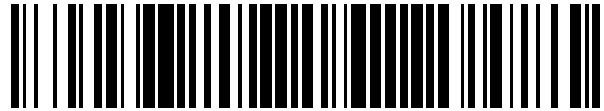


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 648 287**

51 Int. Cl.:

**F28F 27/00** (2006.01)

**F25B 25/00** (2006.01)

**F25B 49/02** (2006.01)

**F28C 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2014 PCT/JP2014/055023**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14167912**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2014 E 14783192 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017 EP 2985563**

54 Título: **Dispositivo para controlar un sistema de enfriamiento**

30 Prioridad:

**08.04.2013 JP 2013080232**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**29.12.2017**

73 Titular/es:

**FUJI ELECTRIC CO., LTD. (100.0%)  
1-1, Tanabeshinden, Kawasaki-ku  
Kawasaki-shi, Kanagawa 210-9530, JP**

72 Inventor/es:

**KONO HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 648 287 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**

Dispositivo para controlar un sistema de enfriamiento

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un aparato de control para un sistema de enfriamiento que se usa en equipos de aire acondicionado, o similares, y que hace circular agua de enfriamiento entre una torre de enfriamiento y un dispositivo de refrigeración.

**Antecedentes de la técnica**

10 En general, un sistema de enfriamiento que se usa en equipos de aire acondicionado y similares, está provisto de una torre de enfriamiento, un dispositivo de refrigeración, y un acondicionador de aire que es la carga de enfriamiento, y agua de enfriamiento que ha sido enfriada en la torre de enfriamiento se envía al dispositivo de refrigeración mediante una bomba de agua de enfriamiento y en el dispositivo de refrigeración, el intercambio de calor se realiza con agua fría, que enfría el acondicionador de aire. El Documento de Patente 1, por ejemplo, describe un aparato de control para un sistema de enfriamiento de este tipo.

15 En este sistema de enfriamiento, el agua fría producida por el dispositivo de refrigeración es suministrada al acondicionador de aire por una bomba de agua fría y es devuelta al dispositivo de refrigeración después de recibir el procedimiento de intercambio de calor en el acondicionador de aire. Por otra parte, en la torre de enfriamiento, se proporciona un ventilador de enfriamiento para enfriar el agua de enfriamiento por soplado de aire, y el agua de enfriamiento enfriada en la torre de enfriamiento es enviada al dispositivo de refrigeración mediante la bomba de agua de enfriamiento, y es devuelta a la torre de enfriamiento después de realizar el intercambio de calor en el  
20 dispositivo de refrigeración. Ambos o uno de un sensor de temperatura de entrada, que detecta la temperatura del agua de enfriamiento en una entrada de la torre de enfriamiento, y un sensor de temperatura de salida, que detecta la temperatura de la torre de enfriamiento en una salida de la torre de enfriamiento, se proporcionan en tuberías del agua de enfriamiento.

25 Los posibles procedimientos de control para un sistema de refrigeración de este tipo incluyen: "control del ventilador de enfriamiento", "control de la bomba de agua de enfriamiento" y "control del ventilador de enfriamiento y de la bomba de agua de enfriamiento", y similares, y en estos procedimientos se controla el número de revoluciones del ventilador de enfriamiento y/o de la bomba de agua de enfriamiento, ajustando de este modo el volumen de flujo de aire de enfriamiento y el volumen de flujo de agua de enfriamiento, ajustando la frecuencia de salida de un aparato inversor sobre la base de los valores de detección para la temperatura de entrada y la temperatura de salida del  
30 agua de enfriamiento.

A continuación, se describe el "control del ventilador de enfriamiento", pero lo mismo se aplica al "control de la bomba de agua de enfriamiento" y al "control del ventilador de enfriamiento y de la bomba de agua de enfriamiento", y en cada uno de estos casos, el control se implementa sobre la base de un control de temperatura de entrada  
35 uniforme para controlar la temperatura del agua de enfriamiento en la entrada de la torre de enfriamiento a una temperatura uniforme, o un control de la temperatura de salida uniforme para controlar la temperatura del agua de enfriamiento a una temperatura uniforme, o control diferencial de la temperatura uniforme para controlar el diferencial de temperatura entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida del agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento a un diferencial uniforme.

40 El control uniforme de la temperatura de entrada mediante el control del ventilador de enfriamiento implica la detección de la temperatura de entrada del agua de enfriamiento en la entrada de la torre de enfriamiento y el control del número de revoluciones del motor del ventilador que acciona el ventilador de enfriamiento, mediante el aparato inversor, de tal manera que el valor detectado de la temperatura de entrada del agua de enfriamiento coincide con un valor de ajuste de temperatura de entrada previamente establecido.

45 Con este control de temperatura de entrada uniforme, cuando la temperatura de entrada del agua de enfriamiento es baja, no es necesario enfriar en gran medida el agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento y, por lo tanto, se reduce la frecuencia de salida del aparato inversor para reducir el número de revoluciones del motor del ventilador, mientras que cuando la temperatura de entrada del agua de enfriamiento es alta, es necesario enfriar el agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento y, por lo tanto, se eleva la frecuencia de salida del aparato inversor para aumentar el número de revoluciones del motor del ventilador.

50 Además, el control uniforme de la temperatura de salida mediante el control del ventilador de enfriamiento implica la detección de la temperatura de salida del agua de enfriamiento en la salida de la torre de enfriamiento, y el control del número de revoluciones del motor del ventilador que acciona el ventilador de enfriamiento, mediante el aparato inversor, de tal manera que el valor de detección de la temperatura de salida del agua de enfriamiento coincide con un valor de ajuste de temperatura de salida previamente establecido.

55 Con este control de temperatura de salida uniforme, cuando la temperatura de salida del agua de enfriamiento es baja, no es necesario enfriar en gran medida el agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento y, por lo tanto, se

reduce la frecuencia de salida del aparato inversor para reducir el número de revoluciones del motor del ventilador, mientras que cuando la temperatura de salida del agua de enfriamiento es alta, es necesario enfriar el agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento y, por lo tanto, se eleva la frecuencia de salida del aparato inversor para aumentar el número de revoluciones del motor del ventilador.

- 5 Además, el control uniforme del diferencial de temperatura mediante el control del ventilador de enfriamiento implica determinar el diferencial de temperatura entre la temperatura de entrada del agua de enfriamiento y la temperatura de salida del agua de enfriamiento, a partir de los valores de detección para la temperatura de entrada del agua de enfriamiento en la entrada de la torre de enfriamiento y la temperatura de salida del agua de enfriamiento en la salida de la torre de enfriamiento, y controlando el número de revoluciones del motor del ventilador que acciona el ventilador de enfriamiento, mediante el aparato inversor, de tal manera que la diferencia de temperatura sea uniforme.

15 Con este control diferencial de temperatura uniforme, cuando la diferencia de temperatura del agua de enfriamiento entre la entrada y la salida es pequeña, no es necesario enfriar en gran medida el agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento y, por lo tanto, se reduce la frecuencia de salida del aparato inversor para reducir el número de revoluciones del motor del ventilador, mientras que cuando la diferencia de temperatura es grande, a la inversa, es necesario enfriar el agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento y, por lo tanto, se eleva la frecuencia de salida del aparato inversor para aumentar el número de revoluciones del motor del ventilador. Documento de Patente 1: Publicación de la solicitud de patente japonesa n.º 2000-283527

### **Divulgación de la invención**

20 En el sistema de enfriamiento descrito anteriormente, la torre de enfriamiento es comúnmente una torre de enfriamiento abierta que utiliza el calor de evaporación (calor latente) de agua, y en el caso de cada uno de los controles uniformes de temperatura de entrada, el control de temperatura de salida uniforme y el control del diferencial de temperatura uniforme, el agua de enfriamiento se enfría utilizando el calor de evaporación en la torre de enfriamiento.

25 Sin embargo, hay límites en el procedimiento de enfriamiento, y en principio, no es posible reducir la temperatura del agua de enfriamiento por debajo de la temperatura del bulbo húmedo del aire exterior. Cuando se enfría el agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento, si la temperatura del aire exterior es alta y la humedad del aire exterior es baja, entonces la temperatura del agua de enfriamiento cae significativamente, pero si la temperatura del aire exterior es baja y la humedad del aire exterior es alta, entonces prácticamente no se puede esperar ninguna caída en la temperatura del agua de enfriamiento.

30 El control de la temperatura de entrada uniforme, el control de la temperatura de salida uniforme o el control del diferencial de temperatura uniforme implican controlar el número de revoluciones del motor de ventilador del ventilador de enfriamiento de tal manera que la temperatura del agua de enfriamiento o el diferencial de temperatura del agua de enfriamiento se convierta en una temperatura establecida, independientemente de la humedad del aire exterior, y por lo tanto el número de revoluciones del motor del ventilador puede controlarse en un valor más alto del necesario, incluso bajo condiciones de aire exterior donde prácticamente no se puede esperar ningún efecto en la reducción de la temperatura del agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento.

35 Por ejemplo, si la temperatura del aire exterior es baja y la humedad del aire exterior es alta, entonces no se puede esperar una gran reducción de la temperatura del agua de enfriamiento utilizando el calor de evaporación del agua y, por lo tanto, la temperatura del agua de enfriamiento no se reduce mucho, no importa cuánto se incremente el número de revoluciones del motor del ventilador. En casos como este, con el control de temperatura de entrada uniforme, el control de temperatura de salida uniforme o el control diferencial de temperatura uniforme, la frecuencia de salida se incrementa progresivamente, de tal manera que la temperatura del agua de enfriamiento se convierte en un valor de ajuste, pero como la temperatura del agua de enfriamiento no cae, entonces la salida de frecuencia mediante el aparato inversor finalmente alcanza una frecuencia límite superior (o frecuencia máxima, límite superior de salida PID), y el aparato inversor continúa operando a esta frecuencia límite superior.

De este modo, dependiendo de las condiciones del aire exterior, no se alcanza necesariamente un efecto de enfriamiento que coincida con el número de revoluciones del motor del ventilador, y el aparato inversor puede emitir una frecuencia más alta de la necesaria, dando lugar a un problema de consumo despilfarrador de energía.

50 Una posible contramedida a este problema podría ser controlar la frecuencia de salida del aparato inversor calculando la humedad relativa a partir de la relación entre la temperatura del bulbo seco y la temperatura del bulbo húmedo del aire exterior. Sin embargo, en este caso, una pluralidad de sensores, tales como sensores de medición de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo para medir la temperatura del bulbo seco y la temperatura del bulbo húmedo del aire exterior, son necesarios además del sensor de medición de la temperatura del agua de enfriamiento, y puesto que los sensores de medición de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo son costosos, existe el problema de que los costes del dispositivo aumentan.

La presente invención se concibió en vista de los problemas descritos anteriormente, cuyo objeto es proporcionar un aparato de control para un sistema de refrigeración que no requiera caros sensores de medición de temperatura de

bulbo seco y de bulbo húmedo, y que pueda implementar un control equivalente al de los sensores de medición de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, utilizando únicamente un sensor de medición de la temperatura del agua de enfriamiento.

5 Para conseguir el objeto antes mencionado, la presente invención es un aparato de control para un sistema de enfriamiento provisto de una torre de enfriamiento, un dispositivo de refrigeración, un ventilador de enfriamiento previsto en la torre de enfriamiento y una bomba de agua de enfriamiento que hace circular agua de enfriamiento entre la torre de enfriamiento y el dispositivo de refrigeración, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2.

Realizaciones ventajosas de la invención se definen en las reivindicaciones 2 a 5.

10 De acuerdo con la presente invención, mediante la configuración descrita anteriormente, es posible conseguir un control de optimización equivalente al conseguido usando sensores de medición de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, utilizando solamente un sensor de temperatura de entrada de agua de enfriamiento (o un sensor de temperatura de salida de agua de enfriamiento), y es posible reducir el consumo de energía del aparato inversor incluso en el caso de condiciones de aire exterior, con lo que un efecto de enfriamiento coincidente con el número de revoluciones del ventilador de enfriamiento o la bomba de agua de enfriamiento no se puede obtener, por ejemplo,  
15 cuando la temperatura del aire exterior es baja o la humedad del aire exterior es alta.

### **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un dibujo esquemático general que muestra un sistema de enfriamiento en la presente invención;  
La figura 2 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una primera realización de la invención;  
20 La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra una operación de control de acuerdo con una primera realización de la invención;  
La figura 4 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una segunda realización de la invención;  
La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra una operación de control de acuerdo con una segunda realización de la invención;  
25 La figura 6 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una tercera realización de la invención;  
La figura 7 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una cuarta realización de la invención;  
La figura 8 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una quinta realización de la invención;  
La figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra una operación de control de acuerdo con una quinta realización de la invención;  
30 La figura 10 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una sexta realización de la invención; y  
La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra una operación de control de acuerdo con una sexta realización de la invención.

### **Mejor modo para realizar la invención**

La figura 1 es un dibujo esquemático general que muestra un sistema de enfriamiento en la presente invención. En la figura 1, 1 es una torre de enfriamiento que enfría el agua de enfriamiento mediante aire exterior, 2 es un dispositivo de refrigeración que intercambia calor entre agua de enfriamiento que ha sido enfriada en una torre 1 de enfriamiento y agua fría que enfría una carga de enfriamiento, 3 es un acondicionador de aire que es una carga de enfriamiento, 4 es una tubería de agua de enfriamiento que conecta la torre 1 de enfriamiento y el dispositivo 2 de refrigeración, 5 es una tubería de agua fría que conecta el dispositivo 2 de refrigeración y el acondicionador 3 de aire, 6 es un sensor de temperatura de salida de agua de enfriamiento que se proporciona en la tubería 4 de agua de enfriamiento y detecta la temperatura de salida  $T_1$  de la torre 1 de enfriamiento, 7 es un sensor de temperatura de entrada de agua de enfriamiento que se proporciona en la tubería 4 de agua de enfriamiento y detecta la temperatura de entrada  $T_2$  de la torre 1 de enfriamiento, 8 es un sensor de temperatura de entrada de agua fría que se proporciona en la tubería 5 de agua fría y detecta la temperatura de entrada  $T_4$  del dispositivo 2 de refrigeración, y 9 es un sensor de temperatura de salida del agua fría que se proporciona en la tubería 5 de agua fría y detecta la temperatura de salida  $T_3$  del dispositivo 2 de refrigeración.  
45

Una tubería de aspersor de agua (no ilustrada) y un ventilador 11 de enfriamiento para enfriar por soplado de aire, cuya velocidad puede variarse mediante un aparato 12 inversor, se proporcionan en la torre 1 de enfriamiento, por lo que el agua de enfriamiento que ha sido asperjada desde la tubería de aspersor de agua puede ser enfriada por contacto con el aire exterior. Una bomba 21 de agua de enfriamiento que hace circular el agua de enfriamiento se proporciona en la tubería 4 de agua de enfriamiento, se proporciona una bomba 31 de agua fría que hace circular agua fría en la tubería 5 de agua fría, y la velocidad de cada una de estas bombas puede controlarse respectivamente mediante aparatos 22 y 23 inversores.  
50

Los valores de detección de las temperaturas del agua de enfriamiento  $T_1$ ,  $T_2$  o las temperaturas de agua fría  $T_3$ ,  $T_4$  que son detectados por los sensores de temperatura 6, 7, 8, 9 se introducen en los aparatos inversores 12, 22, 32, el cálculo prescrito se realiza utilizando los valores de detección de temperatura y un valor preestablecido, y similares,  
55 y el número de revoluciones del ventilador 11 de enfriamiento, la bomba 21 de agua de enfriamiento y la bomba 31 de agua fría se controlan para ajustar el volumen de flujo del flujo de aire de enfriamiento y el volumen de flujo del agua de enfriamiento y del agua fría.

La figura 2 es un diagrama de circuito que muestra una primera realización de la presente invención, y aquí se describe el aparato 12 inversor que controla el ventilador 11 de enfriamiento como una carga a modo de ejemplo. En la figura 2, 121 es un dispositivo de ajuste que establece un valor de ajuste  $T_2^*$  para la temperatura de entrada del agua de enfriamiento en la torre 1 de enfriamiento, 122 es un filtro que elimina un componente de ruido que se superpone en el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  detectado por el sensor 7 de temperatura de entrada de agua de enfriamiento (véase la figura 1), 124 es una unidad de cálculo de adición que determina una desviación  $\Delta T_2$  entre el valor de ajuste  $T_2^*$  y el valor de detección  $T_2$  de la temperatura de entrada, 126 es una unidad de ajuste que está constituida por un ajustador de PI o un ajustador de PID y que hace un cálculo del ajuste de modo que la desviación  $\Delta T_2$  se convierte en cero y emite este valor de cálculo como un valor de comando de frecuencia  $f^*$ , y 127 es una unidad de inversor que genera una frecuencia basada en el valor de comando de frecuencia  $f^*$  y una tensión de CA que tiene una amplitud correspondiente a esta frecuencia, y la suministra a un motor 13.

131 es una unidad de control de estimación de la temperatura del bulbo húmedo que controla una frecuencia de salida del aparato 12 inversor sobre la base del valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  y el valor del comando de frecuencia  $f^*$  del agua de enfriamiento en la torre 1 de enfriamiento. La unidad 131 de control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo opera cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  alcanza una frecuencia límite superior (o frecuencia máxima, el límite superior de salida de PID en la unidad de ajuste 126), y descubre y almacena una frecuencia de salida  $f^\#$  ( $\cong$  frecuencia que corresponde a la temperatura del bulbo húmedo) en la que, cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior y se reduce gradualmente a una velocidad de reducción de frecuencia predeterminada, el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  del agua de enfriamiento no se eleva a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$ . A continuación, el aparato inversor 12 se opera ajustando esta frecuencia de salida almacenada  $f^\#$  como un nuevo valor de comando de frecuencia  $f^*$ , pero si el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  alcanza el valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2^*$ , que es el valor objetivo original, o si el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  aumenta por un aumento de temperatura de  $\Delta T_0$ , o más, con respecto al valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2^*$ , entonces el sistema vuelve al control de la temperatura de entrada uniforme normal basado en el valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2^*$ . La velocidad de reducción de frecuencia se puede variar mediante un ajuste de una unidad de ajuste de parámetros (no ilustrada) que ajusta y cambia parámetros de diversos tipos para el aparato inversor 12.

A continuación, se describirá una operación de control del sistema de enfriamiento de la presente invención con referencia al diagrama de flujo en la figura 3.

El aparato 12 inversor inicia la operación sobre la base de un comando de operación emitido por, por ejemplo, un controlador de nivel superior (no ilustrado), e implementa un control de temperatura de entrada uniforme del agua de enfriamiento en la etapa S31. Este control de temperatura uniforme implica determinar la desviación  $\Delta T_2$  entre el valor de ajuste de la temperatura de entrada  $T_2^*$  del agua de enfriamiento que está predeterminado por el dispositivo 121 de ajuste y el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  de la que se ha eliminado el ruido mediante el filtro 122, emitiendo el valor calculado por la unidad 126 de ajuste para ajustar el diferencial  $\Delta T_2$  a cero, como el valor de comando de frecuencia  $f^*$ , y generando una tensión de CA basada en el valor de comando de frecuencia  $f^*$ , en la unidad 127 inversora.

En la etapa S32, se determina si el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado o no la frecuencia límite superior, y si el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior (etapa S32, Sí), el procedimiento avanza a la etapa S33. En la etapa S33, se determina si ha transcurrido o no un período de temporización predeterminado, y si ha transcurrido el período de temporización (etapa S33, Sí), entonces el procedimiento avanza a la etapa S34. La período de temporización se puede variar mediante un ajuste de una unidad de ajuste de parámetros (no ilustrada) que ajusta y cambia parámetros de diversos tipos para el aparato 12 inversor. De este modo, en la unidad 131 de control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, se inicia una operación de control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior y ha transcurrido un período de tiempo prescrito (el período de temporización predeterminado) en este estado. Aquí, el hecho de que el valor de comando de frecuencia  $f^*$  haya alcanzado la frecuencia límite superior significa un estado en el que es necesario un enfriamiento adicional del agua de enfriamiento en un control de temperatura uniforme.

Cuando se inicia la operación del control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, el valor de comando de frecuencia  $f^*$  se reduce gradualmente en la etapa S34 en el índice de reducción de frecuencia prescrito que se ha establecido previamente, y en la etapa S35 se determina si el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  del agua de refrigeración está aumentando o no, y cuando el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  del agua de refrigeración aumenta (etapa S35, No), entonces el procedimiento retorna a la etapa S34. Aquí, el valor límite inferior cuando se reduce la frecuencia de salida se ajusta a una frecuencia límite inferior predeterminada (o la frecuencia más baja, Límite inferior de salida PID en la unidad de ajuste 126). Cuando el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  del agua de enfriamiento en la etapa S35 se incrementa (etapa S35, Sí), el procedimiento avanza a la etapa S36. En la etapa S36, se considera que la frecuencia de salida  $f^\#$  a la que el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  del agua de enfriamiento no aumenta incluso si el valor de comando de frecuencia  $f^*$  se reduce (la frecuencia una etapa antes de la frecuencia de salida en la que aumentó el valor de detección de la

temperatura de entrada  $T_2$  en la etapa S35) es la frecuencia correspondiente a la temperatura de bulbo húmedo, y la frecuencia de salida  $f^\#$  en este caso se almacena. A continuación, el aparato 12 inversor se opera utilizando la frecuencia de salida almacenada  $f^\#$  como un nuevo valor de comando de frecuencia  $f^*$  (etapa S37).

5 A continuación, la temperatura de entrada del agua de enfriamiento se monitoriza sobre la base de una señal desde el sensor 7 de temperatura de entrada de agua de enfriamiento en la etapa S38, y si el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  no ha llegado al valor de ajuste de la temperatura de entrada  $T_2^*$  (etapa S38, No), el procedimiento avanza a la etapa S39, y si el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  ha alcanzado el valor de ajuste de la temperatura de entrada  $T_2^*$  (etapa S38, Sí), el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo se termina, y el control de temperatura de entrada uniforme normal del agua de enfriamiento se implementa sobre la base del valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2^*$ .

10 Por otra parte, en la etapa S39, se determina si el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  se ha incrementado o no por el aumento de temperatura predeterminado  $\Delta T_0$  con respecto al valor de ajuste de la temperatura de entrada  $T_2^*$  (sea o no  $T_2 \geq T_2^* + \Delta T_0$ ), y si el aumento de temperatura es menor que el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  (etapa S39, No), entonces el procedimiento vuelve a la etapa S37 y se continúa el control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, mientras que si el aumento de temperatura es igual o mayor que el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  (etapa S39, Sí), entonces el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo se termina y el control de temperatura de entrada uniforme normal del agua de enfriamiento se realiza sobre la base del valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2^*$ . Esto se proporciona para casos en los que, por una razón externa de algún tipo, la temperatura de entrada del agua de enfriamiento no cae y el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  aumenta; cuando el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  se ha incrementado mediante el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  o más con respecto al valor de ajuste de la temperatura de entrada  $T_2^*$ , se determina que ha habido un cambio ambiental de algún tipo, y el sistema vuelve a un control de temperatura de entrada uniforme normal del agua de enfriamiento. El aumento de temperatura  $\Delta T_0$  se puede variar mediante un ajuste desde una unidad de ajuste de parámetros (no ilustrada) que establece y cambia parámetros de diversos tipos para el aparato 12 inversor.

15 De este modo, reduciendo gradualmente el valor de comando de frecuencia  $f^*$  a una velocidad de reducción de frecuencia predeterminada cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior, y almacenando la frecuencia de salida  $f^*$ , en el que el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  del agua de enfriamiento no se eleva a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$ , y operando a continuación el aparato 12 inversor sobre la base de la frecuencia de salida almacenada  $f^\#$ , es posible conseguir un control de optimización similar al conseguido usando sensores de medición de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, utilizando únicamente un sensor de la temperatura de entrada del agua de enfriamiento. Por consiguiente, por ejemplo, incluso bajo condiciones de aire exterior, por lo que no se puede obtener un efecto de enfriamiento que coincida con el número de revoluciones del ventilador 11 de enfriamiento, tal como una baja temperatura del aire exterior o una alta humedad del aire exterior, o similar, es posible reducir el consumo de energía del aparato 12 inversor.

20 La figura 4 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una segunda realización de la invención, y las partes que tienen la misma función que la primera realización están marcadas con los mismos números de referencia y su descripción se omite aquí.

25 En la figura 4, el punto de diferencia con respecto a la figura 2 es que se proporciona una unidad 132 de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo en lugar de la unidad 131 de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo. En otras palabras, en la unidad 131 de control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, cuando la frecuencia de salida del aparato 12 inversor ha alcanzado la frecuencia límite superior, la frecuencia de salida se reduce gradualmente, la frecuencia de salida  $f^\#$  en la que la temperatura de entrada del agua de enfriamiento no se eleva a pesar de que se almacena la reducción de la frecuencia de salida, y el ventilador 11 de enfriamiento se controla sobre la base de esta frecuencia de salida almacenada  $f^\#$ , mientras que en la unidad 132 de control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, cuando la frecuencia de salida del aparato 12 inversor ha alcanzado la frecuencia límite superior, la frecuencia de salida se reduce gradualmente, y la temperatura  $T_2^\#$  en la que la temperatura de entrada del agua de enfriamiento no se eleva a pesar de que se almacena la reducción de la frecuencia de salida, y el ventilador 11 de refrigeración se controla sobre la base de esta temperatura almacenada  $T_2^\#$ . La unidad 132 de control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo opera cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  alcanza una frecuencia límite superior, y descubre y almacena una temperatura de entrada del agua de enfriamiento  $T_2^\#$  ( $\cong$  temperatura de bulbo húmedo) en la que, cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior y el valor de comando de frecuencia  $f^*$  se reduce gradualmente a una velocidad de reducción de frecuencia predeterminada, el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  del agua de enfriamiento no se eleva a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$ . A continuación, el aparato 12 inversor es operado mediante la implementación de un control de temperatura de entrada uniforme, con esta temperatura de entrada de agua de enfriamiento almacenada  $T_2^\#$  ajustada como el nuevo valor de ajuste de temperatura de entrada, pero si el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  alcanza el valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2^*$ , que es el valor objetivo original, o si el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  aumenta por un aumento de temperatura de  $\Delta T_0$ , o más, con respecto al valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2^*$ , entonces el sistema vuelve al control de la temperatura de entrada uniforme normal basado en el valor de ajuste

de temperatura de entrada  $T_2^*$ .

A continuación, se describe una operación de control del sistema de enfriamiento según la presente invención con referencia al diagrama de flujo en la figura 5, y puesto que las etapas S51 a S55 son las mismas que las etapas S31 a S35 en la figura 3, la operación se describe aquí desde la etapa S56 en adelante.

- 5 En la figura 5, cuando el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  del agua de enfriamiento se ha incrementado en la etapa S55, entonces en la etapa S56, la temperatura del agua de enfriamiento en la que el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  del agua de enfriamiento no aumenta a pesar de la reducción de valor de comando de frecuencia  $f^*$  se considera como la temperatura de entrada de agua de enfriamiento  $T_2^\#$  que corresponde a la temperatura de bulbo húmedo, y la temperatura de entrada del agua de enfriamiento  $T_2^\#$  del agua de enfriamiento se almacena en este caso. A continuación, el aparato 12 inversor es operado mediante la implementación de un control de temperatura de entrada uniforme usando esta temperatura de entrada de agua de enfriamiento almacenada  $T_2^\#$  como el nuevo valor de ajuste de temperatura (etapa S57). En otras palabras, la temperatura de entrada del agua de enfriamiento almacenada  $T_2^\#$  se ajusta como un nuevo valor de ajuste, se determina la desviación  $\Delta T_2$  con respecto al valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  desde el que el ruido ha sido eliminado por el filtro 122, un valor calculado mediante la unidad 126 de ajuste para ajustar la desviación  $\Delta T_2$  a cero se emite como el valor de comando de frecuencia  $f^*$ , y una tensión de CA en base del valor de comando de frecuencia  $f^*$  se genera mediante la unidad 127 inversora.

- A continuación, la temperatura de entrada del agua de enfriamiento se monitoriza sobre la base de una señal desde el sensor 7 de temperatura de entrada de agua de enfriamiento en la etapa S58, y si el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  no ha llegado al valor de ajuste de la temperatura de entrada  $T_2^*$  establecido inicialmente (etapa S58, No), entonces el procedimiento avanza a la etapa S59, mientras que si el valor de detección de temperatura de entrada  $T_2$  ha alcanzado el valor de ajuste de la temperatura de entrada  $T_2^*$  (etapa S58, Sí), el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo se termina, y el control de temperatura de entrada uniforme normal del agua de enfriamiento se implementa sobre la base del valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2$  establecido mediante el dispositivo 121 de ajuste.

- Por otra parte, en la etapa S59, se determina si el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  se ha incrementado o no por el aumento de temperatura predeterminado  $\Delta T_0$  con respecto al valor de ajuste de la temperatura de entrada  $T_2^*$  (sea o no  $T_2 \geq T_2^* + \Delta T_0$ ), y si el aumento de temperatura es menor que el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  (etapa S59, No), entonces el procedimiento vuelve a la etapa S57 y el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo se continúa sobre la base de la temperatura de entrada de agua de enfriamiento  $T_2^\#$ , mientras que si el aumento de temperatura es igual o mayor que el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  (etapa S59, Sí), entonces se determina que ha habido un cambio ambiental de algún tipo, el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo se termina y el control de temperatura de entrada uniforme normal del agua de enfriamiento se realiza sobre la base del valor de ajuste de temperatura de entrada  $T_2^*$ .

- De este modo, reduciendo gradualmente el valor de comando de frecuencia  $f^*$  a una velocidad de reducción de frecuencia predeterminada cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior, y almacenando la temperatura de entrada de agua de enfriamiento  $T_2^\#$ , en el que el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  del agua de enfriamiento no se eleva a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$ , y mediante la implementación a continuación del control uniforme de la temperatura de entrada sobre la base de la temperatura de entrada de agua de enfriamiento almacenada  $T_2^\#$ , es posible conseguir un control de optimización similar al conseguido usando sensores de medición de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, utilizando únicamente un sensor de la temperatura de entrada del agua de enfriamiento. Por consiguiente, por ejemplo, incluso bajo condiciones de aire exterior, por lo que no se puede obtener un efecto de enfriamiento que coincida con el número de revoluciones del ventilador 11 de enfriamiento, tal como una baja temperatura del aire exterior o una alta humedad del aire exterior, o similar, es posible reducir el consumo de energía del aparato 12 inversor.

La figura 6 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una tercera realización de la invención, y las partes que tienen la misma función que la primera realización están marcadas con los mismos números de referencia.

- En la figura 6, el punto de diferencia con respecto a la primera realización en la figura 2 es que se adopta un control de temperatura de salida uniforme en lugar de un control de temperatura de entrada uniforme. La operación de acuerdo con esta realización es sustancialmente la misma que la de la primera realización, aparte de la característica en la que el objeto de control es la temperatura de salida  $T_1$  en lugar de la temperatura de entrada  $T_2$ , por lo tanto, la explicación de la misma se omite aquí.

- La figura 7 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una cuarta realización de la invención, y las partes que tienen la misma función que la segunda realización están marcadas con los mismos números de referencia.

En la figura 7, el punto de diferencia con respecto a la segunda realización en la figura 4 es que se adopta un control de temperatura de salida uniforme en lugar de un control de temperatura de entrada uniforme. La operación de acuerdo con esta realización es sustancialmente la misma que la de la segunda realización, aparte de la

característica en la que el objeto de control es la temperatura de salida  $T_1$  en lugar de la temperatura de entrada  $T_2$ , por lo tanto, la explicación de la misma se omite aquí.

La figura 8 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una quinta realización de la invención, y las partes que tienen la misma función que la primera realización están marcadas con los mismos números de referencia y su descripción se omite aquí.

En la primera realización, se implementa una temperatura de entrada del agua de enfriamiento uniforme, pero la quinta realización difiere de esto en que se implementa un control diferencial de temperatura de agua de enfriamiento uniforme para controlar el diferencial de temperatura entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida del agua de enfriamiento a un diferencial uniforme.

En la figura 8, 128 es un dispositivo de ajuste que establece un valor de ajuste  $T_{2-1}^*$  para el diferencial de temperatura entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida del agua de enfriamiento en la torre de enfriamiento 1, 123 es un filtro que elimina un componente de ruido que se superpone sobre el valor de detección de la temperatura de salida  $T_1$  detectada por el sensor 6 de temperatura de salida del agua de enfriamiento (véase la figura 1), 125 es una unidad de cálculo de adición que determina un diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  ( $= T_2 - T_1$ ) entre el valor de detección de la temperatura de entrada  $T_2$  y el valor de detección de la temperatura de salida  $T_1$ , y 133 es una unidad de control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo que controla la frecuencia de salida del aparato 12 inversor a base de la diferencia de temperatura  $T_{2-1}$  entre la entrada y la salida de la torre 1 de enfriamiento y el valor de comando de frecuencia  $f^*$ .

La unidad 133 de control de la estimación de la temperatura de bulbo húmedo opera cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  alcanza una frecuencia límite superior, y descubre y almacena una frecuencia de salida  $f^\#$  ( $\cong$  frecuencia que corresponde a la temperatura de bulbo húmedo) en la que, cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior y el valor de comando de frecuencia  $f^*$  se reduce gradualmente a una velocidad de reducción de frecuencia predeterminada, el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento no aumenta a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$ . A continuación, el aparato inversor 12 se opera ajustando esta frecuencia de salida almacenada  $f^\#$  como un nuevo valor de comando de frecuencia  $f^*$ , pero si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento alcanza el valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  que es el valor objetivo original, o si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  aumenta por un aumento de temperatura de  $\Delta T_0$ , o más, con respecto al valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ , entonces el sistema vuelve a un control diferencial de la temperatura uniforme normal basado en el valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ .

A continuación, se describirá una operación de control del sistema de enfriamiento de la presente invención con referencia al diagrama de flujo en la figura 9.

El aparato 12 inversor comienza la operación sobre la base de un comando de operación emitido por un controlador de nivel superior (no ilustrado), e implementa un control uniforme del diferencial de temperatura del agua de enfriamiento en la etapa S71. Este control uniforme del diferencial de temperatura implica determinar la desviación  $\Delta T_{2-1}$  entre el valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  que está predeterminado por el dispositivo de ajuste 128 y el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  obtenido a través de la unidad 125 de cálculo de adición, emitir como el valor de comando de frecuencia  $f^*$  el valor calculado por la unidad de ajuste 126 para ajustar la desviación  $\Delta T_{2-1}$  a cero, y la generación de una tensión de CA a base del valor de comando de frecuencia  $f^*$ , en la unidad 127 inversora.

En la etapa S72, se determina si el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado o no la frecuencia límite superior, y si el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior (etapa S72, Sí), el procedimiento avanza a la etapa S73. En la etapa S73, se determina si ha transcurrido o no un período de temporización predeterminado, y si ha transcurrido el período de temporización (etapa S73, Sí), entonces el procedimiento avanza a la etapa S74, y se inicia la operación del control de estimación de temperatura de bulbo húmedo.

Cuando se inicia la operación del control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, el valor de comando de frecuencia  $f^*$  se reduce gradualmente en la etapa S74 a la velocidad de reducción de frecuencia prescrita que se ha establecido previamente, y en la etapa S75 se determina si la diferencia de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento entre la entrada y la salida está aumentando o no, y cuando el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento entre la entrada y la salida no aumenta (etapa S75, No), entonces el procedimiento retorna a la etapa S74. Aquí, el valor límite inferior cuando se reduce la frecuencia de salida se ajusta a una frecuencia límite inferior predeterminada (o la frecuencia más baja, Límite inferior de salida PID en la unidad de ajuste 126). Si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  está aumentando en la etapa S75 (etapa S75, Sí), entonces en la etapa S76, la frecuencia de salida  $f^\#$  en la que el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento no aumenta a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$  (la frecuencia una etapa antes de la frecuencia de salida a la que el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  aumenta en la etapa S75) se considera que es una frecuencia correspondiente a la temperatura de bulbo húmedo, y en este caso se almacena la frecuencia de salida  $f^\#$ . A continuación, el aparato 12 inversor se opera utilizando la frecuencia de salida almacenada  $f^\#$  como un nuevo valor de comando de frecuencia  $f^*$  (etapa S77).



A continuación, el diferencial de temperatura del agua de enfriamiento se controla sobre la base de las señales procedentes del sensor 7 de temperatura de entrada de agua de enfriamiento y el sensor 6 de temperatura de salida de agua de enfriamiento en la etapa S78, y si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  no ha alcanzado el valor de ajuste del diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  (etapa S78, No), entonces el procedimiento avanza a la etapa S79, mientras que si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  ha alcanzado el valor de ajuste del diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ , entonces se termina el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo y se implementa un control del diferencial de temperatura uniforme normal basado en el valor de ajuste del diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ .

Por otra parte, en la etapa S79, se determina si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  se ha incrementado o no mediante el aumento de temperatura predeterminado  $\Delta T_0$  con respecto al valor de ajuste del diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  (sea o no  $T_{2-1} \geq T_{2-1}^* + \Delta T_0$ ), y si el aumento del diferencial de temperatura es menor que el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  (etapa S79, No), entonces el procedimiento vuelve a la etapa S77 y se continúa el control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, mientras que si el aumento en el diferencial de temperatura es igual o mayor que el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  (etapa S79, Si), entonces se determina que ha habido un cambio ambiental de algún tipo, se termina el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo y se implementa un control del diferencial de temperatura uniforme normal basado en el valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ .

De este modo, reduciendo gradualmente el valor de comando de frecuencia  $f^*$  a una velocidad de reducción de frecuencia predeterminada cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior, y almacenando la frecuencia de salida  $f^\#$ , en el que el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento no se eleva a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$ , y operando a continuación el aparato 12 inversor sobre la base de la frecuencia de salida almacenada  $f^\#$ , es posible conseguir un control de optimización similar al conseguido usando sensores de medición de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, utilizando únicamente un sensor de temperatura de entrada de agua de enfriamiento y un sensor de temperatura de salida de agua de enfriamiento. Por consiguiente, por ejemplo, incluso bajo condiciones de aire exterior, por lo que no se puede obtener un efecto de enfriamiento que coincida con el número de revoluciones del ventilador 11 de enfriamiento, tal como una baja temperatura del aire exterior o una alta humedad del aire exterior, o similar, es posible reducir el consumo de energía del aparato 12 inversor.

La figura 10 es un diagrama de circuito esquemático que muestra una sexta realización de la invención, y las partes que tienen la misma función que la quinta realización están marcadas con los mismos números de referencia y su descripción se omite aquí.

En la figura 10, el punto de diferencia con respecto a la figura 8 es que se proporciona una unidad 134 de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo en lugar de la unidad 133 de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo. En otras palabras, en la unidad 133 de control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, cuando la frecuencia de salida del aparato 12 inversor ha alcanzado la frecuencia límite superior, la frecuencia de salida se reduce gradualmente, la frecuencia de salida  $f^\#$  en la que el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento no se eleva a pesar de que se almacena la reducción de la frecuencia de salida, y el ventilador 11 de enfriamiento se controla sobre la base de esta frecuencia de salida almacenada  $f^\#$ , mientras que en la unidad 134 de control de la estimación de la temperatura del bulbo húmedo, cuando la frecuencia de salida del aparato 12 inversor ha alcanzado la frecuencia límite superior, la frecuencia de salida se reduce gradualmente, y el diferencial de temperatura  $T_{2-1}^\#$  en la que el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento no aumenta a pesar de que se almacena la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$  y, a continuación, el ventilador 11 de enfriamiento se controla sobre la base de este diferencial de temperatura almacenado  $T_{2-1}^\#$ . La unidad 134 de control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo opera cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  alcanza una frecuencia límite superior, y descubre y almacena un diferencial de temperatura  $T_{2-1}^\#$  ( $\cong$  el diferencial de temperatura corresponde a la temperatura de bulbo húmedo) en la que, cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior y el valor de comando de frecuencia  $f^*$  se reduce gradualmente a una velocidad de reducción de frecuencia predeterminada, el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento no aumenta a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$ . A continuación, el aparato 12 inversor se opera mediante la implementación de un control de temperatura de entrada uniforme usando el diferencial de temperatura almacenado  $T_{2-1}^\#$  como el nuevo valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ , pero si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento ha alcanzado el valor de ajuste del diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  que es el valor objetivo original, o si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento ha aumentado mediante el aumento de la temperatura  $\Delta T_0$ , o más, con respecto al valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ , entonces el sistema vuelve al control de diferencial de temperatura uniforme normal.

A continuación, se describe una operación de control del sistema de enfriamiento según la presente invención con referencia al diagrama de flujo en la figura 11, y puesto que las etapas S91 a S95 son las mismas que las etapas S71 a S75 en la figura 9, la operación se describe aquí desde la etapa S96 en adelante.

En la figura 11, cuando el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  está aumentando en la etapa S95, entonces en la etapa S96, el diferencial de temperatura del agua de enfriamiento a la que el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  no aumenta a pesar de que la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$  se considera como el diferencial de temperatura  $T_{2-1}^\#$  correspondiente a la temperatura de bulbo húmedo, y se almacena el diferencial de temperatura  $T_{2-1}^\#$  del agua de enfriamiento en este caso. A continuación, el diferencial de temperatura almacenado  $T_{2-1}^\#$  se ajusta como un nuevo

valor de ajuste, y el aparato 12 inversor se opera mediante la implementación del control uniforme del diferencial de temperatura (etapa S97). En otras palabras, el diferencial de temperatura almacenado  $T_{2-1}^{\#}$  se ajusta como un nuevo valor de ajuste diferencial de temperatura, se determina la desviación  $\Delta T_{2-1}$  con respecto al diferencial de temperatura calculado  $T_{2-1}$ , un valor calculado mediante la unidad 126 de ajuste para ajustar la desviación  $\Delta T_{2-1}$  a cero se emite como el valor de comando de frecuencia  $f^*$ , y una tensión de CA en base del valor de comando de frecuencia  $f^*$  se genera mediante la unidad 127 inversora.

A continuación, el diferencial de temperatura del agua de enfriamiento se controla sobre la base de las señales procedentes del sensor 7 de temperatura de entrada de agua de enfriamiento y el sensor 6 de temperatura de salida del agua de enfriamiento en la etapa S98, y si la diferencia de temperatura  $T_{2-1}$  no ha alcanzado el valor de ajuste del diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  que es el valor objetivo original (etapa S98, No), entonces el procedimiento avanza a la etapa S99, mientras que si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  ha alcanzado el valor de ajuste del diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  (etapa S98, Sí), entonces se termina el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo y se implementa un control del diferencial de temperatura uniforme normal basado en el valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  que se estableció mediante el dispositivo 128 de ajuste.

Por otra parte, en la etapa S99, se determina si el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  ha aumentado o no el valor de ajuste del diferencial de temperatura previamente establecido  $\Delta T_0$  con respecto al valor de ajuste del diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$  (independientemente de si  $T_{2-1} \geq T_{2-1}^* + \Delta T_0$ ), y si el aumento en el diferencial de temperatura es menor que el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  (etapa S99, No), entonces el procedimiento retorna a la etapa S97 y se continúa el control de la estimación de la temperatura de bulbo húmedo basado en el diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ , mientras que si el aumento en el diferencial de temperatura es igual o mayor que el aumento de temperatura  $\Delta T_0$  (etapa S99, Sí), entonces se determina que ha habido un cambio ambiental de algún tipo, se termina el control de estimación de la temperatura de bulbo húmedo y se implementa un control del diferencial de temperatura uniforme normal basado en el valor de ajuste diferencial de temperatura  $T_{2-1}^*$ .

De este modo, reduciendo gradualmente el valor de comando de frecuencia  $f^*$  mediante una velocidad de reducción de frecuencia predeterminada cuando el valor de comando de frecuencia  $f^*$  ha alcanzado la frecuencia límite superior, y almacenando el diferencial de temperatura  $T_{2-1}^{\#}$ , a el que el diferencial de temperatura  $T_{2-1}$  del agua de enfriamiento no aumenta a pesar de la reducción del valor de comando de frecuencia  $f^*$  y, a continuación, implementando un control uniforme del diferencial de temperatura basado en el diferencial de la temperatura almacenada  $T_{2-1}^{\#}$ , es posible conseguir un control de optimización similar al conseguido usando sensores de medición de temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, utilizando únicamente un sensor de temperatura de entrada de agua de enfriamiento y un sensor de temperatura de salida de agua de enfriamiento. Por consiguiente, por ejemplo, incluso bajo condiciones de aire exterior, por lo que no se puede obtener un efecto de enfriamiento que coincida con el número de revoluciones del ventilador 11 de enfriamiento, tal como una baja temperatura del aire exterior o una alta humedad del aire exterior, o similar, es posible reducir el consumo de energía del aparato 12 inversor.

La primera a sexta realizaciones dadas anteriormente se describieron con referencia al "control del ventilador 11 de enfriamiento" que implica el control del ventilador 11 de enfriamiento mediante el aparato 12 inversor, pero la invención también se puede implementar mediante el "control de la bomba 21 de agua de enfriamiento" que implica el control de la bomba 21 de agua de enfriamiento mediante un aparato 22 inversor e implicando "el control del ventilador 11 de enfriamiento y de la 21 bomba de agua de enfriamiento" el control del ventilador 11 de enfriamiento mediante el aparato 12 inversor y el control de la bomba 21 de agua de enfriamiento mediante un aparato 22 inversor.

Además, en la primera a sexta realizaciones descritas anteriormente, para responder a los casos donde hay un cambio en las condiciones del aire exterior, los ajustes realizados con la unidad de control de la estimación de la temperatura de bulbo húmedo pueden reiniciarse y el control puede reiniciarse, cuando ha transcurrido un periodo de tiempo predeterminado o cuando se introduce una señal externa. Aquí, la señal externa es una señal que se introduce cuando se produce un cambio de una magnitud prescrita, sobre la base de la monitorización de las condiciones de aire exterior y/o de la carga a intervalos prescritos, por ejemplo. Además, también puede ser posible seleccionar si se realiza o no la operación de reinicio.

**Explicación de los números de referencia**

- 1 torre de enfriamiento
- 2 dispositivo de refrigeración
- 3 acondicionador de aire
- 4 tubería de agua de enfriamiento
- 5 tubería de agua fría
- 6 sensor de temperatura de salida de agua de enfriamiento
- 7 sensor de temperatura de entrada de agua de enfriamiento
- 8 sensor de temperatura de entrada de agua fría

9	sensor de temperatura de salida de agua fría
11	ventilador de enfriamiento
12, 22, 32	aparato inversor
21	bomba de agua de enfriamiento
31	bomba de agua fría
121	dispositivo de ajuste
122, 123	filtro
124, 125	unidad de cálculo de adición
126	unidad de ajuste
127	unidad inversora
131, 132, 133, 134	unidad de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato de control para un sistema de enfriamiento provisto de una torre de enfriamiento, un dispositivo de refrigeración, un ventilador de enfriamiento previsto en la torre de enfriamiento y una bomba de agua de enfriamiento que hace circular agua de enfriamiento entre la torre de enfriamiento y el dispositivo de refrigeración,
- 5 comprendiendo el aparato de control:
- un sensor de temperatura de entrada que detecta una temperatura del agua de enfriamiento en una entrada de la torre de enfriamiento o un sensor de temperatura de salida que detecta una temperatura del agua de enfriamiento en una salida de la torre de enfriamiento; **caracterizado por** un aparato inversor que calcula un valor de comando tal que un valor de detección de temperatura para la temperatura del agua de enfriamiento coincide con un valor predeterminado, y controla de forma variable la velocidad del ventilador de enfriamiento o de la bomba de agua de enfriamiento generando una tensión de CA a una frecuencia de salida basada en el valor de comando; y una unidad de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo que reduce gradualmente la frecuencia de salida del aparato inversor cuando la frecuencia de salida ha alcanzado una frecuencia límite superior, almacena una frecuencia de salida o una temperatura a la cual la temperatura de entrada o la temperatura de salida del agua de enfriamiento no aumenta a pesar de la reducción de la frecuencia de salida, y controla el ventilador de enfriamiento o la bomba de agua de enfriamiento en base a la frecuencia de salida almacenada o a la temperatura almacenada.
- 10
- 15
2. Un aparato de control para un sistema de enfriamiento provisto de una torre de enfriamiento, un dispositivo de refrigeración, un ventilador de enfriamiento previsto en la torre de enfriamiento y una bomba de agua de enfriamiento que hace circular agua de enfriamiento entre la torre de enfriamiento y el dispositivo de refrigeración,
- 20 comprendiendo el aparato de control:
- un sensor de temperatura de entrada que detecta una temperatura del agua de enfriamiento en una entrada de la torre de enfriamiento;
- un sensor de temperatura de salida que detecta una temperatura del agua de enfriamiento en una salida de la torre de enfriamiento, **caracterizado por:** una unidad de cálculo que calcula una diferencia de temperatura entre la temperatura de entrada y la temperatura de salida del agua de enfriamiento;
- un aparato inversor que calcula un valor de comando tal que el diferencial de temperatura coincide con un valor predeterminado, y controla de forma variable la velocidad del ventilador de enfriamiento o de la bomba de agua de enfriamiento generando una tensión de CA a una frecuencia de salida basada en el valor de comando; y
- una unidad de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo que reduce gradualmente la frecuencia de salida del aparato inversor cuando la frecuencia de salida ha alcanzado una frecuencia límite superior, almacena una frecuencia de salida o una temperatura a la que el diferencial de temperatura no aumenta a pesar de la reducción de la frecuencia de salida, y controla el ventilador de enfriamiento o la bomba de agua de enfriamiento en base a la frecuencia de salida almacenada o a la temperatura almacenada.
- 25
- 30
3. El aparato de control para un sistema de enfriamiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el control por la unidad de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo se cancela cuando el valor de detección de temperatura o el diferencial de temperatura alcanza el valor de ajuste, durante el control mediante la unidad de estimación de la temperatura de bulbo húmedo.
- 35
4. El aparato de control para un sistema de enfriamiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el control mediante la unidad de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo se cancela cuando el valor de detección de temperatura o el diferencial de temperatura ha aumentado por un aumento de temperatura prescrito o más con respecto al valor de ajuste, durante el control mediante la unidad de estimación de la temperatura de bulbo húmedo.
- 40
5. El aparato de control para un sistema de enfriamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los ajustes que se han realizado mediante la unidad de control de estimación de temperatura de bulbo húmedo se reinician cuando ha transcurrido un período de tiempo predeterminado o cuando se introduce una señal externa.
- 45

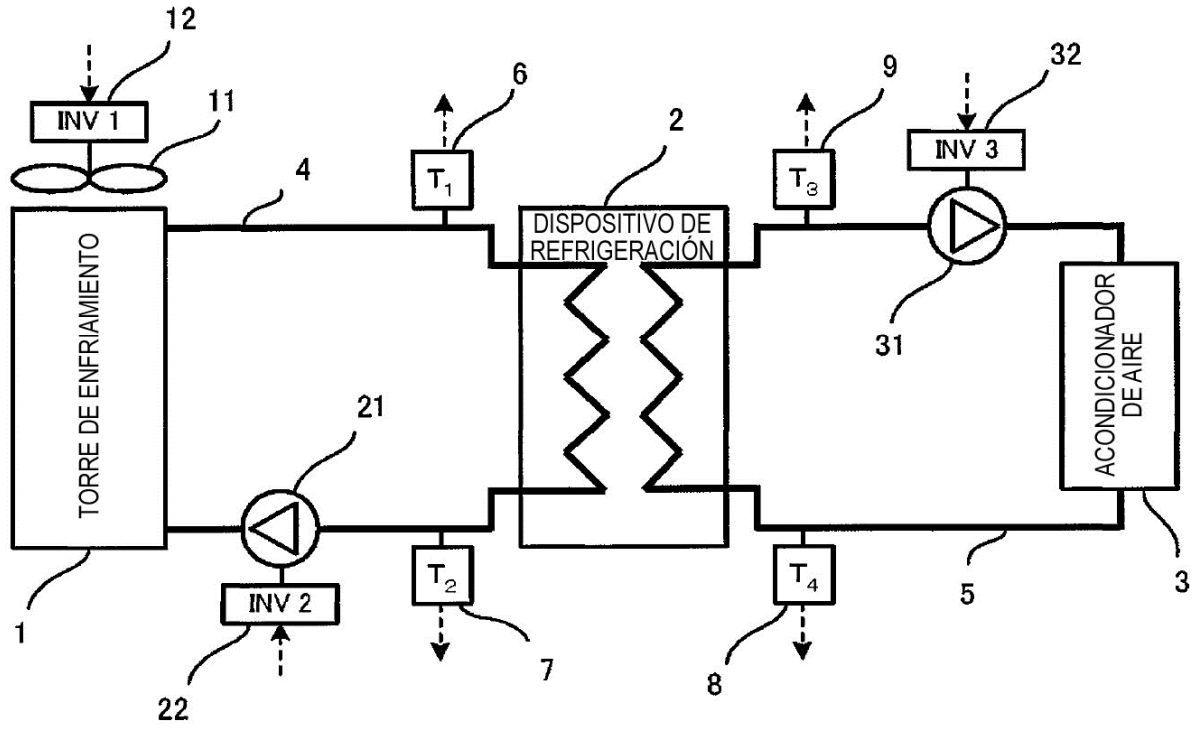


FIG. 1

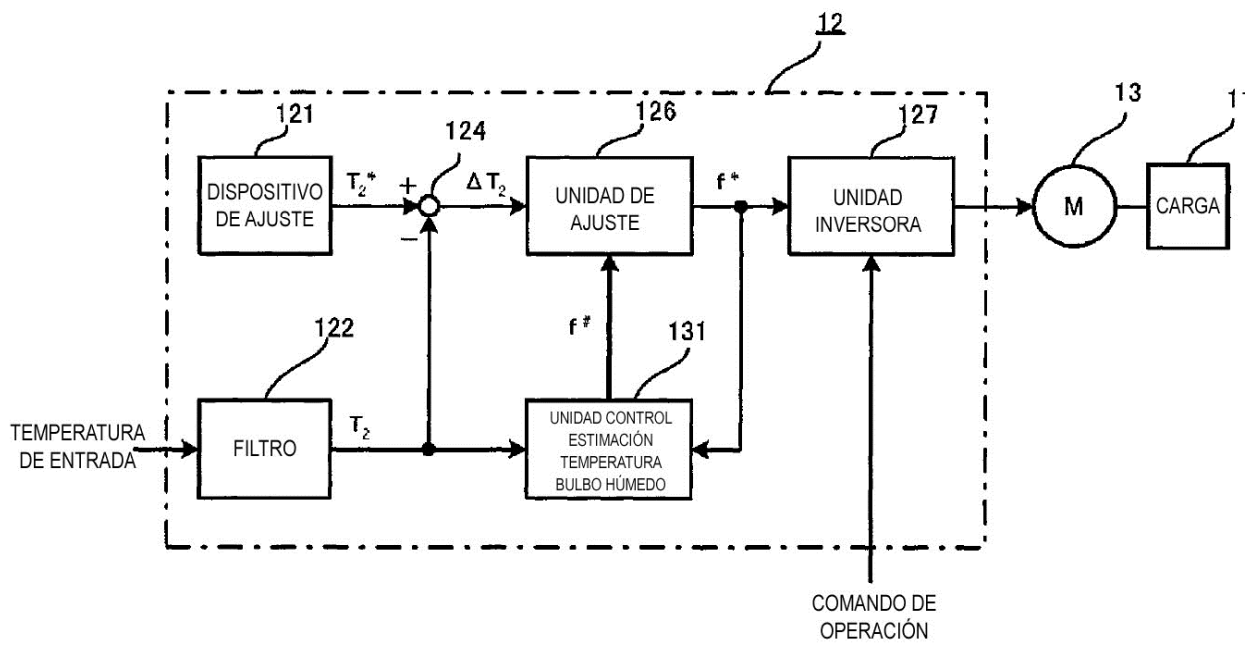


FIG. 2

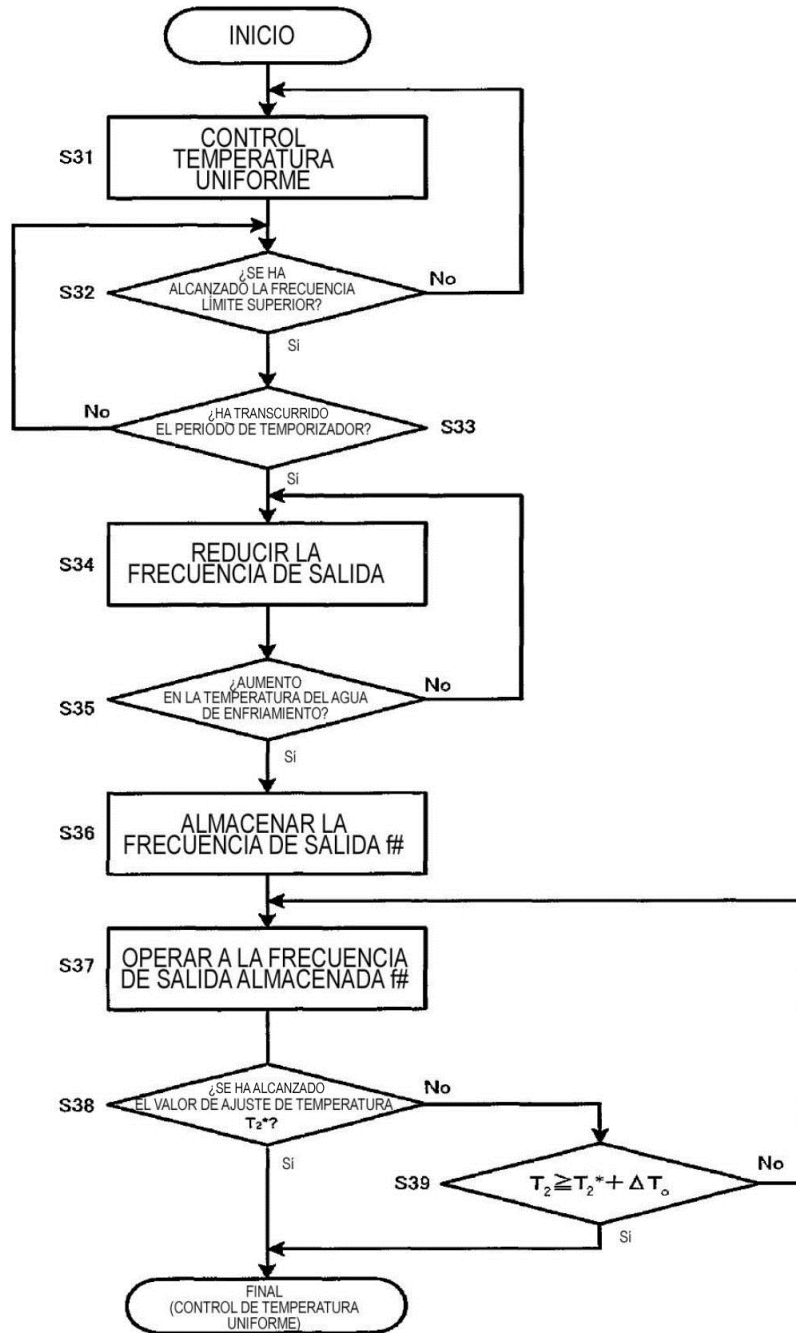


FIG. 3

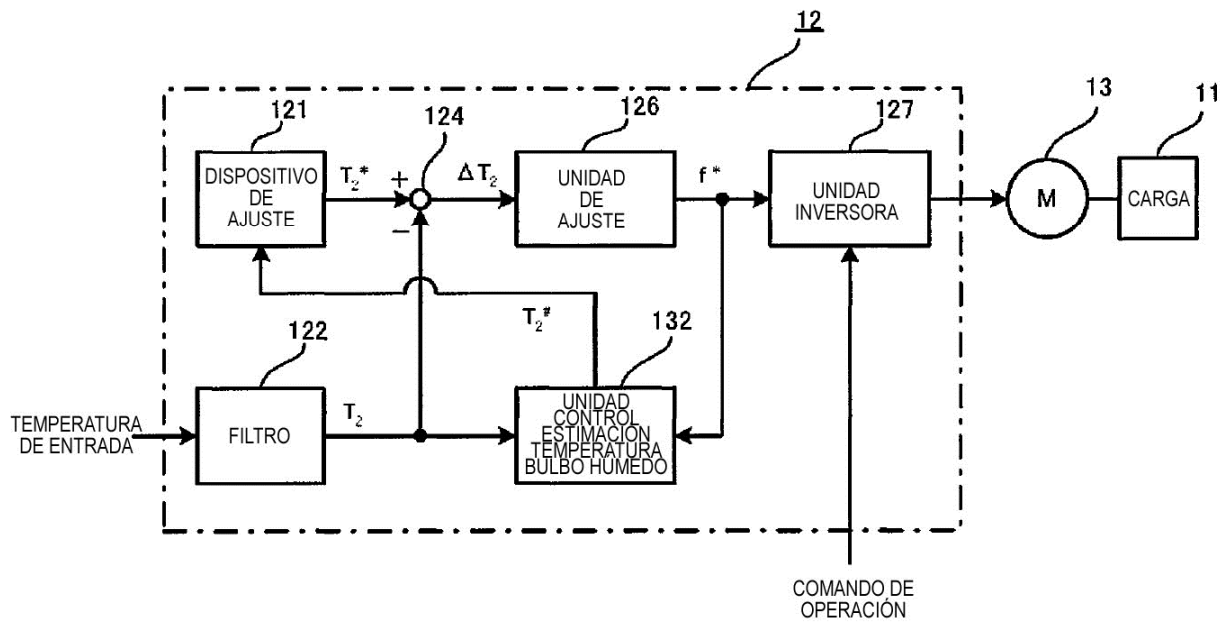


FIG. 4



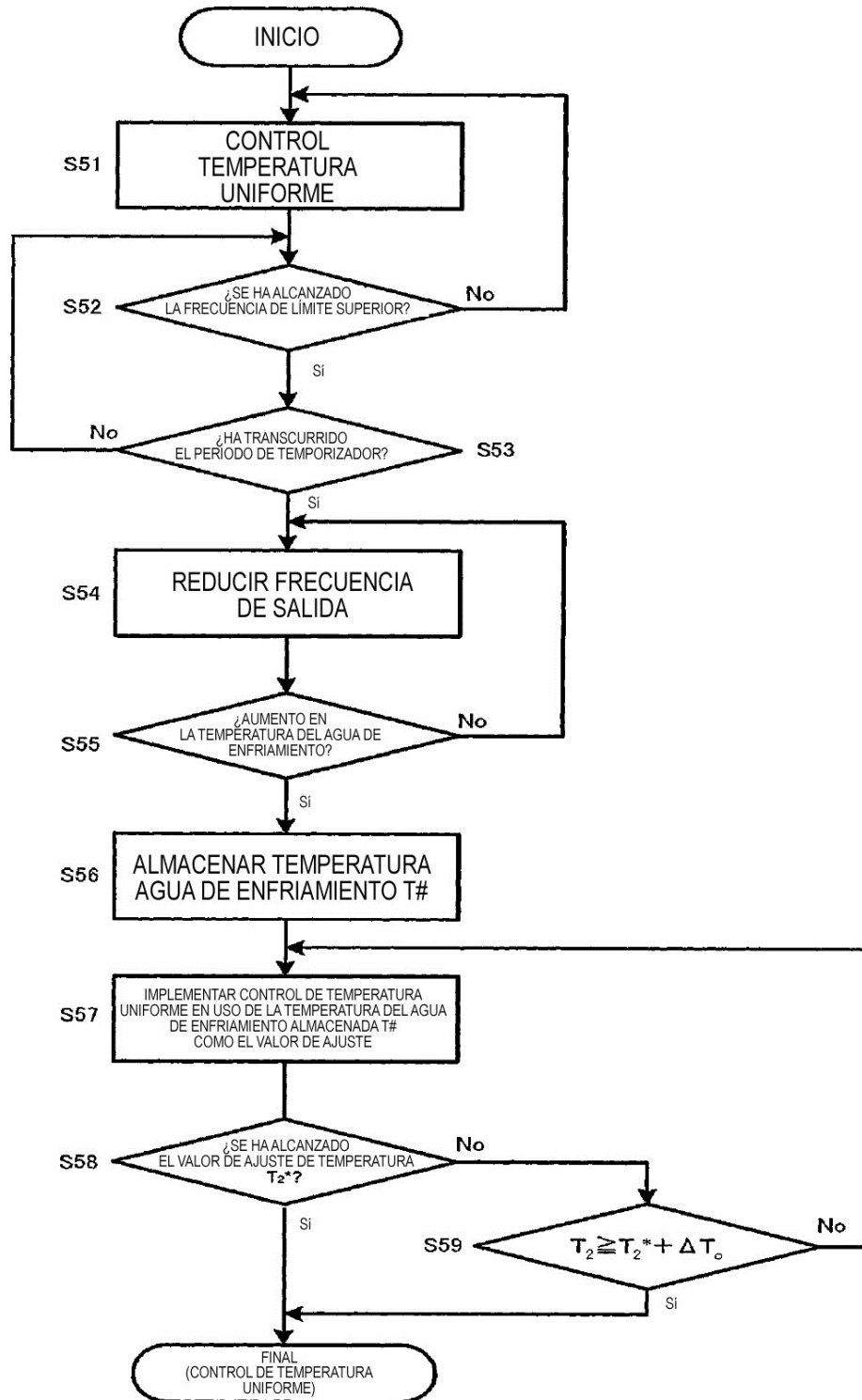


FIG. 5

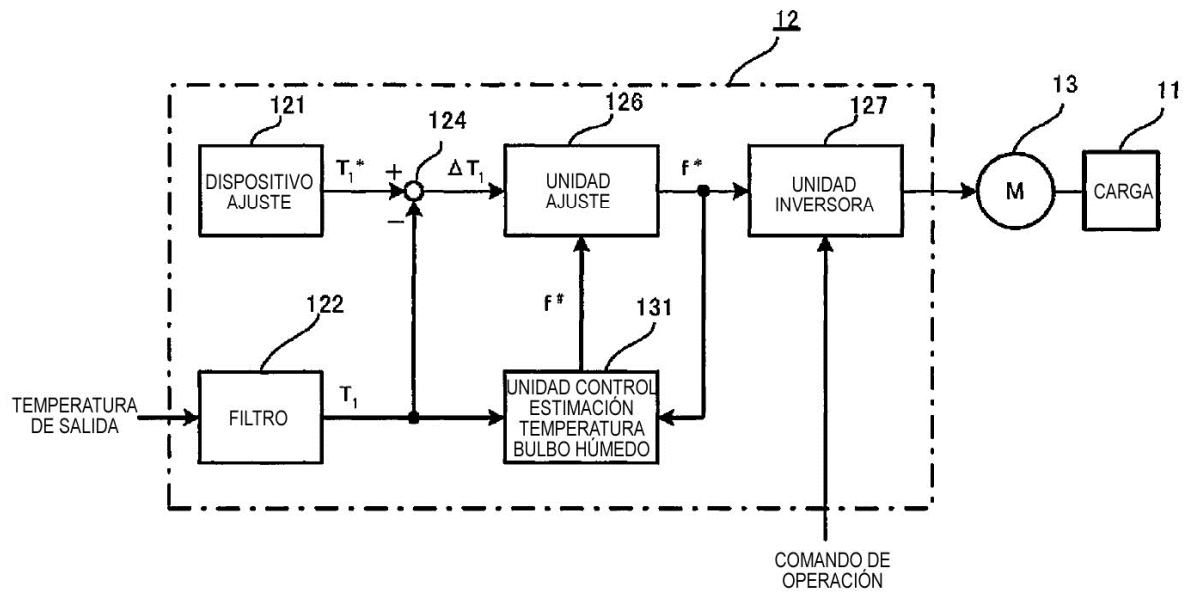


FIG. 6

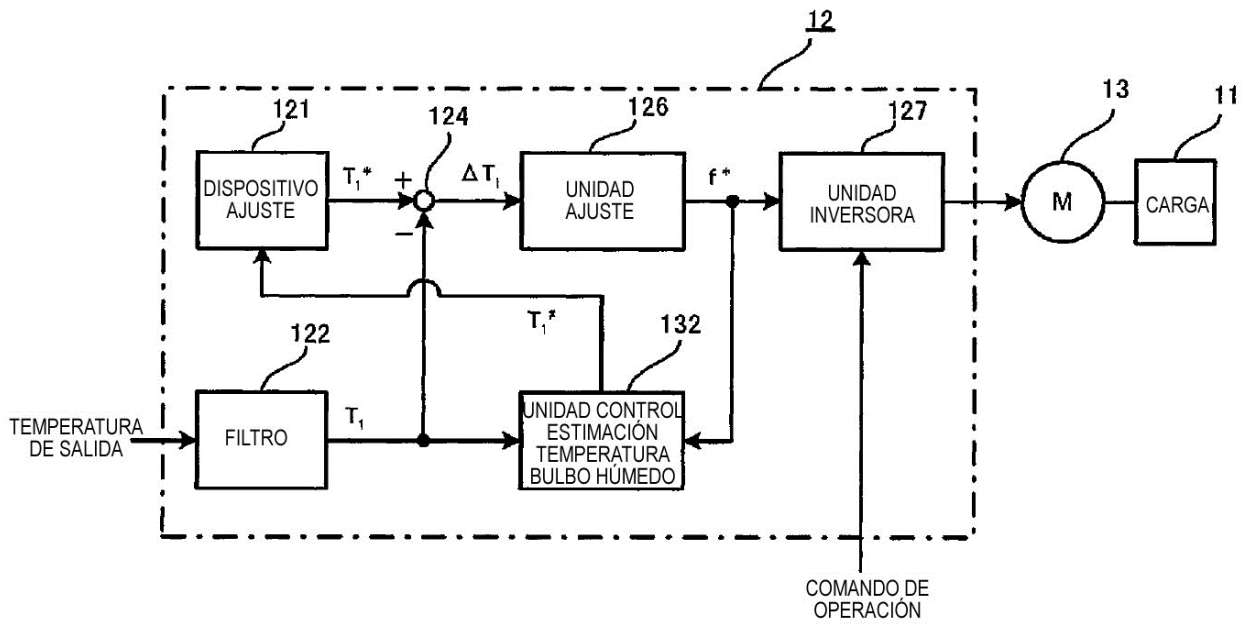


FIG. 7

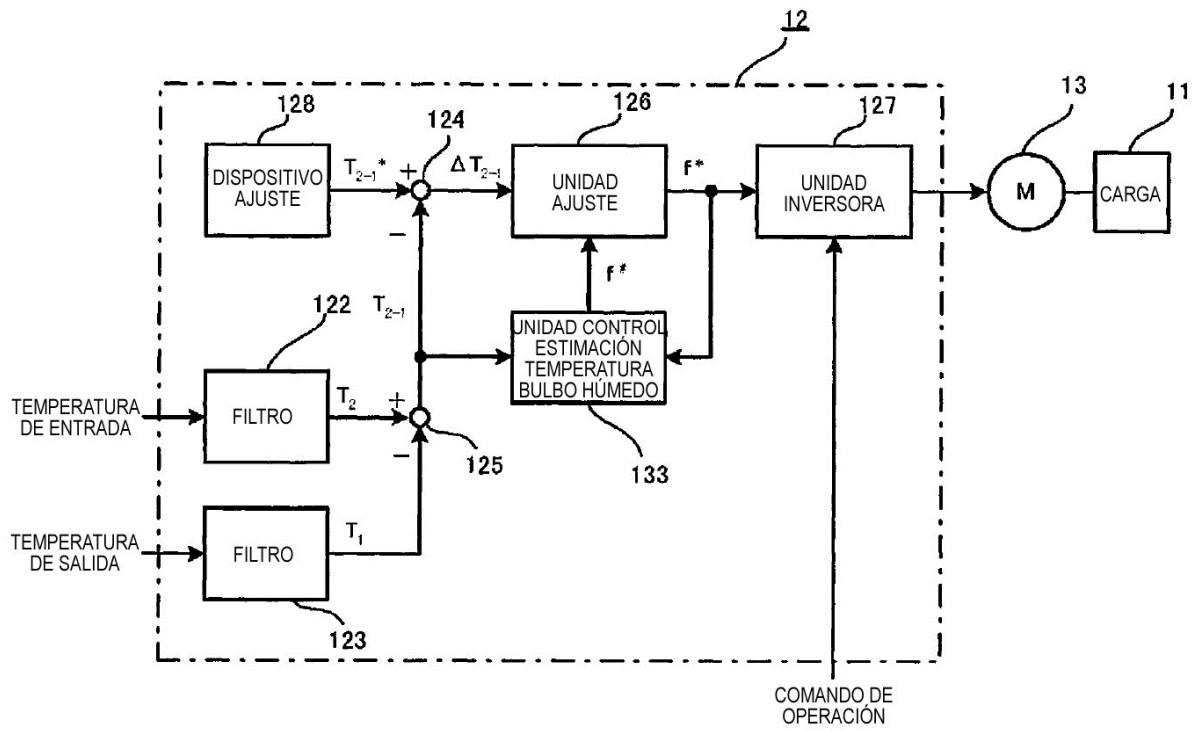


FIG. 8

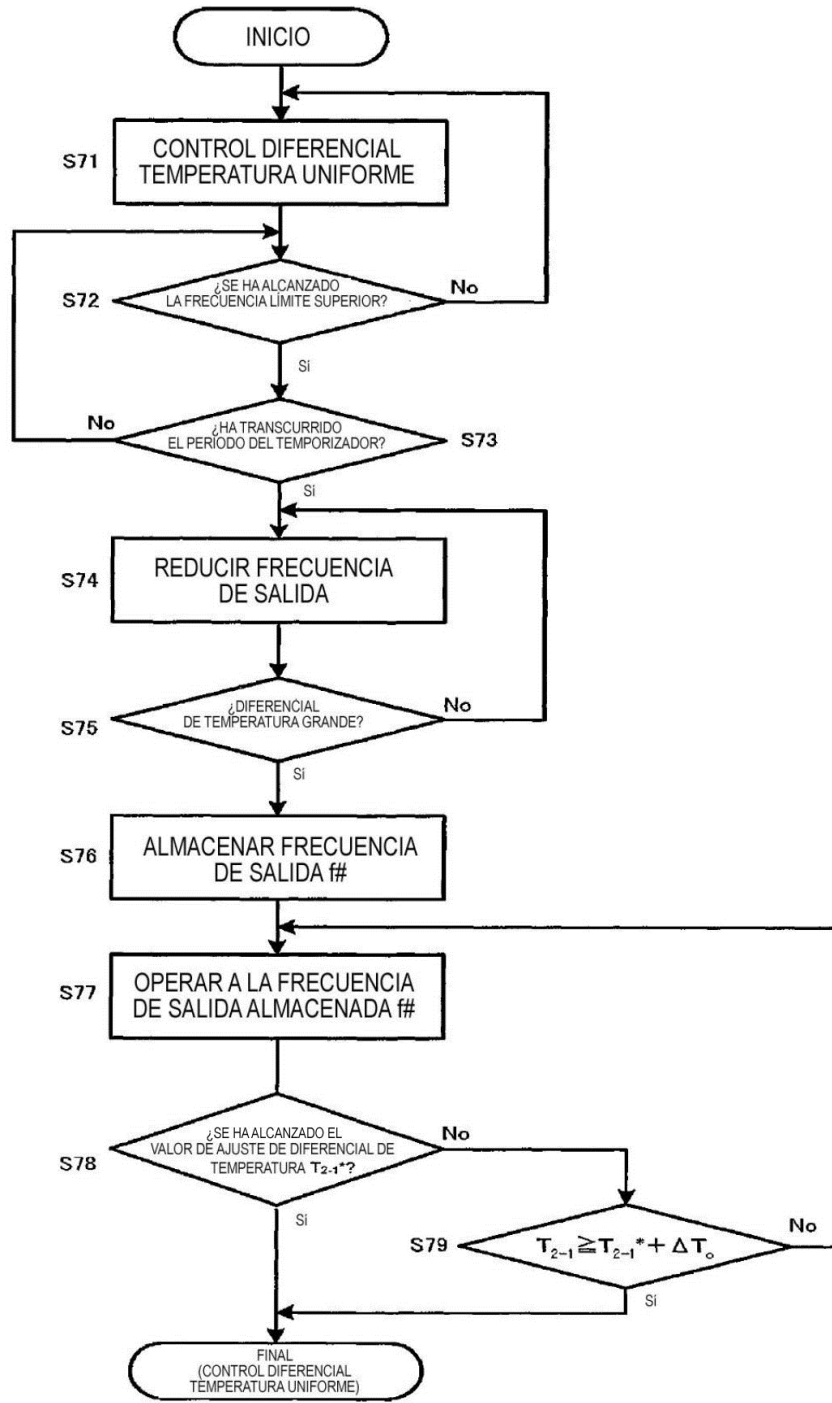


FIG. 9

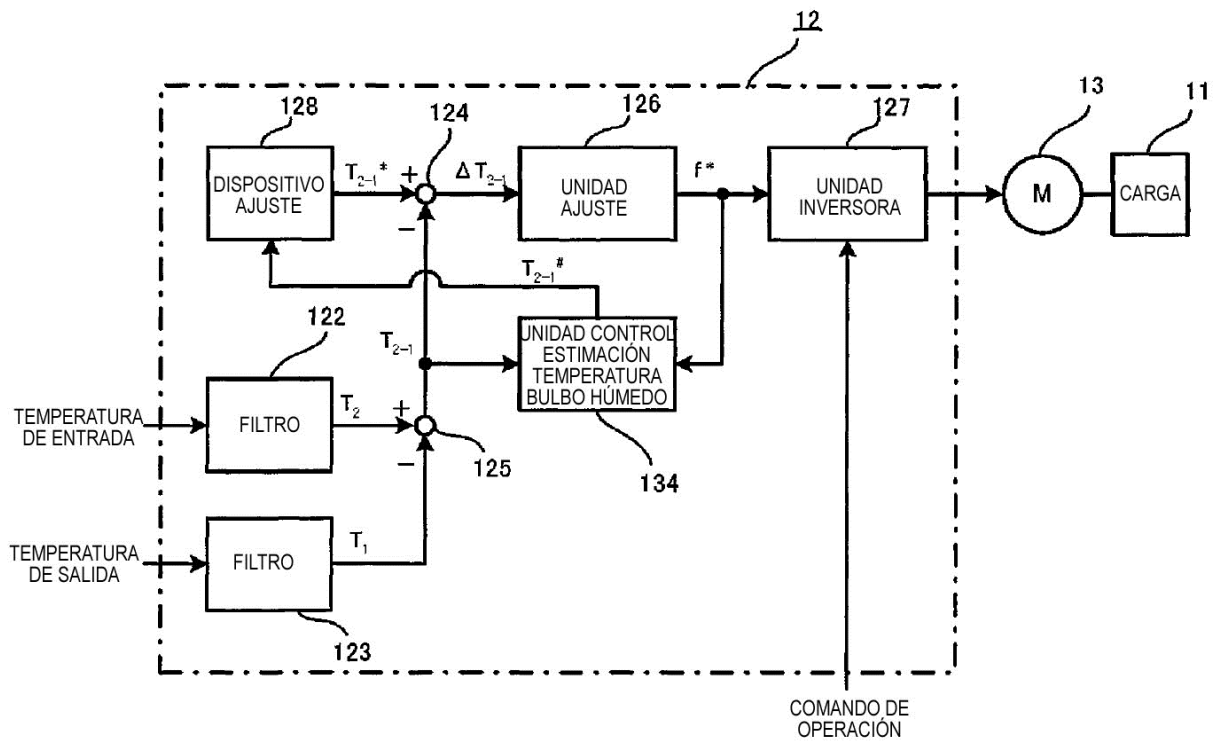


FIG. 10

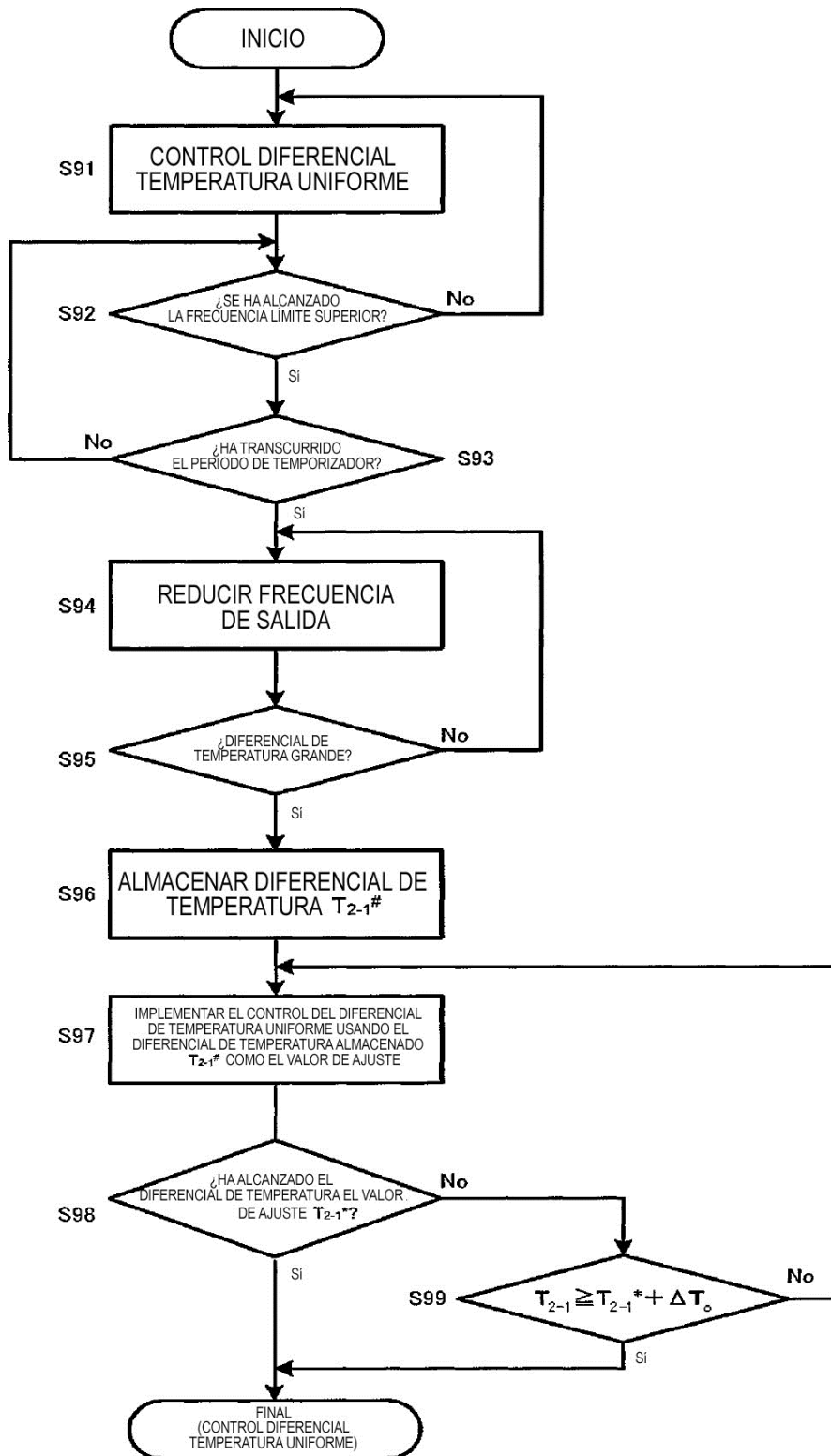


FIG. 11