el cual el citado paso de monitorización incluye monitorizar una temperatura de líquido refrigerante (RLT) en el líquido refrigerante que entra en el citado serpentín (12).

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual el citado paso de desescarchado incluye además la detención del citado paso de inversión del ciclo del refrigerante cuando la citada RLT supera un punto establecido de desescarchado o el citado segundo temporizador supera un periodo de tiempo especificado.

ES 2 275 613 T3

7. Un sistema para controlar un ciclo de desescarchado de un serpentín (12) en un sistema (10) de bomba de calor reversible que utiliza un ciclo de refrigerante, que comprende:

medios para monitorizar una pluralidad de variables de funcionamiento de dicho sistema (10) de bomba de calor;

medios para determinar un factor final de escarcha a partir de dicha pluralidad de variables de funcionamiento; y

medios para desescarchar el citado serpentín (12) después de que dicho factor de escarcha alcance un valor pre-determinado y se cumplan ciertas condiciones del citado sistema, en el cual los citados medios para monitorizar la pluralidad de variables de funcionamiento comprenden:

un primer temporizador;

un sensor (43) para monitorizar periódicamente una temperatura exterior (OAT) cerca de dicho serpentín (12); y

un transductor para monitorizar periódicamente una temperatura (SST) de succión saturada del citado sistema de bomba de calor, y en el cual

los citados medios para determinar un factor final de escarcha comprenden un controlador (18), **caracterizado** porque dicho controlador:

determina un primer delta de temperatura (del_r) como referencia;

determina un segundo delta de temperatura (del_i) como la OAT menos la SST;

determina una variación (del_v_i) en dicho segundo delta de temperatura mediante la comparación del citado segundo delta de temperatura con el citado primer delta de temperatura;

determina un primer factor (frost_i-1) de escarcha como dicha variación multiplicada por un factor de ganancia (frost_int_i) si dicha variación no es mayor que una cantidad especificada, y determina dicho primer factor de escarcha como dicha variación multiplicada por dicho factor de ganancia más un factor integrador (del_int) si dicha variación es mayor que la citada cantidad especificada;

determina, para cada periodo posterior, un segundo factor (frost_i) de escarcha como la citada variación multiplicada por el citado factor de ganancia si dicha variación no es mayor que la citada cantidad especificada, y determina el citado segundo factor de escarcha como dicha variación multiplicada por dicho factor de ganancia más dicho factor integrador si la citada variación es mayor que la citada cantidad especificada; y

selecciona el citado factor final de escarcha como el mayor entre el citado primer factor (frost_i-1) de escarcha y el citado segundo factor (frost_i) de escarcha.

8. El sistema de la reivindicación 7, en el cual el sensor (43) para la medición periódica de una temperatura exterior (OAT) cerca del serpentín comprende un termómetro digital.

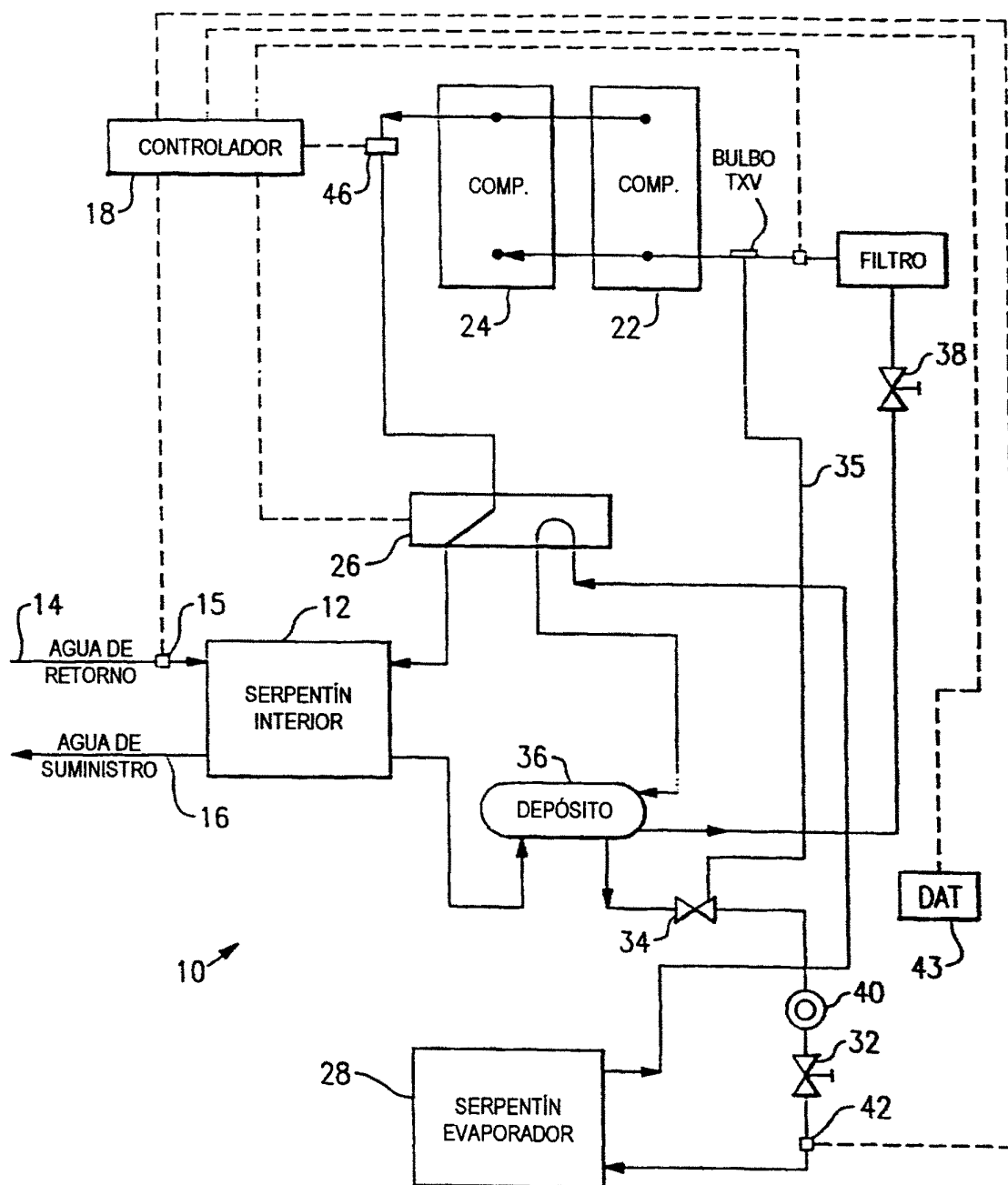


FIG.1

