

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 963 172**

51 Int. Cl.:

H02J 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2018** **PCT/US2018/055560**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2019** **WO19075294**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2018** **E 18797296 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2023** **EP 3679636**

54 Título: **Control de temperatura para sistema de almacenamiento de energía**

30 Prioridad:

12.10.2017 US 201762571324 P

25.10.2017 US 201762576880 P

16.11.2017 US 201762587015 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
25.03.2024

73 Titular/es:

GE GRID SOLUTIONS LLC (100.0%)

4200 Wildwood Parkway

Atlanta, GA 30339-8402, US

72 Inventor/es:

WANG, HONGGANG;

BROWN, KEITH, GARRETTE;

WADDELL, ALISTAIR, MARTIN y

TEICHMANN, RALPH

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 963 172 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

Control de temperatura para sistema de almacenamiento de energía

5 **CAMPO**

La presente invención se refiere a sistemas de almacenamiento de energía y a un método para controlar la temperatura de un sistema de almacenamiento de energía.

ANTECEDENTES

10 La demanda mundial de energía eléctrica ha ido aumentando año tras año. Gran parte de la demanda de energía eléctrica se cubre con energía producida a partir de fuentes de energía convencionales, tal como carbón y gas. Sin embargo, en los últimos años se ha dado un impulso a la generación de electricidad a partir de recursos energéticos renovables, tal como la energía solar y la energía eólica.

15 Los generadores de turbina eólica se consideran fuentes de energía alternativas respetuosas con el medio ambiente y relativamente económicas que utilizan la energía eólica para producir energía eléctrica. Además, la generación de energía solar utiliza módulos fotovoltaicos (PV) para generar electricidad a partir de la luz solar. Dado que la intensidad del viento y la luz solar no es constante, la producción de energía de las turbinas eólicas y los módulos fotovoltaicos fluctúa a lo largo del día. Desafortunadamente, la demanda de electricidad no varía de acuerdo con las variaciones
20 solares y eólicas.

Un sistema de almacenamiento de energía puede ayudar a abordar en cierta medida la cuestión de la variabilidad de la energía solar y eólica. Básicamente, la energía variable de las plantas de energía solar y eólica se puede almacenar en el sistema de almacenamiento de energía, y después se puede utilizar en un momento posterior o en un lugar
25 remoto.

Los sistemas de almacenamiento de energía también pueden ser cargados desde una red eléctrica y podrían usarse para abordar las variaciones de frecuencia, la supresión de armónicos, el soporte de tensión y la calidad de energía en la red eléctrica.

30 Los sistemas de almacenamiento de energía están sometidos a calor y generan calor. En particular, la mayor cantidad de calor se genera durante la carga y descarga de las baterías. Si no se elimina el calor, el calor se acumula en el contenedor de batería y se reduce la vida útil de la batería. Se pueden utilizar sistemas de calentamiento, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para controlar las temperaturas de los sistemas de almacenamiento de energía. Normalmente, al menos un sistema HVAC está dispuesto dentro de un sistema de almacenamiento de energía cerrado para la gestión térmica de múltiples bastidores de módulos de almacenamiento de energía distribuidos espacialmente en la caja. Sin embargo, puede haber un desequilibrio de temperatura significativo entre los diferentes bastidores debido a las condiciones y a las zonas muertas de flujo de aire de la caja. En las realizaciones en las que los módulos de almacenamiento de energía incluyen baterías de ion-litio, por ejemplo, dichas baterías normalmente funcionan de
35 manera óptima entre 20 grados Celsius y 25 grados Celsius, y funcionar a temperaturas demasiado altas o demasiado bajas acorta la vida útil y conduce a una pérdida de capacidad.

Sería deseable disponer de un mejor control de temperatura de los sistemas de almacenamiento de energía.

45 El documento de patente de EE.UU. n° US 2014/038007 describe un paquete de baterías con una pluralidad de módulos de batería en el que se hace funcionar un ventilador de circulación como respuesta a las temperaturas medidas.

El documento de patente de EE.UU. n° US 2011/228471 describe un sistema de control de ventilador y un método para componentes de sistemas informáticos, en el que un cambio en la velocidad de un ventilador se basa, al menos en parte, en una temperatura medida.

El documento de patente de Corea n° KR 2015 0067842 describe un aparato y un método para controlar unos ventiladores de enfriamiento para baterías.

55 El documento de solicitud internacional de patente PCT n° WO 2016/132586 describe un sistema de conversión de energía que gestiona el deterioro de las baterías de almacenamiento controlando un convertidor de energía de acuerdo a una información de deterioro de las baterías y a una información de temperatura de las baterías.

60 El documento de patente de EE.UU. n° US 2008/213652 describe un aparato y método de gestión térmica y seguridad de paquete de baterías, en el que la temperatura del paquete de baterías se controla mediante un calentador.

BREVE DESCRIPCIÓN

65 La invención se refiere a un sistema de almacenamiento de energía según la reivindicación 1. La invención también se refiere a un método según la reivindicación 11 para controlar la temperatura de un sistema de almacenamiento de

energía dispuesto dentro de una caja que tiene una pluralidad de convertidores de energía CC/CC.

DIBUJOS

Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor cuando se lea la siguiente descripción detallada haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que referencias iguales representan partes iguales en todos los dibujos, en los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de almacenamiento de energía acoplado a un sistema de generación de energía renovable y a una red eléctrica según la presente invención.

La figura 2 es una vista en perspectiva de un contenedor de almacenamiento de energía que incluye una pluralidad de cadenas de módulos de batería según la presente invención.

La figura 3 es una vista esquemática de una cadena de módulos de batería que tiene una pluralidad de módulos de almacenamiento de energía apilados verticalmente según la presente invención.

La figura 4 es una vista esquemática de una disposición de conductos de aire de un contenedor de almacenamiento de energía según la presente invención.

La figura 5 es una vista esquemática en perspectiva de un convertidor de energía CC/CC de una cadena de módulos de batería según la presente invención.

La figura 6 es un diagrama de bloques de un sistema de almacenamiento de energía que incluye un sistema de control de temperatura según la presente invención.

Las figuras 7a y 7b son vistas en bloque y esquemáticas de disposiciones de sensores para un sistema de control de temperatura según la presente invención.

La figura 8 es un diagrama de bloques de un sistema de control de temperatura para coordinar el funcionamiento de un ventilador local y un HVAC según la presente invención.

La figura 9 es un diagrama de bloques de la parte de control de velocidad de ventilador de un sistema de control de temperatura según la presente invención.

La figura 10 es un diagrama de bloques de una parte de control de componente HVAC de un sistema de control de temperatura según la presente invención.

La figura 11 es una curva de caída de una parte de control de componente HVAC de un sistema de control de temperatura según la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

A continuación se hará referencia en detalle a realizaciones de la invención, estando uno o más ejemplos de las cuales ilustrado en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la misma. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diferentes modificaciones y variaciones en la presente invención sin salirse del alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización se pueden utilizar con otra realización para dar lugar a una realización adicional más. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones al estar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

Tal y como se utilizan en la presente memoria, los términos "primero", "segundo" y "tercero" pueden usarse indistintamente para distinguir un componente de otro, y no pretenden significar ni la ubicación ni la importancia de los componentes individuales.

El término "1-n" y similares se refiere a una pluralidad de componentes o dispositivos que pueden incluir un componente o dispositivo hasta un número "n" de componentes o dispositivos.

La figura 1 ilustra un sistema de almacenamiento de energía acoplado a CC 100 acoplado a una fuente de energía renovable 114. El sistema de almacenamiento de energía 100 incluye un bus de CC 102. Una pluralidad de cadenas de baterías 104 están conectadas al bus de CC 102 a través de una pluralidad respectiva de convertidores de energía 106. Cada una de las cadenas de baterías 104 incluye una pluralidad de baterías 120, tal como un módulo de almacenamiento de energía, como se muestra en la figura 3, conectadas en serie y/o en paralelo. Las baterías 120 de cada cadena de baterías 104 pueden cargarse desde el bus de CC y/o pueden proporcionar energía a una o más cargas 108 conectadas al bus de CC. Los convertidores de energía 106, que pueden ser un convertidor de CC a CC (CC/CC), pueden cargar las cadenas de baterías 104 desde un sistema/red eléctrica 110, o desde una fuente de energía renovable 114, tal como un módulo de energía solar. Además, el convertidor de energía 106 conectado a una cadena de baterías 104 puede facilitar la transferencia de energía desde una cadena de baterías 104 a otra cadena de baterías 104 y/o desde una batería 120 a otra batería dentro de una cadena de baterías 104. El uno o más convertidor de energía de la pluralidad de convertidores de energía 106 pueden incluir un convertidor reductor, un convertidor elevador, un convertidor reductor-elevador, un convertidor de transferencia inversa o cualquier otro convertidor de energía CC/CC adecuado. Las cargas 108 pueden incluir un cargador de automóvil, accionamientos eléctricos, cargas de iluminación, etc. Cuando una carga particular es una carga de corriente alterna (CA), se puede usar un convertidor de CC a CA entre el bus de CC 102 y la(s) carga(s) de CA.

En algunas implementaciones, el bus de CC 102 del sistema de almacenamiento de energía 100 puede conectarse a

una red o sistema eléctrico de CA 110 a través de un inversor de red eléctrica 112. La red o sistema eléctrico 110 puede ser una red eléctrica a escala de consumidor, comercial y/o de servicios públicos. En algunas implementaciones, el sistema de almacenamiento de energía 100 también puede estar conectado a una fuente de energía renovable 114, que puede generar energía a partir de una o más fuentes de generación de energía renovable (por ejemplo, paneles fotovoltaicos (PV), turbinas eólicas, centrales geotérmicas o cualquier otra fuente de generación de energía renovable). La fuente de energía renovable 114 está conectada al sistema de almacenamiento de energía a través de un convertidor de energía 116.

En una realización en la que el módulo de energía renovable 114 incluye paneles fotovoltaicos, el convertidor de energía renovable 116 puede ser un convertidor fotovoltaico. Por medio del control de la tensión de bus de CC, las baterías 120 de las cadenas de baterías 104 pueden cargarse desde la red eléctrica 110 y/o desde el módulo de energía renovable 114. Además, en algunas realizaciones, las cadenas de baterías 104 pueden suministrar energía a la red eléctrica 110.

La figura 2 ilustra un sistema de almacenamiento de energía 100 según algunas realizaciones. En la realización ilustrada, el sistema de almacenamiento de energía 100 incluye un contenedor o caja y una pluralidad de cadenas de módulos de batería 115 instaladas en el mismo. Las cadenas de módulos de batería 115 pueden acoplarse entre sí eléctricamente, así como físicamente en algunas realizaciones. En la realización ilustrada, los módulos de almacenamiento de energía 120 están apilados verticalmente de manera que la dimensión de altura de la cadena de módulos de batería 115 es significativamente mayor que la dimensión de profundidad. Aunque la realización ilustrada en la figura 2 muestra una cadena de módulos de batería 115 que incluye un único módulo de almacenamiento de energía 120 por fila, la cadena de módulos de batería puede incluir además dos o más módulos de almacenamiento de energía por fila, en donde cada módulo de almacenamiento de energía puede ser controlable de forma independiente.

Como se muestra en la figura 2, el contenedor puede incluir además una electrónica de potencia y/o un equipo de control de temperatura 118, tal como un sistema de calentamiento, ventilación y aire acondicionado (HVAC), para gestionar el funcionamiento y el enfriamiento de la cadena de módulos de batería 115. En una realización, el contenedor puede ser un contenedor de transporte intermodal disponible. El contenedor puede incluir un único volumen abierto o puede contener compartimentos separados que pueden usarse para almacenar las cadenas de módulos de batería 115 separadas de otros equipos electrónicos y de control de temperatura 118. Como se describirá con más detalle en la presente memoria, el contenedor puede incluir además un bus de CC de alta tensión 102 al que las múltiples cadenas de módulos de batería 115 pueden acoplarse eléctricamente en paralelo y/o en serie.

La figura 3 ilustra una vista parcialmente en despiece de una cadena de módulos de batería 115, según algunas realizaciones. Cada cadena de módulos de batería 115 incluye una pluralidad de módulos de almacenamiento de energía 120 acoplados eléctricamente en combinaciones en serie y/o en paralelo para formar una cadena de baterías 104, similar a la que se muestra en la figura 1. Las cadenas de módulos de batería 115 pueden incluir además el convertidor de energía 106, similar al mostrado en la figura 1, para regular la tensión entre un bus de CC de alta tensión (por ejemplo, el mostrado en la figura 1) y los módulos de almacenamiento de energía 120. Cada uno de los módulos de almacenamiento de energía 120 puede incluir una carcasa de módulo 122, un terminal de módulo de polaridad positiva 130 y un terminal de módulo de polaridad negativa 140.

Como se muestra mejor en las figuras 2 y 5, el convertidor de energía 106 puede incluir al menos uno o más ventiladores 150 dispuestos en el mismo, o en comunicación térmica con el convertidor de energía, para controlar la temperatura de las cadenas de módulos de batería 115. En una realización, el convertidor de energía 106 puede incluir además un controlador, tal como un procesador, configurado para almacenar y procesar instrucciones, que controlan total o parcialmente la respectiva cadena de módulos de batería 115.

En otra realización, en la que las cadenas de baterías 104 comprenden unos submódulos de batería 120 apilados verticalmente, los ventiladores 150 están situados por encima de las respectivas cadenas de baterías y no necesitan dirigir aire a través de los convertidores antes de que el aire se suministre a las cadenas de baterías. Aunque los ventiladores 150 se muestran en serie con el sistema de enfriamiento principal (HVAC) en la realización de la figura 2, en otras realizaciones, el sistema HVAC 118 y los ventiladores 150 pueden estar en una configuración en paralelo o en una combinación de configuración en paralelo y en serie. En otra realización más, o bien ventiladores individuales o grupos de ventiladores 150 están situados en posición relativa con respecto a múltiples cadenas de baterías 104 respectivas y dirigen el aire a través de las múltiples cadenas de baterías. Tales realizaciones pueden ser útiles para reducir los conductos de aire (y el coste de instalación asociado).

La figura 4 es una vista esquemática de una disposición de conductos de aire 160 del interior del contenedor del sistema de almacenamiento de energía 100 según una realización descrita en la presente memoria. En la realización a modo de ejemplo de la figura 4, como se puede observar por la dirección de las flechas de flujo de aire 162, el aire proporcionado por el sistema HVAC 118, como se muestra en la figura 2, entra y pasa a través de un conducto superior 164 y llega a una pluralidad de ventiladores 150. Los ventiladores 150 pasan el aire a través de los convertidores de energía 106 de cada cadena de módulos de batería 115 antes de ser dirigido hacia abajo a través de cada cadena de

módulos de batería 115 respectiva y, a continuación, llega hasta un conducto trasero inferior 168 de vuelta al sistema HVAC 118. Los ventiladores 150 pueden estar dispuestos adyacentes al respectivo convertidor de energía 106, o dentro de él. La figura 4 ilustra un diseño en el que los submódulos de batería apilados verticalmente y los ventiladores están situados por encima de las respectivas cadenas de baterías. En otra realización, las cadenas de baterías comprenden submódulos de batería apilados horizontalmente y los ventiladores están situados en uno o más lados de las respectivas cadenas de baterías.

Como se muestra en la figura 5, en ella se muestra una pluralidad de ventiladores dispuestos en un extremo de un convertidor de energía representativo 106. A pesar de que se muestran tres ventiladores 150, se apreciará que el número de ventiladores puede incluir uno o más ventiladores. El funcionamiento de los ventiladores 150 hace circular aire a través del convertidor de energía hacia la pluralidad de módulos de almacenamiento de energía 120 de las cadenas de módulos de batería correspondientes 115.

La figura 6 ilustra un diagrama de bloques esquemático del sistema de control de temperatura 200 del interior de una realización del contenedor de un sistema de almacenamiento de energía 100 similar al mostrado en las figuras 2 y 3. El sistema de control de temperatura 300 controla la temperatura y la gestión de la circulación del flujo de aire 162 que pasa a través del contenedor y de las cadenas de módulos de batería 115. El sistema de control de temperatura 300 incluye un sistema HVAC 302, un controlador de HVAC o termostato 304, una pluralidad de ventiladores 306, una pluralidad de controladores de ventilador 308 y una pluralidad de cadenas de gestión de batería (BMS) 310, y un controlador de temperatura de contenedor 312. El controlador de HVAC 304 controla la temperatura del fluido de enfriamiento 314, es decir, del aire, y el caudal volumétrico del aire que circula a través de los conductos y/o tubos 316 del contenedor. El sistema HVAC 302 incluye componentes HVAC 318, tales como un compresor 320, serpentines evaporadores 322, un calentador 324 y un soplador 326, para enfriar y/o calentar y para hacer circular el aire 314 por todo el interior del contenedor. El sistema HVAC 302 incluye además una válvula de entrada 328 para proporcionar aire fresco al conducto o trayectoria de flujo 316, y una válvula de salida 330 para eliminar el aire de escape del conducto o trayectoria de flujo. Se puede disponer una válvula reguladora 332 dentro de la trayectoria de flujo circulante 316, entre la válvula de entrada 328 y la válvula de salida 330, para equilibrar la adición de aire fresco y la eliminación de aire de escape de la trayectoria de flujo simultáneamente. En otra realización, la válvula de entrada 328, la válvula reguladora 332 y la válvula de salida 330 pueden estar reguladas de formas coordinada para fines de equilibrio del flujo de aire.

El controlador de HVAC o termostato 304 está programado para ejecutar unas etapas para determinar los parámetros de funcionamiento para hacer funcionar el calentador 324, el compresor 320, el soplador 326 y las diferentes válvulas, tales como la válvula de entrada 328, la válvula de salida 330 y la válvula de cierre 332, y para proporcionar un comando de funcionamiento correspondiente a cada uno de estos componentes HVAC 318, como respuesta a una consigna de temperatura de HVAC proporcionada en la entrada 350 por parte del controlador de temperatura de contenedor 312, y a la temperatura del aire de retorno y/o a la temperatura del aire de suministro proporcionadas por los respectivos sensores de temperatura 354. La señal de carga anticipada puede ser un perfil de carga/descarga predefinido de las cadenas de baterías individuales.

La pluralidad de ventiladores 306 de cada cadena de módulos de batería 115 del interior del contenedor están controlados por el respectivo controlador de ventilador 308. El controlador de ventilador 308 está programado para ejecutar unas etapas para determinar la velocidad de ventilador y para proporcionar un comando de funcionamiento 360 a cada uno de los ventiladores 306 para controlar la velocidad de ventilador como respuesta a una o más de las velocidades 361 del ventilador respectivo proporcionadas por un tacómetro, a la temperatura del convertidor de energía proporcionada por uno o más sensores de temperatura 363, y a la consigna de temperatura de convertidor 362 proporcionada por el controlador de temperatura de contenedor 302. En otra realización, se proporciona una señal de carga anticipada 364 al controlador de ventilador para controlar la velocidad de ventilador.

Como se muestra además en la figura 6, cada módulo de almacenamiento de batería 115 incluye un sistema de gestión de batería (BMS) 310 que recibe unas señales indicativas del estado de las baterías o de los módulos de almacenamiento de energía 120, que incluyen la temperatura, corriente y tensión de cada batería. En base a estas mediciones de temperatura, cada sistema de gestión de batería 310 proporciona unas señales al controlador de temperatura de contenedor 312 que incluyen, al menos, una de entre la mediana de temperatura, temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima de las baterías 120 de cada cadena de módulo de batería 104 respectiva, como se muestra mejor en la figura 1.

El controlador de temperatura de contenedor 312 es un controlador de supervisión para controlar el controlador de HVAC 304 y los controladores de ventilador 306. El controlador de temperatura de contenedor 312 está programado para ejecutar unas etapas para determinar la consigna de temperatura de HVAC en 350 y la consigna de temperatura en 362 para cada controlador de ventilador 308, que se proporcionan, correspondientemente, al controlador de HVAC 304 y a los controladores de ventilador 308. La consigna de temperatura de HVAC 350 y la consigna de temperatura 362 se basan, en parte, en las temperaturas proporcionadas por el sistema HVAC 302, por los controladores de ventilador 308 y por los sistemas de gestión de batería 310.

Las figuras 7a y 7b incluyen unas vistas en bloque y esquemáticas de disposiciones de sensor alternativas para los convertidores de energía CC/CC 106 según las realizaciones descritas en la presente memoria. En la realización de la figura 7a, los convertidores de energía CC/CC 106 (también mostrados en la figura 1 como convertidores de energía) acoplan eléctricamente las respectivas cadenas de baterías 104 al bus de CC 102 (mostrado en la figura 1), los sensores de temperatura 363 están dispuestos para medir temperaturas en los respectivos convertidores de energía CC/CC 106, y los ventiladores 150 están dispuestos para dirigir aire a través de los respectivos convertidores de energía CC/CC. En el ejemplo específico de las figuras 7a y 7b, hay tres ventiladores 150 para cada convertidor de energía CC/CC 106, sólo con fines ilustrativos. Como se muestra en la figura 7a, se puede situar una pluralidad de sensores de temperatura 363 próximos a los interruptores 370 de los convertidores de energía 106, en donde la temperatura máxima se proporciona al controlador de ventilador 308. Alternativamente, como se muestra en la figura 7b, un sensor de temperatura 363 puede situarse próximo a la salida de aire del convertidor de energía CC/CC 106. En una realización, los interruptores 370 comprenden dispositivos de carburo de silicio (SiC), por ejemplo. Las figuras 7a y 7b ilustran además que el controlador de ventilador 308 proporciona una señal de modulación de ancho de pulso a cada uno de los ventiladores 150 para controlar su velocidad. El controlador de ventilador 308 también recibe unas señales indicativas de la velocidad de ventilador (en revoluciones/minuto (rpm)) por medio de un tacómetro (no mostrado) de cada ventilador.

La figura 8 ilustra un diagrama de bloques funcional del sistema de control de temperatura 200 de la figura 6 para coordinar el funcionamiento de los ventiladores locales 150 y del sistema HVAC 302 teniendo en consideración los márgenes de funcionamiento del sistema HVAC y de los ventiladores, según una realización descrita en la presente memoria. Como se ha analizado anteriormente, el controlador de temperatura de contenedor 312 está programado para determinar las consignas de temperatura de HVAC 501 y las consignas de temperatura 503 proporcionadas al controlador de HVAC 312 y al (a los) controlador(es) de ventilador 500, respectivamente. En la realización de la figura 8, cada uno de los controladores de ventilador del bloque 500 proporciona un comando de funcionamiento de ventilador para controlar la velocidad de los respectivos ventiladores en base a la temperatura de cada convertidor de energía respectivo 106 del bloque 502 y a la consigna de temperatura de convertidor proporcionada por un módulo de fusión de ventilador del bloque 504 del controlador de temperatura de contenedor. La velocidad de los ventiladores 150 se regula como respuesta a una señal de velocidad de ventilador proporcionada por el tacómetro de velocidad de ventilador respectivo del bloque 506. En una realización, el controlador de velocidad de ventilador minimiza un error entre el comando de funcionamiento de velocidad de ventilador y la realimentación del tacómetro por medio de la regulación de una tensión aplicada al ventilador usando una modulación de ancho de pulso (PWM), como se muestra en las figuras 7a y 7b. A continuación, con respecto a la figura 9, se analiza un ejemplo de una realización más específica de generación de comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador.

Siguiendo con la referencia a la figura 8, cada ventilador 150 tiene una capacidad o límites de funcionamiento representados por el bloque 510. El margen de velocidad de ventilador del bloque 512 representa la diferencia entre esa capacidad de funcionamiento de ventilador y el parámetro de funcionamiento actual de un ventilador respectivo (1-N) del bloque 508, incluyendo, por ejemplo, el comando de funcionamiento y/o la velocidad del ventilador respectivo. Un módulo de fusión de HVAC del bloque 514 utiliza una pluralidad de márgenes de velocidad de ventilador y valores estadísticos de temperatura de las cadenas de baterías del bloque 516 para proporcionar la consigna de temperatura al controlador de HVAC del bloque 516. Las estadísticas de temperatura pueden ser la mediana, media, y valores máximo y mínimo de la temperatura de la cadena de baterías.

A su vez, el controlador de HVAC del bloque 516 proporciona una pluralidad de comandos de funcionamiento para controlar cada uno de los componentes HVAC, que se muestran mejor en la figura 6, en base a la consigna de temperatura de HVAC proporcionada por el módulo de fusión de HVAC del bloque 514 del controlador de temperatura de contenedor 312 y a la temperatura del aire del interior de la caja proporcionada por uno o más sensores de temperatura dispuestos en ubicaciones seleccionadas dentro de la caja del bloque 518. Por ejemplo, la temperatura del aire de retorno y/o del aire de suministro proporcionada por los sensores de temperatura 354 de la figura 6 puede proporcionar una realimentación de la temperatura del aire en el bloque 516 al controlador de HVAC 304 del bloque 516. Cada uno de los componentes HVAC 520 tiene una capacidad o límites de funcionamiento de HVAC representados por el bloque 522. El margen de HVAC del bloque 524 representa la diferencia entre esa capacidad de funcionamiento de HVAC y los parámetros de funcionamiento actuales de los componentes HVAC del bloque 520, incluyendo, por ejemplo, los respectivos comandos de funcionamiento 312 de los respectivos componentes HVAC. El módulo de fusión de HVAC del bloque 504 utiliza los márgenes de HVAC respectivos y las temperaturas máximas de las cadenas de baterías del bloque 526 para proporcionar la consigna de temperatura de ventilador al controlador de ventilador del bloque 500. Un ejemplo de una realización específica de generación de comandos de funcionamiento de HVAC se analiza a continuación con respecto a la figura 10. Los ejemplos de posibles comandos de componentes HVAC incluyen la consigna de temperatura, la velocidad de soplador, la velocidad de compresor y/o la carga de calentador. En un ejemplo, el módulo de fusión de ventilador determina si el margen de HVAC es suficientemente amplio y, de ser así, envía una instrucción al controlador de velocidad de ventilador para equilibrar principalmente la diferencia de temperatura de la cadena o, si no, envía una instrucción al controlador de velocidad de ventilador para aumentar o disminuir aún más la temperatura media en las proximidades del ventilador. Como se muestra, los dos márgenes de funcionamiento del sistema HVAC 312 y de los ventiladores 150 están entrelazados o son dependientes entre sí para compartir la carga de trabajo al objeto de mejorar la disponibilidad. Dicho de otro modo, el controlador de

temperatura de contenedor considera los márgenes de funcionamiento tanto de los ventiladores 150 como del sistema HVAC 312 cuando determina el comando de funcionamiento de cada uno.

La figura 9 es un diagrama de bloques de un método para controlar la velocidad de ventilador de los ventiladores 150 de una primera y segunda cadena de módulos de batería 115 del sistema de control de temperatura 200 de la figura 6. En la figura 9, las temperaturas de los sensores 363 de las proximidades de los convertidores de energía CC/CC 106 (que se muestran mejor en las figuras 7a y 7b) y las temperaturas máximas (por ejemplo, Bms 11-1n y Bms 21-2n) de los módulos de almacenamiento de energía 120 de una cadena de baterías 104 respectiva se obtienen en los bloques 600. Se identifica una temperatura máxima para cada cadena de baterías 104 en los bloques 602 y se compara con un límite de temperatura de cadena de baterías para generar una demanda de temperatura de batería (que representa un margen de temperatura de batería) en el bloque 604. En paralelo, la temperatura medida del convertidor de energía CC/CC del bloque 606 asociado con la cadena de baterías respectiva 104 se compara con un límite de temperatura de convertidor para generar una demanda de temperatura de convertidor en el bloque 608. La menor de entre la demanda de temperatura de batería y la demanda de temperatura de convertidor se proporciona como desviación de consigna de temperatura para un controlador de ventilador 612 que también recibe la temperatura medida del convertidor de energía CC/CC 106, una consigna de temperatura del convertidor de energía CC/CC e información sobre la corriente en la cadena de baterías. El controlador de ventilador del bloque 612 genera a continuación el comando de velocidad de ventilador minimizando el error entre la consigna de temperatura desviada y el valor de la realimentación de temperatura en el bloque 614. La técnica de control puede incluir un algoritmo proporcional-integral-derivado (PID), un algoritmo proporcional-integral (PI), o un algoritmo proporcional (P), por ejemplo.

Las figuras 10 y 11 son un diagrama de bloques de un método para controlar un componente HVAC 318 de un sistema de control de temperatura, que se muestran mejor en la figura 6, y una curva de caída para la determinación de ΔT de HVAC según una realización descrita en la presente memoria. En un ejemplo, la consigna de temperatura de HVAC normalmente se establece en el rango de 20 grados Celsius a 25 grados Celsius. La desviación con respecto a la consigna de temperatura de batería en cada cadena se recopila comparando la mediana de temperatura de cada cadena de baterías 104 del bloque 700 con un consigna de temperatura de cada cadena de baterías. Las funciones de transferencia del bloque 702 se pueden usar para generar demandas de incremento de temperatura de HVAC para cada cadena de baterías 104. La función de transferencia refleja una relación de mapeo desde la desviación de temperatura de cadena hasta las demandas de incremento de temperatura de HVAC. Esta función de transferencia se puede obtener mediante pruebas de campo, datos históricos o cualquier técnica de modelado adecuada.

La desviación de temperatura de batería afecta por tanto al control del aumento o disminución de la temperatura de HVAC. Por ejemplo, si el sistema HVAC está en modo de enfriamiento y la mayor demanda de ΔT de todas las cadenas de baterías 104 es -5 grados Celsius, entonces la dmd de ΔT de HVAC se establecerá en -5 grados Celsius suponiendo que la ganancia entre el ΔT de la cadena de baterías y el ΔT de HVAC es 1. Las estadísticas de desviación de temperatura de cadena de baterías se pueden usar para reflejar la diferencia general de temperatura del aire interior para cumplir con el requisito de temperatura de batería.

En paralelo a las mediciones de temperatura de cadena de baterías del bloque 700, la proximidad de la velocidad de ventilador del bloque 704 al límite máximo de velocidad de ventilador en cada cadena de baterías también se recopila como el margen de velocidad de ventilador en el bloque 706. El margen de velocidad de ventilador refleja la capacidad de cada ventilador de mantener la cadena de baterías 104 y el convertidor CC/CC 106 lejos del límite de temperatura alta. Un margen de velocidad de ventilador más pequeño significa que la cadena de baterías correspondiente 104 tiene menos capacidad para superar la variación de temperatura de batería en esa cadena de baterías. Por lo tanto, la temperatura media de batería debería ser más baja para reducir el riesgo de sobrecalentamiento o de sobreenfriamiento. Los márgenes de velocidad de ventilador se utilizan para generar unas respectivas dmds de ΔT de HVAC en los bloques 708 y 710.

La figura 11 muestra una curva de caída para determinación de ΔT de HVAC en función del margen de velocidad de ventilador, mostrando el eje X la velocidad de ventilador y mostrando el eje Y la demanda de ΔT de HVAC para el margen de velocidad de ventilador. El punto de intersección entre el eje X y el eje Y representa una demanda de ΔT de HVAC cero. L1 y H1 representan, respectivamente, el límite inferior y el límite superior de la velocidad de ventilador. L2 y H2 representan, respectivamente, el umbral de límite inferior y el umbral de límite superior. La demanda de ΔT de HVAC es cero cuando la velocidad de ventilador está entre el umbral de límite inferior L2 y el umbral de límite superior H2. La demanda de ΔT de HVAC disminuirá si la velocidad de ventilador supera el umbral de límite superior H2. En este caso, el controlador de velocidad de ventilador pedirá al HVAC que reduzca la consigna de temperatura a medida que la velocidad de ventilador se acerca a su límite superior H1. En el ejemplo de la figura 11, la disminución de demanda de ΔT es lineal con la distancia desde la velocidad de ventilador hasta el límite superior de velocidad de ventilador H1. En otra realización, esta relación entre la disminución de demanda de ΔT y la distancia desde la velocidad de ventilador hasta el límite superior de velocidad de ventilador H1 puede ser una función lineal por tramos o una función no lineal. La demanda de ΔT de HVAC aumentará si la velocidad de ventilador va por debajo del umbral de límite inferior L2. En este caso, el controlador de velocidad de ventilador pedirá al HVAC que aumente la consigna de temperatura a medida que la velocidad de ventilador se acerca a su límite inferior L1. El aumento de demanda de

ΔT es lineal con la distancia desde la velocidad de ventilador hasta el límite inferior de velocidad de ventilador L1. En otra realización, esta relación entre el aumento de demanda de ΔT y la distancia desde la velocidad de ventilador hasta el límite inferior de velocidad de ventilador L1 puede ser una función lineal por tramos o una función no lineal. $\Delta T1$ representa la cantidad máxima de aumento de ΔT de HVAC y $\Delta T2$ representa la cantidad máxima de disminución de ΔT de HVAC. La pendiente de la curva de caída de aumento de ΔT de HVAC y la pendiente de la curva de caída de disminución de ΔT de HVAC pueden ser diferentes. En la realización específica de la figura 9, la pendiente de la curva de caída de disminución de ΔT de HVAC es más pronunciada que la pendiente de la curva de caída de aumento de ΔT de HVAC.

La fusión de las dmds de ΔT de HVAC en el bloque 708 puede basarse adicionalmente en el modo de funcionamiento de HVAC (calentamiento, enfriamiento, ventilación, etc.) y en el estado de carga de la batería (SOC) (por ejemplo, una realización puede relajar el control de temperatura si el SOC de batería < 40%). La demanda de ΔT de HVAC de una cadena de baterías 104 puede ser una selección baja para el modo de enfriamiento o una selección alta durante el modo de calentamiento. En una realización específica, la demanda de ΔT de HVAC fusionada se puede determinar en base al análisis de pares de dmd de ΔT de batería de cadena y la correspondiente dmd de ΔT de ventilador. Por ejemplo, la dmd de ΔT de HVAC puede ser una suma ponderada de la dmd de ΔT de cadena 1 y dmd de ΔT de ventilador 1 si ambas son las más altas en el grupo de cadena y en el grupo de ventiladores. La demanda de temperatura de HVAC final del bloque 712 se determina entonces en base a la demanda de temperatura de HVAC anterior y a las señales de anticipación. La señal de anticipación puede comprender, por ejemplo, la radiación solar, la temperatura ambiente y/o los perfiles de carga o descarga de batería. En una realización, se pueden disponer dos unidades HVAC en paralelo en un extremo de la caja y ambas proporcionar aire de enfriamiento/calentamiento para dos grupos de cadenas de baterías de una mitad y de la otra mitad de la caja. En este caso, la señal de anticipación también puede comprender una demanda de temperatura desde la otra mitad del sistema de control de temperatura de batería. Por ejemplo, cuando un HVAC llega a su capacidad máxima o entra en un estado de fallo, se puede pedir al otro HVAC que proporcione más aire de enfriamiento para alargar el tiempo de servicio del sistema de batería 100.

En la realización de la figura 6, por ejemplo, cada uno de los controladores de temperatura de contenedor 312, el controlador de HVAC 304 y los controladores de ventilador 308 pueden incluir uno o más procesadores y dispositivos de memoria asociados configurados para realizar una serie de funciones implementadas por ordenador (por ejemplo, ejecutar los métodos, etapas, cálculos y similares descritos en la presente memoria). Tal y como se utiliza en la presente memoria, el término "procesador" se refiere no sólo a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como incluidos en un ordenador, sino que también se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado de aplicación específica, y/u otros circuitos programables.

Además, los dispositivos de memoria pueden comprender en general elementos de memoria que incluyen, entre otros, un medio legible por ordenador (por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM)), un medio no volátil legible por ordenador (por ejemplo, una memoria flash), un disquete, un disco compacto de memoria de sólo lectura (CD-ROM), un disco magnetoóptico (MOD), un disco versátil digital (DVD), y/u otros elementos de memoria adecuados. Dichos dispositivos de memoria pueden configurarse en general para almacenar instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando son implementadas por el procesador, configuran los controladores 312, 304, 308 para llevar a cabo diferentes funciones.

En una realización del método según la invención, los sensores de temperatura están situados próximos a los interruptores de los convertidores de CC/CC o a las salidas de los convertidores de CC/CC.

En una realización del método según la invención, la determinación de los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador se basa además, al menos en parte, en las corrientes de las cadenas de baterías. En una realización del método según la invención, la determinación de los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador se basa además, al menos en parte, en los márgenes de temperatura de batería.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para describir la invención, incluidas las realizaciones preferidas, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica la invención, incluida la fabricación y el uso de cualesquiera dispositivos o sistemas y la ejecución de cualesquiera métodos incorporados. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de almacenamiento de energía (100) que comprende:

- 5 una pluralidad de cadenas de baterías (104), incluyendo cada cadena de baterías una pluralidad de baterías acopladas eléctricamente entre sí;
 una pluralidad de sensores de temperatura (363);
 una caja que aloja la pluralidad de cadenas de baterías y los sensores de temperatura;
 una pluralidad de ventiladores (150) situados en diferentes ubicaciones dentro de la caja; y
 10 un sistema de control de temperatura (200)
caracterizado por que dicho sistema de control de temperatura comprende:
- unos componentes de calentamiento, ventilación y aire acondicionado (HVAC) (318) configurados para controlar la temperatura y/o el caudal volumétrico de aire proporcionado a la caja, y
 15 un controlador (312) configurado para:
- determinar los comandos para los componentes HVAC basándose, al menos en parte, en los márgenes de funcionamiento de los ventiladores;
 determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador (360) basándose, al menos en parte, en las temperaturas medidas en las diferentes ubicaciones, y
 20 hacer funcionar los respectivos ventiladores como respuesta a los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador proporcionados a los respectivos ventiladores.
2. El sistema de almacenamiento de energía (100) de la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de convertidores de energía CC/CC (106) configurados para acoplar eléctricamente unas respectivas cadenas de baterías (104) a un bus de CC (102), en el que los sensores de temperatura (363) están situados para medir temperaturas en los respectivos convertidores de energía CC/CC, y en el que los ventiladores (150) están situados para dirigir aire a través de los respectivos convertidores de energía CC/CC.
3. El sistema de almacenamiento de energía (100) de la reivindicación 1 ó 2, en el que el controlador (200) está configurado además para obtener datos de temperatura de la pluralidad de baterías, y en el que el hecho de que el controlador esté configurado para determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador (360) comprende que el controlador está configurado para determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador basándose, al menos en parte, en los datos de temperatura de las baterías.
4. El sistema de almacenamiento de energía (100) de la reivindicación 2, en el que los sensores de temperatura (363) están situados adyacentes a unos interruptores (370) de los convertidores de energía CC/CC (106), o en las salidas de los convertidores de energía CC/CC.
5. El sistema de almacenamiento de energía (100) de la reivindicación 2, que comprende además unos conductos de aire (160) configurados para dirigir el aire desde los ventiladores (150) a través de la pluralidad de cadenas de baterías (104), después de haber sido dirigido a través de la pluralidad de convertidores de energía CC/CC (106).
6. El sistema de almacenamiento de energía (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el hecho de que el controlador esté configurado para determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador (360) comprende que el controlador está configurado para determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador basándose, al menos en parte, en un margen de funcionamiento de los componentes HVAC (318).
7. El sistema de almacenamiento de energía (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el hecho de que el controlador esté configurado para determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador (360) comprende que el controlador está configurado para determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador basándose, al menos en parte, en las corrientes de las cadenas de baterías.
8. El sistema de almacenamiento de energía (100) de la reivindicación 7, en el que el hecho de que el controlador esté configurado para determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador (360) comprende que el controlador está configurado para determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador basándose, al menos en parte, en los márgenes de temperatura de batería.
9. El sistema de almacenamiento de energía (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que las cadenas de baterías (104) comprenden unos submódulos de batería (120) apilados verticalmente y los ventiladores (150) están situados por encima de las respectivas cadenas de baterías, o en el que las cadenas de baterías comprenden unos submódulos de batería apilados horizontalmente y los ventiladores están situados en uno o más lados de los lados respectivos de las cadenas de baterías.

10. El sistema de almacenamiento de energía (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la pluralidad

de ventiladores (150) incluye ventiladores individuales o grupos de ventiladores que están situados en posición relativa con respecto a múltiples cadenas de baterías respectivas (104) y que están configurados para dirigir el aire por los conductos de aire (160) a través de las múltiples cadenas de baterías.

- 5 11. Un método para controlar la temperatura de un sistema de almacenamiento de energía (100) dispuesto dentro de una caja que tiene una pluralidad de convertidores de energía CC/CC (106); comprendiendo el método:

medir unas temperaturas en los respectivos convertidores de energía CC/CC, los cuales tienen al menos un ventilador dispuesto adyacente, o dentro, de los respectivos convertidores de energía CC/CC;
 10 determinar unos comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador (360) basándose, al menos en parte, en las temperaturas medidas en los respectivos convertidores de energía CC/CC;
 hacer funcionar los respectivos ventiladores como respuesta a los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador proporcionados a los respectivos ventiladores
caracterizado por que el método comprende las etapas de:

15 determinar unos márgenes de funcionamiento de los ventiladores; y
 determinar unos comandos para unos componentes HVAC (318) del sistema de almacenamiento de energía para controlar la temperatura y/o el caudal volumétrico de aire proporcionado a la caja por los componentes HVAC, basándose, al menos en parte, en los márgenes de funcionamiento de los
 20 ventiladores.

12. El método de la reivindicación 11, en el que los ventiladores (150) están situados para dirigir aire a través de los respectivos convertidores de energía CC/CC (106).

- 25 13. El método de la reivindicación 11 ó 12, que comprende, además:

obtener datos de temperatura de la pluralidad de baterías (120), en el que la determinación de los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador (360) comprende determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador basándose, al menos en parte, en los datos de temperatura de las baterías.

- 30 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que los comandos de componente HVAC comprenden al menos uno de entre consigna de temperatura, velocidad de soplador, velocidad de compresor o carga de calentador.

- 35 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende, además:

determinar unos márgenes de funcionamiento de los componentes HVAC (318); y
 en el que la determinación de los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador (360) comprende
 40 determinar los comandos de funcionamiento de velocidad de ventilador basándose, al menos en parte, en los márgenes de funcionamiento de los componentes HVAC.

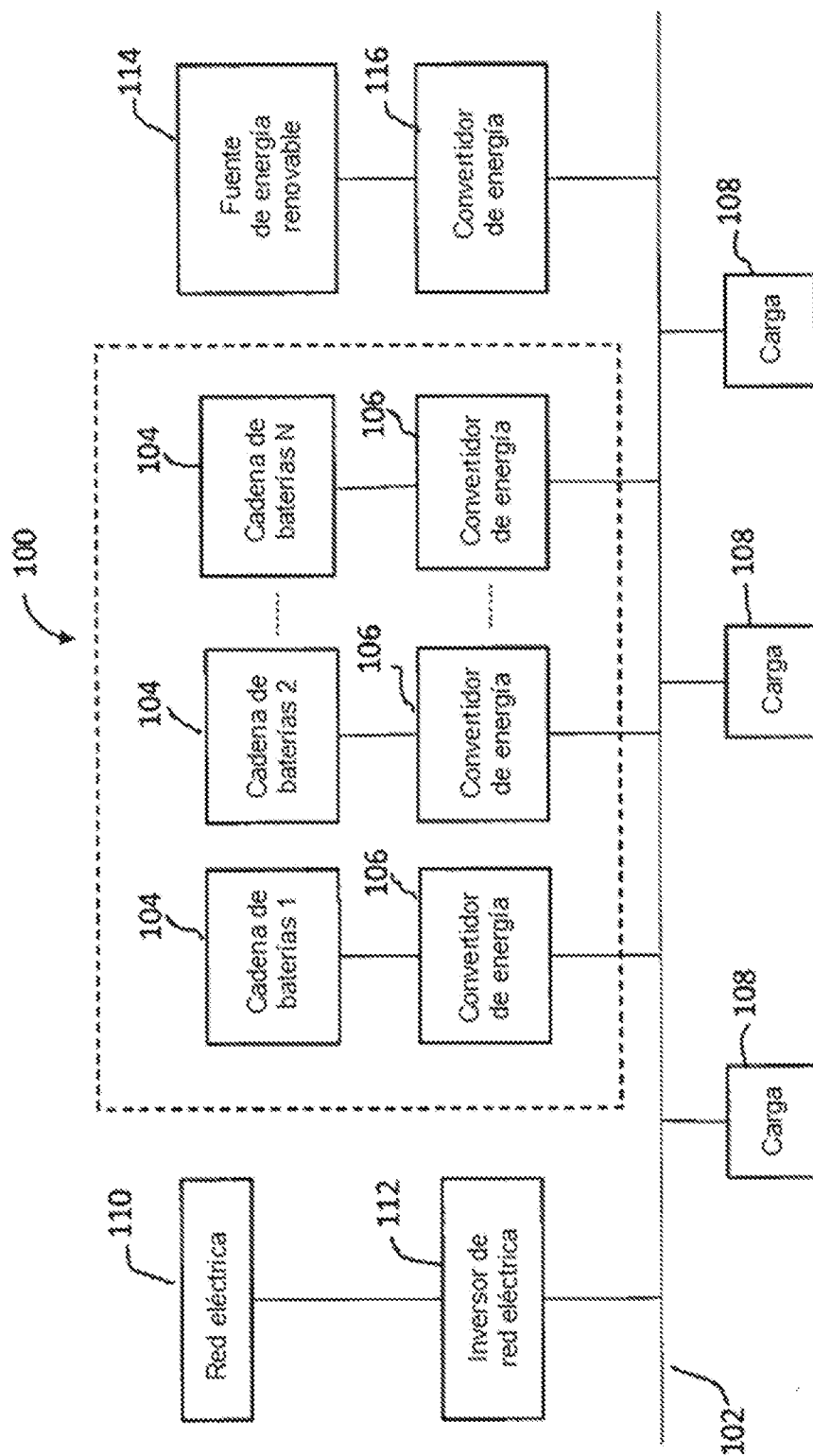
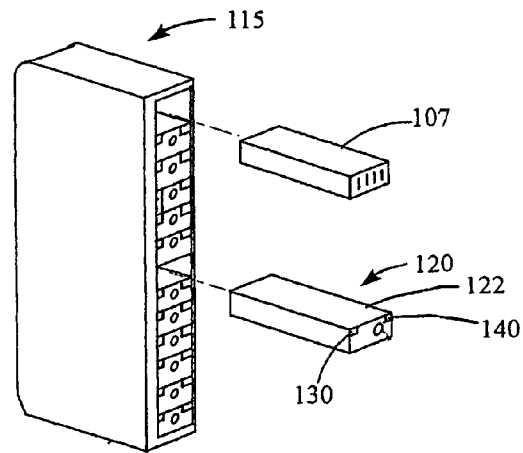
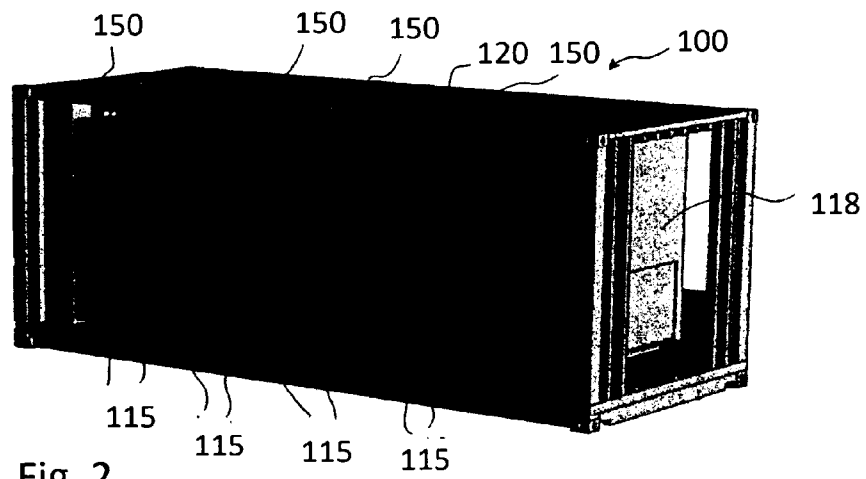


Fig. 1



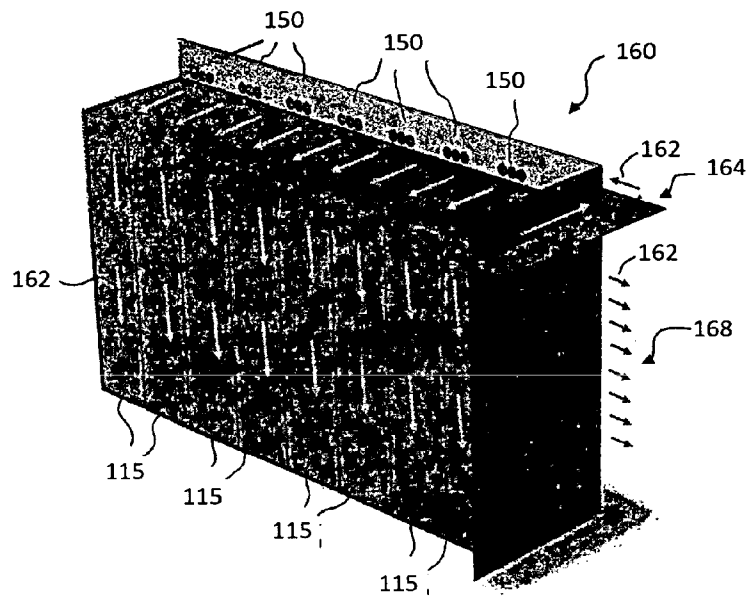


Fig. 4

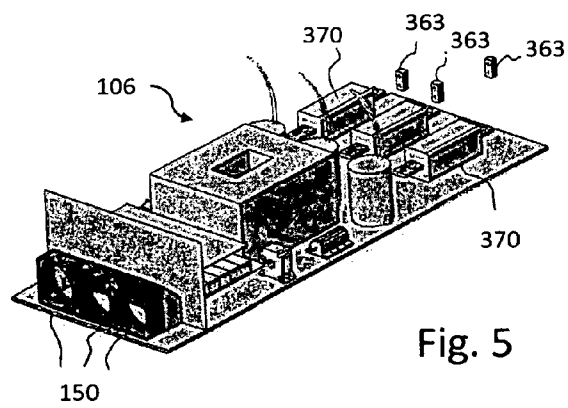


Fig. 5

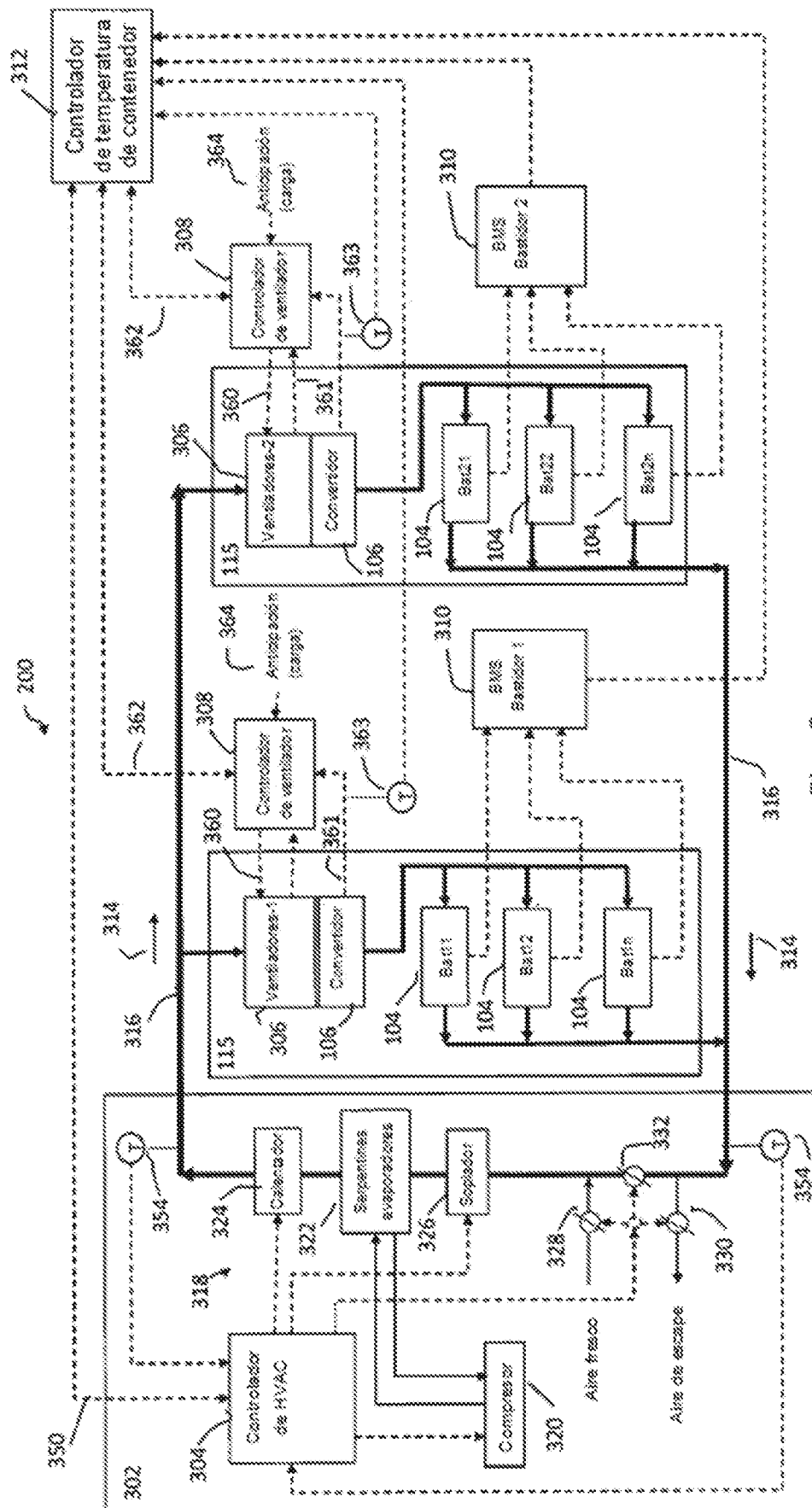


Fig. 6

Fig. 7a

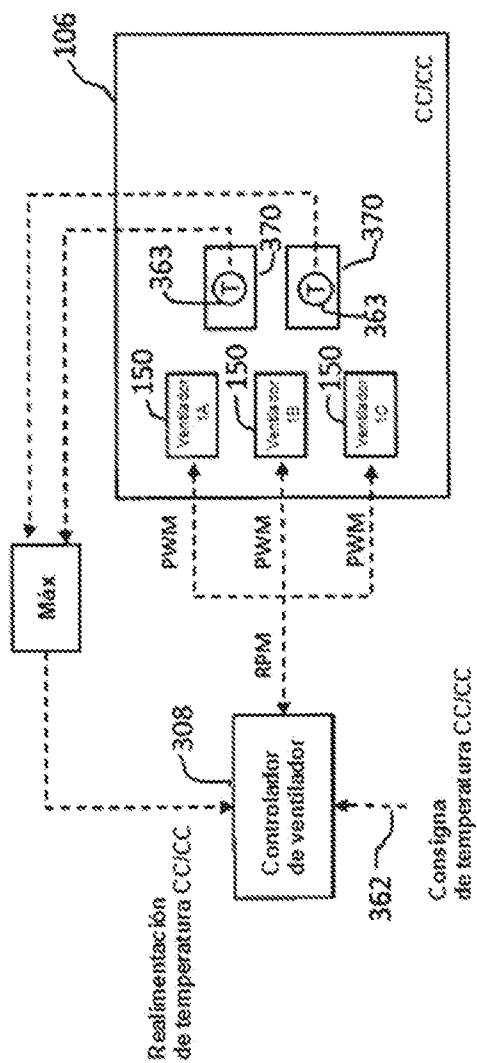
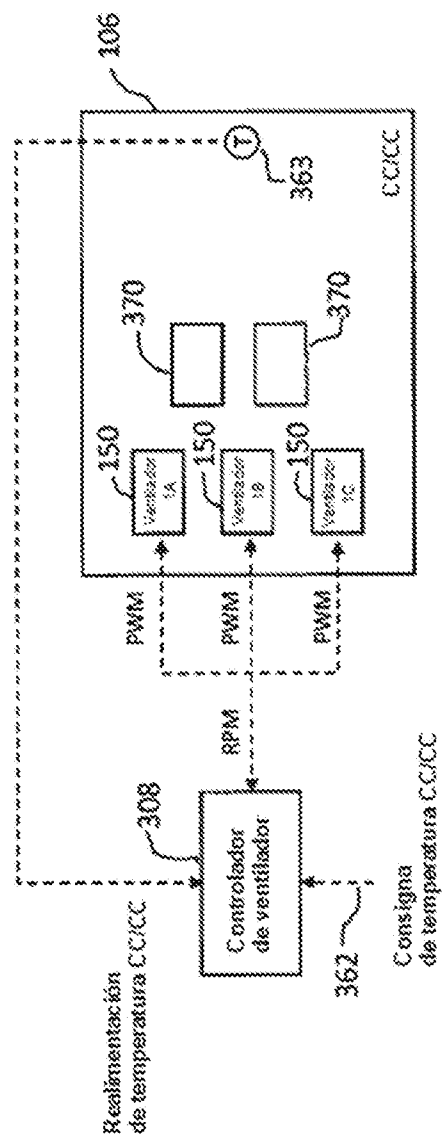


Fig. 7b



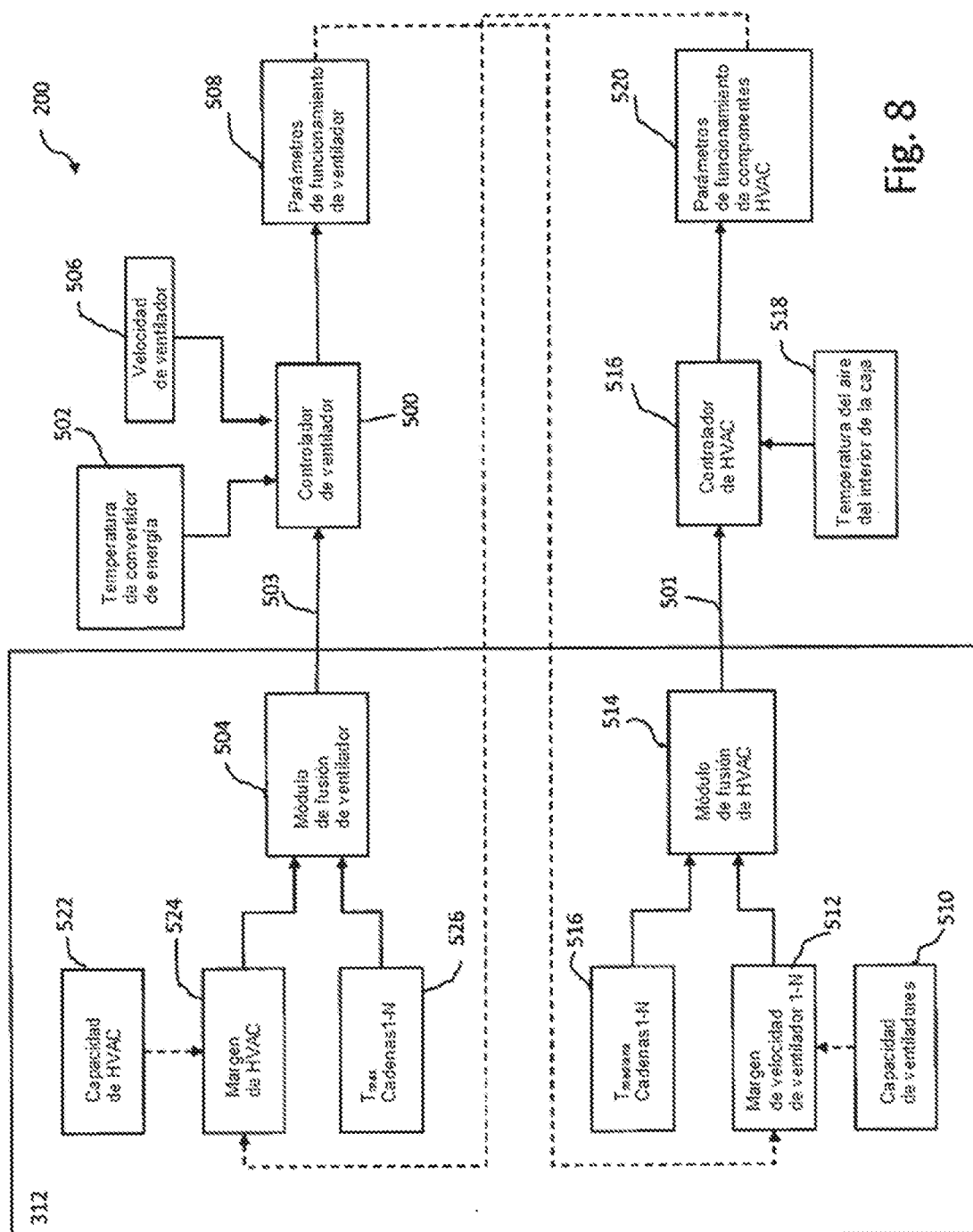


Fig. 8

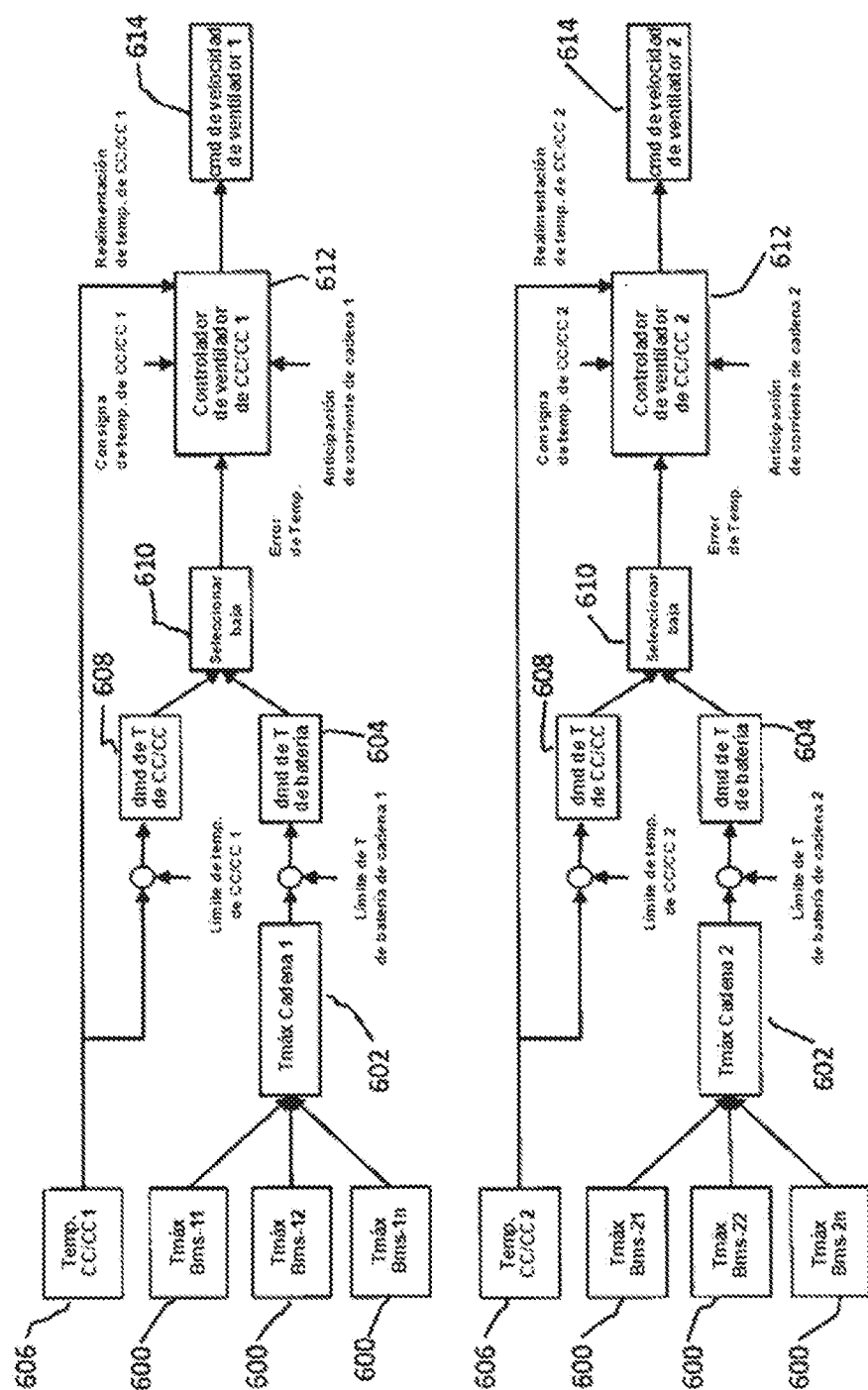


Fig. 9

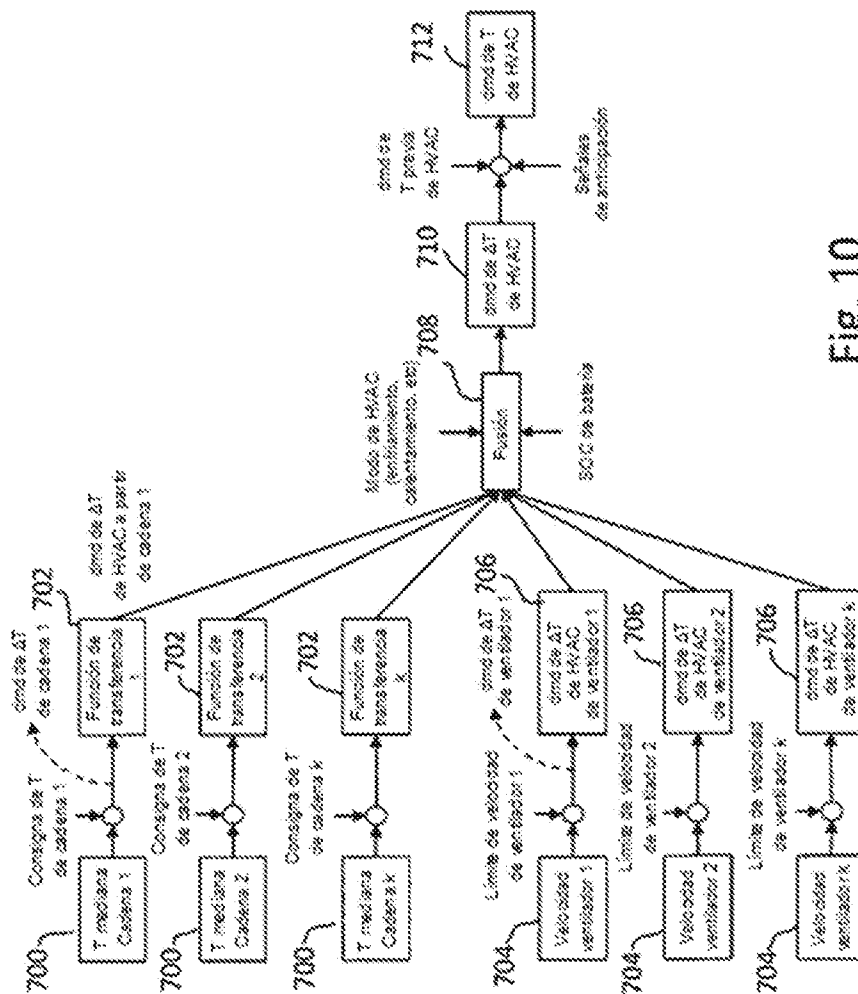


Fig. 10

Curva de caída para determinación de ΔT de HVAC en función del margen de velocidad de ventilador

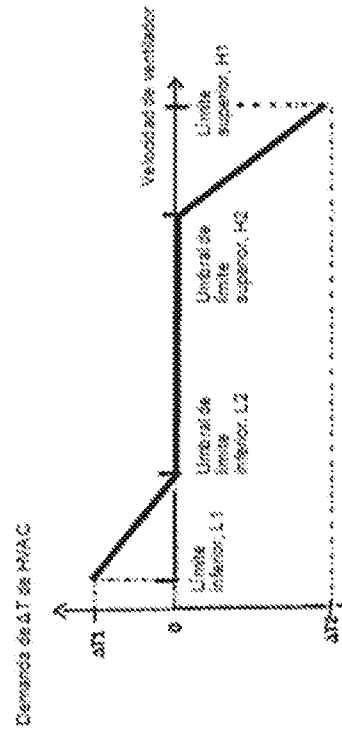


Fig. 11