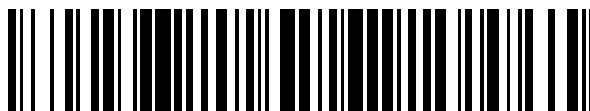


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 268**

51 Int. Cl.:

F25B 49/02 (2006.01)

F25B 5/02 (2006.01)

F25B 41/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2011 PCT/BR2011/000455**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2012 WO12075555**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2011 E 11817207 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2018 EP 2650624**

54 Título: **Procedimientos para el control de un compresor con doble aspiración para sistemas de refrigeración**

30 Prioridad:

10.12.2010 BR PI1005090

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

10.12.2018

73 Titular/es:

**WHIRLPOOL S.A. (100.0%)
Av. das Nações Unidas, 12.995, 32º andar
Brooklin Novo
04578-000 São Paulo SP, BR**

72 Inventor/es:

**MAASS, GÜNTER JOHANN;
LILIE, DIETMAR ERICH BERNHARD y
SCHWARZ, MARCOS GUILHERME**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 693 268 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

Procedimientos para el control de un compresor con doble aspiración para sistemas de refrigeración

5 La presente invención se refiere a un sistema y a procedimientos para controlar un compresor de doble aspiración para su aplicación en sistemas de refrigeración, capaz de satisfacer las diferentes demandas de coste, eficiencia y control de la temperatura por medio de técnicas de diferentes niveles de complejidad y diferentes configuraciones de los elementos del circuito de control (sensores de temperatura, dispositivos de accionamiento, controladores, etc.). De este modo, la presente invención ofrece diferentes procedimientos que son adecuados para cada configuración concreta.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En primer lugar, a continuación se facilitan algunas definiciones y nomenclaturas que serán utilizadas en todo el texto para una mejor comprensión del mismo.

15

F_{DS} [Hz]: Frecuencia de conmutación de las tuberías de aspiración, es decir, la frecuencia con que el flujo del gas refrigerante cambia entre las dos tuberías de aspiración y, en consecuencia, entre los dos circuitos de refrigeración.

20

P_{DS} [s]: Periodo de conmutación de las tuberías de aspiración, es decir, el periodo de tiempo en el que se completa un ciclo de conmutación de ambas tuberías de aspiración. Inverso de F_{DS} .

25

D_{DS} [%]: Ciclo de funcionamiento de la aspiración, es decir, cuando existen dos tuberías de aspiración en las que el flujo de gas refrigerante a través de la segunda tubería complementa el de la primera tubería, existirá un funcionamiento entre el tiempo de conducción de cada tubería y el periodo P_{DS} . Es un ciclo de funcionamiento cuando se refiere a los tiempos que se producen en un periodo de conmutación de las tuberías de aspiración, siendo posible variarlo en cada nuevo periodo. Para identificar el ciclo de funcionamiento de cada tubería de aspiración, se establece $D1_{DS}$ como el ciclo de funcionamiento de la primera tubería de aspiración y se establece $D2_{DS}$ como el ciclo de funcionamiento de la segunda tubería de aspiración. La suma de $D1_{DS}$ y $D2_{DS}$ debe ser igual a la unidad, por consiguiente, D_{DS} se refiere al conjunto de valores ($D1_{DS}$, $D2_{DS}$), por ejemplo, (80, 20%), (20, 80%), (50, 50%), etc.

30

RPM_{DS} : Rotación del motor interno del compresor de doble aspiración. Puede tener un valor fijo o ser cero en el caso de compresores convencionales de capacidad fija (o compresor "ON-OFF") o cualquier valor dentro de un margen operativo en el caso de compresores de capacidad variable. En un compresor de doble aspiración, el valor de las RPM puede ser definido para cada tubería de aspiración como RPM_{EV1} y RPM_{EV2} . La capacidad de refrigeración de un compresor es proporcional a la velocidad de rotación del motor interno del compresor o proporcional a otra forma de bombeo del gas de refrigeración, por ejemplo, mediante dispositivos de accionamiento lineales.

35

CAP_{COMP} : Capacidad de refrigeración de un compresor, en que el valor de la capacidad puede ser un valor único o específico para cada tubería de aspiración (CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2}).

40

T_{DS} [N.m]: Carga del motor del compresor de doble aspiración; es decir, velocidad del motor fija o variable. La carga será específica para cada una de las dos tuberías de aspiración ($T1_{DS}$ y $T2_{DS}$). La carga procesada por el motor puede ser obtenida directa o indirectamente por medio de la obtención de señales eléctricas del motor (tensión, corriente, diferencias de fase, etc.).

45

Nomenclatura adoptada en la secuencia en el caso de elementos utilizados en sistemas de refrigeración:

50

CDS (Control de la doble aspiración) Dispositivo para la activación de una válvula en un compresor de doble aspiración - Circuito electrónico capaz de activar la válvula interna del compresor de doble aspiración en un ciclo de funcionamiento D_{DS} .

55

SET (Sensor de estado de la temperatura) – Cualquier contacto o señal eléctrica cuyo estado cambia entre dos niveles, de acuerdo con ciertos valores de la temperatura, formando una ventana de histéresis. Por ejemplo, termostato electromecánico y termostato electrónico con relé de salida para activar un compresor, o un termostato electrónico con salida digital para controlar otro dispositivo de accionamiento que activa el compresor.

60

SCT (Sensor continuo de temperatura) – Cualquier sensor que suministra una magnitud física (en general, tensión o corriente eléctrica) proporcional a un valor de la temperatura (NTC, PTC, etc.).

65

SQT (Sensor de carga) – Circuito electrónico que proporciona una señal eléctrica proporcional a la carga que está siendo procesada por el motor del compresor.

ETH (Termostato electrónico) – Circuito electrónico cuyo papel principal es interpretar los estados o valores de los SET y los SCT y activar o enviar un control de accionamiento al compresor.

65

TSD (Dispositivo del momento de puesta en marcha) – Circuito electrónico responsable de realizar la puesta en marcha controlada de un motor de inducción monofásico utilizado en compresores de capacidad fija.

5 *I-VCC (Inversor del compresor de capacidad variable)* – Circuito electrónico denominado inversor de frecuencia, responsable de la activación del motor o del dispositivo de accionamiento presente en compresores de capacidad variable.

10 *CVC (Válvula de control del tubo capilar)* Dispositivo para el accionamiento de la válvula que regula la restricción del elemento capilar – Circuito electrónico capaz de activar una válvula posicionada en serie con el tubo capilar del circuito de refrigeración, con una cierta frecuencia y con un cierto ciclo de funcionamiento.

Compresor de doble aspiración

15 El compresor de doble aspiración se compone de un compresor que tiene dos tuberías de aspiración cuya conmutación se produce en el interior del compresor, en un ciclo de funcionamiento complementario. La conmutación se produce por medio de una válvula que, al conmutar una vez en cada periodo de tiempo P_{DS} , distribuye el flujo de gas medido a través de una de las tuberías de aspiración durante un periodo $D1_{DS} \times P_{DS}$ y a través de la segunda tubería de aspiración en un periodo $(1 - D1_{DS}) \times P_{DS}$. La conmutación de la válvula se lleva a cabo mediante una corriente eléctrica aplicada por medio de un dispositivo de accionamiento externo C_{DS} .

20 Posibles configuraciones del sistema de refrigeración

25 El compresor de doble aspiración que tiene un dispositivo de accionamiento o motor de velocidad variable o fija, puede ser utilizado en diferentes tipos de sistemas de refrigeración, clasificados de acuerdo con su complejidad. Esta clasificación se realiza para hacer más fácil la comprensión de los procedimientos de control a proponer, que sean adecuados para los diferentes objetivos de coste, eficiencia, rendimiento, etc.:

Sistema de baja complejidad:

30 Prioriza un producto competitivo gracias al coste/precio más bajo de los elementos utilizados. En general, utiliza un compresor con motor con velocidad de rotación fija (“compresor ON-OFF”), termostato electromecánico con control de la temperatura por histéresis (“on, off”). En algunos casos, el termostato puede ser electrónico para conseguir un mejor ajuste de la ventana de histéresis de las temperaturas controladas.

35 Sistema de complejidad media:

40 Prioriza un producto competitivo gracias al equilibrio entre coste y rendimiento mediante el consumo o el control de la temperatura. En general, se utiliza un elemento adicional o un elemento de mayor complejidad para mejorar el control de la temperatura en uno o varios compartimentos, o para reducir el consumo energético. Por ejemplo, este elemento puede ser un compresor de desplazamiento variable o un dispositivo de accionamiento de la velocidad, o motor (*Compresor de capacidad variable*, o “compresor VCC”, diseñado asimismo para tener una capacidad conseguida a través de la variación sincronizada en su estado operativo), o válvulas de medición del flujo en los elementos capilares de cada circuito de refrigeración. El termostato puede ser tanto electromecánico como electrónico.

45 Sistema de complejidad alta:

50 Prioriza un producto competitivo gracias a un mejor rendimiento (menor consumo, mejor control de la temperatura, mejor diseño, etc.). En general, se utiliza una configuración que tiene varios elementos de elevada complejidad. Por ejemplo, esta configuración puede tener un compresor de capacidad variable, válvulas de medición del flujo en los elementos capilares, termostato electrónico que lee varios sensores distribuidos en cada compartimento, etc.

55 Algunas técnicas anteriores relacionadas con compresores de doble aspiración se pueden encontrar, por ejemplo, en la patente US 2,158,542 que describe un compresor de doble aspiración que comprende dos válvulas independientes situadas en el interior del compresor. El compresor de la patente 2,158,542 tiene el inconveniente de permitir el funcionamiento de ambas válvulas de aspiración al mismo tiempo; por este motivo los componentes del compresor (condensador y motor) deben estar sobrepoteados con el objeto de soportar el funcionamiento de ambas válvulas de aspiración al mismo tiempo.

60 Adicionalmente, la patente US 5,867,995 describe un sistema de refrigeración que comprende múltiples evaporadores, estando controlado cada uno de los evaporadores por medio de una válvula de expansión. No obstante, el compresor de la patente US 5,867,995 es un compresor convencional que comprende solo una válvula de aspiración.

65 Además, en el documento US 5,184,473 se da a conocer otra técnica anterior según la cual un dispositivo de conmutación del flujo de refrigerante conduce alternativamente el flujo de refrigerante tanto desde un evaporador de alta presión o un evaporador de baja presión a un compresor de un sistema de refrigeración y a un refrigerador que utiliza dicho sistema de refrigeración, comprendiendo el sistema dos evaporadores conectados entre sí.

OBJETIVOS DE LA INVENCION

5 Los objetivos de esta invención consisten en proporcionar sistemas y procedimientos para controlar un compresor de doble aspiración para su aplicación en sistemas de refrigeración, capaz de satisfacer las diferentes demandas de coste, eficiencia y control de la temperatura por medio de dispositivos y técnicas de diferentes niveles de complejidad y diferentes configuraciones de los elementos desde el circuito de control (sensores de temperatura, dispositivos de accionamiento, controladores, etc.).

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Los objetivos de la invención se alcanzan por medio de un sistema para controlar un compresor de doble aspiración para su aplicación en sistemas de refrigeración, el sistema de refrigeración según la reivindicación 17.

15 Los objetivos de la invención se alcanzan por medio de un procedimiento para controlar un compresor de doble aspiración para su aplicación en sistemas de refrigeración, el sistema de refrigeración según la reivindicación 1.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 La presente invención será descrita a continuación con más detalle en base a las figuras:

25 Figura 1 - muestra un ejemplo de aplicación de un compresor de doble aspiración a un sistema con dos evaporadores. La figura muestra el elemento CDS para el accionamiento de la válvula de doble aspiración en el interior del compresor, el compresor con sus dos tuberías de aspiración; los dos evaporadores, cada uno con sus medios de detección de la temperatura que pueden ser mediante un elemento SET (ejemplo: termostato electromecánico) o un elemento SCT (ejemplo: NTC), los elementos CVC opcionales y las válvulas respectivas que regulan la restricción del elemento capilar;

30 Figura 2 - muestra dos formas habituales del sensor de temperatura en el compartimento con el que está acoplado cada evaporador. En la figura 2a, existe un elemento SET, en general un contacto de termostato electromecánico. En la figura 2b, la temperatura es medida a través de un elemento SCT y la información es procesada por medio de un control electrónico ETH para una implementación de actuación posterior. El elemento ETH puede enviar señales de control a otro control electrónico para activar algún dispositivo de accionamiento en el sistema, por ejemplo, para un elemento CDS responsable de la activación de la válvula del compresor de doble aspiración. Las señales de control (en este ejemplo de la figura, como referencia en el caso de D_{DS}) pueden ser discontinuas ("on" u "off") o continuas. Los niveles de temperatura obtenidos por medio del elemento SCT pueden ser procesados asimismo por medio de controles electrónicos integrados, tal como se sugiere en 8;

40 Figura 3 - muestra un diagrama clásico de un circuito de control;

Figura 4 - muestra un ejemplo de control de un compresor de doble aspiración, en el que existe información de solamente un sensor de temperatura, en este caso un elemento SET. El ciclo de funcionamiento D_{DS} tiene solo un valor fijo aplicado al compresor cada vez que es activado;

45 Figura 5 - muestra un ejemplo de control de un compresor de doble aspiración, en el que existe información de dos sensores de temperatura, en este caso dos elementos SET. El ciclo de funcionamiento D_{DS} tiene dos valores fijos aplicados al compresor cada vez que es activado; y siguiendo alguna lógica relacionada con la información de los sensores de temperatura;

50 Figura 6 - muestra un ejemplo de control de un compresor de doble aspiración, en el que existe información de un sensor de temperatura, en este caso un elemento SET. El elemento CDS activa la válvula de aspiración con el ciclo de funcionamiento D_{DS} y tiene un sensor integrado STQ de carga del motor del compresor (para la detección de T_{DS});

55 Figura 7 - muestra un ejemplo de control de un compresor de doble aspiración de capacidad variable, en el que existe información de dos sensores de temperatura, en este caso dos elementos SET. El elemento CDS activa la válvula de aspiración con el ciclo de funcionamiento D_{DS} y está integrado con el inversor I-VCC y el sensor STQ de la carga. El inversor I-VCC puede activar el compresor con capacidades diferentes para $D1_{DS}$ y $D2_{DS}$; y

60 Figura 8 - muestra un ejemplo de control de un compresor de doble aspiración de capacidad variable, en el que existe información de dos sensores de temperatura, en este caso dos elementos SCT conectados a un único control compuesto por un termostato ETH, un elemento CDS que activa la válvula de aspiración con el ciclo de funcionamiento D_{DS} , un inversor I-VCC con un sensor STQ de la carga y controles CVC.

65 Figura 9 - representa la topología del motor de inducción monofásico con las teclas de control SP y SA para el enrollado de la bobina principal P y de la bobina A de puesta en marcha. Asimismo representa las tensiones de

alimentación VR y la corriente en el devanado principal IP. El nivel actual (IP) observado en la bobina principal (P) es proporcional al nivel de carga (par T) aplicado al motor.

Figura 10 - estos diferentes puntos de carga o par (Carga 1 y Carga 2) implican niveles de corriente (IP1 e IP2).

Figuras 11 y 12 - representan los niveles de corriente observados en el devanado de trabajo del motor cuando opera con diferentes cargas (Carga 1 y Carga 2) y está asimismo representada la separación (F1, F2) entre el vector de corriente (IP) y el vector de tensión (VR) de la red, respectivamente. Este ángulo cambia con el nivel de carga del motor (Carga).

Figura 13 - representa el sistema de control completo conectado al compresor, y el módulo de control (Control) recibe información de la tensión de la red (VR), la información actual de la corriente en el devanado principal del motor (IP) y este nivel de corriente cambia entre los valores (IP1 e IP2) dependiendo de si el compresor está conectado a la aspiración 1 o a la aspiración 2. Este control (Control) calcula, de acuerdo con esta información de la carga y de los parámetros predefinidos, los instantes en que debe ser activada la válvula de aspiración (CDS) mediante la señal de control (control de la válvula de aspiración).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS Y DE LA INVENCION

Elementos y variables del circuito de control

Considerando el diagrama clásico de un circuito de control (figura 3), se realiza una breve descripción de los elementos existentes en un sistema de refrigeración que tiene un compresor de doble aspiración.

SISTEMA BÁSICO

El sistema básico a controlar se compone, como mínimo, de los elementos pasivos de un circuito de refrigeración, tales como los elementos del intercambiador de calor (condensador -30- y evaporador -20-) y elementos de restricción (tubo capilar). Los compartimentos a refrigerar son componentes indirectos del suelo, una vez están acoplados térmicamente con los evaporadores.

En los casos en que se utiliza el compresor de doble aspiración, existen como mínimo dos evaporadores, estando cada uno de ellos acoplado con un compartimento diferente del sistema de refrigeración (por ejemplo, un compartimento de congelación y un compartimento de refrigeración).

DISPOSITIVOS DE ACCIONAMIENTO

Los dispositivos de accionamiento son los elementos activos en el interior de un circuito de refrigeración, tales como el compresor (en este caso, un compresor de doble aspiración), la válvula interna del compresor para conmutar la tubería de aspiración, y una o dos válvulas que regulan la restricción del elemento capilar de cada evaporador. Otros dispositivos de accionamiento pueden estar presentes, dependiendo de la complejidad y del alcance del suelo, tales como amortiguadores, ventiladores, válvulas de bloque, etc.

El compresor de doble aspiración puede tener un motor convencional o un motor con velocidad de rotación variable, un motor de desplazamiento lineal y de frecuencia fija o variable. En el compresor de capacidad fija, o compresor "ON-OFF", existen dos situaciones ("on" y "off") en las que la capacidad de bombeo del gas refrigerante es fija cuando está "on" (conectado). En el compresor de capacidad variable o "VCC", el bombeo del gas refrigerante es regulado de acuerdo con la rotación del motor o con el desplazamiento y la frecuencia de un dispositivo de accionamiento lineal, y puede existir una capacidad específica para cada una de las dos tuberías de aspiración.

En el caso de la válvula interna del compresor de doble aspiración, dicha válvula actúa distribuyendo el gas refrigerante a ambas tuberías de aspiración, donde siempre habrá una de las tuberías transportando el gas y nunca dos tuberías que lo transporten en el mismo momento ($D1_{DS} + D2_{DS} = 1$). El dispositivo de accionamiento de la tubería de aspiración del compresor opera a alta frecuencia si se compara con la dinámica del sistema de refrigeración; de este modo, ambos evaporadores transportan el gas refrigerante con unas pulsaciones procedentes de la conmutación de la válvula de aspiración prácticamente imperceptibles para la capacidad de intercambio de calor de los evaporadores.

En sistemas de alta complejidad, pueden existir válvulas que regulen la restricción de los tubos capilares. Estos dispositivos de accionamiento operan a una frecuencia diferente de la utilizada para la conmutación de la válvula interna del compresor de doble aspiración, de modo que se evitan inestabilidades en el sistema. En un sistema que tiene un compresor de doble aspiración y, como mínimo, dos evaporadores, cada evaporador tiene su elemento capilar y, por consiguiente, cada evaporador puede tener una válvula en serie que regula la restricción asociada a su tubo capilar.

CONTROLADOR

5 Es el elemento responsable del control de los dispositivos de accionamiento de acuerdo con el valor del error entre la variable de referencia y el valor real de la cantidad controlada. El controlador puede ser de muy baja complejidad, siendo solamente un control "on" y "off", mientras que puede ser progresivamente más complejo, siendo capaz de recibir e interpretar información referente a diversas cantidades del suelo, y controlando simultáneamente varios dispositivos de accionamiento mediante señales discontinuas o continuas.

10 En un sistema de baja complejidad, equipado con un compresor de doble aspiración, el controlador recibirá, como mínimo, información de la temperatura de uno o varios termostatos electromecánicos. Y, en base a su lógica de control, controlará los dispositivos de accionamiento: válvula de aspiración y motor del compresor.

15 En un sistema de alta complejidad, equipado con un compresor de doble aspiración de capacidad variable, y asimismo, de válvulas de regulación para uno o varios tubos capilares, el controlador puede recibir un conjunto de información mayor, tal como la temperatura real en diferentes puntos del sistema, la carga procesada por el motor interno del compresor, el consumo del compresor, etc. Y, en base a su lógica de control, controlará los diversos dispositivos de accionamiento: válvula de aspiración del compresor, velocidad o desplazamiento del motor para cada tubería de aspiración, válvula o válvulas que regulan el tubo o tubos capilares, etc.

20 SENSORES

25 En un sistema de refrigeración, el sensor más elemental es el sensor de temperatura o termostato, que puede ser SET (en general electromecánico) o SCT (sensor acoplado con un control electrónico o termostato electrónico). El primer tipo, SET electromecánico, es ampliamente utilizado en sistemas de refrigeración de bajo coste y baja complejidad y proporciona información sobre la situación del sistema; esto es, si la temperatura medida alcanzó una de las dos válvulas que determina una ventana de histéresis. En el caso del termostato electrónico SCT de mayor coste y complejidad, la temperatura es medida real y continuamente (excepto los errores de medición que surgen de la tolerancia del sensor de temperatura, la calidad del acoplamiento térmico, etc.). La información sobre la temperatura real es procesada por medio de un circuito electrónico en el que, en este proceso, el valor de la temperatura es traducido en señales eléctricas para las acciones de control consiguientes del sistema de refrigeración.

30 Como una forma indirecta de monitorizado del trabajo que está siendo realizado por un circuito de refrigeración, es posible monitorizar la carga procesada por el motor utilizado en el compresor, tanto de velocidad fija como variable, o de desplazamiento. El sensor de carga STQ, a su vez, se compone de sensores que monitorizan magnitudes eléctricas del motor (tales como corriente, tensión, frecuencia, separación, etc.).

35 Otros tipos de sensores pueden estar presentes en sistemas de refrigeración equipados con el compresor de doble aspiración, por ejemplo, sensores de consumo de energía eléctrica, sensores de apertura de puertas, sensores de presión, etc.

40 REFERENCIAS - $r(t)$:

45 Estos son los valores deseables para las cantidades controladas. En un sistema de refrigeración con compresor de doble aspiración, en general, las referencias están relacionadas con las temperaturas en los evaporadores (o en los compartimentos), en los valores de la carga del motor para cada una de las dos aspiraciones, etc.

PERTURBACIÓN - $d(t)$:

50 Es toda interferencia externa al suelo del sistema. En cualquier sistema de refrigeración, las perturbaciones más corrientes son la apertura de puertas y la adición de carga térmica en uno o varios compartimentos.

CANTIDADES CONTROLADAS:

55 Son todas las cantidades físicas que se desea controlar. Dichas cantidades pueden ser monitorizadas directamente o indirectamente mediante los sensores; o estimadas en base a un modelo teórico del sistema.

60 Dependiendo de la complejidad del sistema de refrigeración equipado con compresor de doble aspiración, dichas cantidades pueden variar desde una única temperatura hasta un conjunto de variables que deben ser priorizadas (temperaturas, consumo, velocidad de respuesta, etc.).

VARIABLES DE ACCIONAMIENTO - "ON-OFF", CAP_{COMP} , D_{DS} , etc.:

65 Estas variables son variables de control discontinuas o continuas aplicadas a los dispositivos de accionamiento. En un sistema de refrigeración con un compresor de doble aspiración, las principales variables de accionamiento están relacionadas con el funcionamiento del compresor ("on", "off", valor de la capacidad) y el funcionamiento de la válvula interna del compresor (ciclo de funcionamiento y frecuencia de conmutación de la válvula).

Ajuste de la capacidad en el caso de dos circuitos de refrigeración

5 En un sistema de refrigeración equipado con un compresor de doble aspiración, existen como mínimo dos evaporadores con capacidades de refrigeración determinadas por el ciclo de funcionamiento de la válvula interna del compresor. Como la válvula conmuta a alta frecuencia si se compara con la dinámica del sistema de refrigeración, los evaporadores transportan el gas refrigerante con pulsaciones prácticamente imperceptibles para la capacidad de intercambio de calor (CAP_{EV}) de los evaporadores.

10 De este modo, es factible una capacidad de refrigeración para cada evaporador (CAP_{EV1} , CAP_{EV2}) que puede ser variable de acuerdo con el ciclo de funcionamiento de la válvula interna del compresor y el valor de la capacidad del compresor.

15 En un sistema con un compresor de capacidad fija ("ON"-“OFF”), la variación de la capacidad de cada evaporador depende de la del otro, dado que los ciclos de funcionamiento de ambas aspiraciones son complementarios ($D1_{DS} + D2_{DS} = 1$). En otras palabras, con el compresor conectado:

$$CAP_{EV1} \propto CAP_{COMP} \times D1_{DS}$$

$$CAP_{EV2} \propto CAP_{COMP} \times (1 - D1_{DS})$$

$$CAP_{COMP} \propto CAP_{EV1} + CAP_{EV2}$$

20 En que CAP_{COMP} = Capacidad suministrada por el compresor
 CAP_{EV1} = capacidad del evaporador 1;
 CAP_{EV2} = capacidad del evaporador 2;

25 En un sistema con un compresor de capacidad variable, la variación de la capacidad de cada evaporador puede ser controlada dentro de un margen más amplio, e incluso desacoplada entre los dos evaporadores gracias al ajuste independiente de la capacidad del compresor para cada tubería de aspiración. Por ejemplo, un compresor de capacidad variable equipado con un motor rotativo y estando el motor conectado con una velocidad de rotación del mismo valor para las dos tuberías de aspiración, (RPM_{SET}) la variación de la capacidad de cada evaporador dependerá de su velocidad de rotación y del ciclo de funcionamiento de la aspiración:

30

$$CAP_{EV1} \propto \frac{RPM_{SET}}{RPM_{MAX}} \times D1_{DS}$$

$$CAP_{EV2} \propto \frac{RPM_{SET}}{RPM_{MAX}} \times (1 - D1_{DS})$$

$$CAP_{COMP} \propto CAP_{EV1} + CAP_{EV2}$$

En que: RPM_{SET} = Velocidad de rotación del motor, que se mantiene la misma en ambas tuberías de aspiración

35 RPM_{MAX} = velocidad de rotación máxima del motor del compresor VCC.

Con el compresor VCC de motor rotativo funcionando a diferentes velocidades de rotación para cada una de las dos tuberías de aspiración, la variación de la capacidad se puede conseguir de una manera independiente para cada evaporador:

$$CAP_{EV1} \propto \frac{RPM_{EV1}}{RPM_{MAX}} \times D1_{DS}$$

$$CAP_{EV2} \propto \frac{RPM_{EV2}}{RPM_{MAX}} \times (1 - D1_{DS})$$

40

$$CAP_{COMP} \propto CAP_{EV1} + CAP_{EV2}$$

En que: RPM_{EV1} y RPM_{EV2} = Velocidad de rotación del motor para cada una de las tuberías de aspiración.

Procedimientos de control propuestos para el compresor de doble aspiración

Se proponen procedimientos de control para sistemas de refrigeración equipados con compresor de doble aspiración, un compresor tanto de capacidad fija como variable. Los procedimientos son mencionados en orden ascendente de complejidad, buscando destacar las ventajas competitivas para cada solución, tanto por bajo coste, bajo error de temperatura, bajo consumo, etc.

1. Sistema con dos evaporadores como mínimo, con compresor de doble aspiración tal como "ON"- "OFF", un único sensor SET de temperatura y un único valor de la proporción D_{DS} :

Qué: La configuración para la activación y el control del compresor de doble aspiración "ON"- "OFF" con ciclo de funcionamiento fijo (D_{DS}), en que el control del compresor "on - off" procede de un único elemento SET (por ejemplo, el contacto de un termostato electromecánico). La figura 4 ejemplifica la configuración en la que el elemento SET es un contacto que, aparte de alimentar el compresor, alimenta asimismo el elemento CDS 90.

SET	D1DS	D2DS	Compresor
OFF	OFF	OFF	OFF
ON	D_{FIJO}	$1 - D_{FIJO}$	ON

Por qué: Tener una opción para aplicaciones de bajo coste, en las que solamente existe un termostato electromecánico y la electrónica CDS -90- activa las aspiraciones con un ciclo de funcionamiento fijo, por ejemplo, por medio de un temporizador sencillo y de bajo coste.

Nota 1: Existe 1 elemento SET (por ejemplo, termostato electromecánico) y 1 como valor para el ciclo de funcionamiento D_{DS} .

Nota 2: En este caso, uno de los evaporadores estará en "circuito abierto" a continuación del ciclo del otro evaporador monitorizado por el termostato.

2. Sistema con dos evaporadores, como mínimo, con compresor de doble aspiración tal como "ON - OFF", dos sensores SET de temperatura y dos posibles valores para la proporción DDS :

Qué: Igual que la configuración anterior, no obstante con dos valores fijos para el ciclo de funcionamiento D_{DS} (ejemplo: 80, 20% y 20, 80%), un primer valor $D1'_{DS}$ que es más elevado que $D2'_{DS}$ y un segundo valor $D1''_{DS}$ que es más bajo que $D2''_{DS}$, con dos sensores SET de temperatura (por ejemplo, dos termostatos electromecánicos). En este caso el compresor se desconecta cuando ambos termostatos alcanzan sus valores de temperatura de referencia "set-points" (puntos fijados). Si el evaporador que está recibiendo, en este ejemplo, el 80% de la capacidad del compresor alcanza su temperatura de "set-point" antes que el otro, el control CDS de la válvula de aspiración puede modificar el ciclo de funcionamiento D_{DS} a su segundo valor fijo aplicando la capacidad más grande al evaporador en el que el termostato no ha alcanzado todavía su "set-point". La figura 5 ejemplifica la configuración, en la que los elementos SET son contactos de termostatos electromecánicos, los cuales aparte de alimentar el compresor, alimentan también el elemento CDS -90-. No obstante, la alimentación del elemento CDS -90- puede ser independiente de los elementos SET.

SET1	SET2	D1DS	D2DS	Compresor
OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
OFF	ON	$1 - D2''_{DS}$	$D2''_{DS} > D1''_{DS}$	ON
ON	OFF	$1 - D2''_{DS}$	$D2'_{DS} < D1'_{DS}$	ON
ON	ON	$1 - D2''_{DS}$	$D2'_{DS}$ o $D2''_{DS}$	ON

Por qué: Reduce el error de la temperatura no controlada en la solución de la configuración anterior. El ciclo de funcionamiento elevado (ejemplo: congelador 80%, refrigerador 20%) genera un exceso de capacidad en el congelador -60- (primer entorno refrigerado) y genera falta de capacidad en el refrigerador -70- (segundo entorno refrigerado). El ciclo de funcionamiento bajo es el inverso. En esta configuración existirá un elemento SET dominante (termostato) o el elemento que alcanza primero su "set-point".

Nota 1: Existen dos elementos SET (termostatos electromecánicos) y dos posibles valores para el ciclo de funcionamiento D_{DS} .

Nota 2: Ambos evaporadores estarán en ciclo cerrado; sin embargo uno de ellos tendrá prioridad haciendo que la temperatura en el segundo evaporador sea todavía capaz de pasar fuera de los límites de la histéresis del termostato. Para reducir este error se sugiere la configuración siguiente.

5
3. Sistema con dos evaporadores como mínimo, con compresor de doble aspiración tal como "ON"- "OFF", dos sensores de temperatura SET y tres o más posibles valores para la proporción DDS:

10
Qué: Igual que la configuración anterior, sin embargo con tres o más valores fijos para el ciclo de funcionamiento D_{DS} (ejemplo: 50, 50%; 20, 80% y 80, 20%) con dos elementos SET. El ciclo de funcionamiento D_{DS} es escogido entre tres o más valores fijos, mediante la combinación de ambos termostatos. Tomando la figura 5 como referencia, la situación en que ambos elementos SET están en ("ON") tiene un tercer valor de D_{DS} , que puede ser, por ejemplo, (50, 50%). Por consiguiente, puede ser necesario un control electrónico CDS -90- con una capacidad mínima de procesamiento para interpretar estas combinaciones y controlar la válvula de aspiración.

15
Por qué: Reduce el error de la temperatura en el segundo evaporador, error que existe en la configuración anterior.

Nota 1: Existen 2 elementos SET y 3 o más posibles valores para el ciclo de funcionamiento D_{DS} .

20
Nota 2: Un valor intermedio para el ciclo de funcionamiento reduce la oscilación de la temperatura de un segundo evaporador. Esta configuración ya no resulta interesante (coste) si la solución requiere un dispositivo electrónico idéntico al de la configuración sugerida en 4 (con la utilización, por ejemplo, de un microcontrolador). En otras palabras, la siguiente configuración ofrece un control mejor que el de esta configuración y solamente presentará inconvenientes si tiene un mayor coste de la electrónica.

25
4. Sistema con dos evaporadores como mínimo, con un compresor de doble aspiración tal como "ON - OFF", dos sensores de temperatura (tanto SET como SCT) y un valor continuo para la proporción DDS:

30
Qué: Configuración para la activación y el control de un compresor de doble aspiración "ON - OFF" con ciclo de funcionamiento D_{DS} variable y continuo dentro de un margen de trabajo (0 a 100%), definido en base a la lectura de ambos termostatos tanto SET como SCT.

35
Por qué: Se tiene un ajuste continuo del ciclo de funcionamiento D_{DS} para buscar un error cero (mantenido dentro de la histéresis), como mínimo en dos evaporadores (congelador -60- y refrigerador -70-), mejorando el rendimiento y la eficiencia del sistema de refrigeración.

Nota 1: Existen 2 sensores de temperatura (termostatos electromecánicos o electrónicos, tales como SET o SCT), y ciclo de funcionamiento D_{DS} con un valor continuo dentro de un margen.

40
Nota 2: Un control electrónico que tiene capacidad de procesamiento de señales deberá ajustar el ciclo de funcionamiento D_{DS} mediante un algoritmo para el control de las temperaturas de los evaporadores, tomando como realimentación los pulsadores de control "on" y "off" de ambos termostatos SET (por ejemplo, electromecánicos), o los valores de la temperatura medidos mediante termostatos electrónicos SCT (la figura 4 muestra ejemplos de la utilización de sensores de temperatura SET y SCT).

45
Nota 3. Una de las ventajas de utilizar esta configuración es la posibilidad de controlar la válvula de aspiración con un ciclo de funcionamiento D_{DS} ideal para obtener un punto de funcionamiento en el que ambos termostatos consiguen sus respectivas temperaturas de "set-point" al mismo tiempo, cuando están en régimen permanente. Con este objetivo, el control debe tener un algoritmo que busque este punto de funcionamiento en base a la realimentación de ambos termostatos. Haciendo que una de las variables controladas esté en el punto en que las temperaturas monitorizadas (primera temperatura T1 y segunda temperatura T2) alcanzan sus respectivos valores de referencia, es posible hacer que el tiempo de funcionamiento del compresor ("on") sea el mínimo, es decir, el compresor no necesita estar en "on" (conectado) debido a que un solo compartimento no ha alcanzado la temperatura deseada. De este modo, cuando la temperatura en un primer compartimento (T1) está por encima del valor de referencia, se incrementa el ciclo de funcionamiento de aspiración $D1_{DS}$ y; de manera idéntica, cuando la temperatura en un segundo compartimento (T2) está por encima del valor de referencia, se incrementa el ciclo de funcionamiento de aspiración $D2_{DS}$.

60
5. Sistema con dos evaporadores como mínimo, con compresor de doble aspiración tal como "ON - OFF", uno o dos sensores de temperatura (SET o SCT), un sensor STQ de carga T_{DS} del motor, y un valor continuo para la proporción D_{DS} :

65
Qué: Configuración para activar y controlar un compresor de doble aspiración "ON - OFF" con ciclo de funcionamiento D_{DS} variable y continuo dentro de un margen de trabajo, definido en base a la lectura de un único sensor de temperatura situado en uno de los evaporadores, y en la lectura de la carga procesada por el motor para cada tubería de aspiración ($T1_{DS}$ y $T2_{DS}$). Se excluye la necesidad de un segundo sensor de temperatura; no

obstante, un segundo sensor, situado en el segundo evaporador puede ser utilizado para controlar mejor la temperatura. La figura 6 ejemplifica la configuración en la que existe un sensor SET (por ejemplo, electromecánico).

5 *Por qué:* Reduce el error de la temperatura de los evaporadores en un sistema con un solo sensor de temperatura, obteniendo rendimiento y eficiencia con una configuración de un coste más bajo que el sugerido en la configuración 4.

Nota 1: Existe, como mínimo, un sensor de temperatura SET o SCT (esto es, como mínimo un evaporador tiene su temperatura medida) y el ciclo de funcionamiento D_{DS} con un valor continuo está dentro de un margen.

10 *Nota 2:* Si existe un conocimiento previo del sistema de refrigeración que relacione la carga del motor con la carga térmica de cada evaporador ($T1_{DS}$ y $T2_{DS}$) y la temperatura del compartimento monitorizado ($T1$), es posible estimar la temperatura en el compartimento no monitorizado ($T2$). De este modo, el sistema de control actuará sobre el ciclo de funcionamiento D_{DS} hasta que las cargas $T1_{DS}$ y $T2_{DS}$ junto con la lectura de los sensores SET o SCT del compartimento monitorizado alcancen un valor que corresponda al valor de la temperatura estimada para el
15 compartimento no monitorizado.

6. Sistema con dos evaporadores como mínimo, con compresor de doble aspiración VCC, dos sensores de temperatura (SET o SCT), un valor continuo para el ciclo de funcionamiento D_{DS} y un valor de la capacidad independiente del compresor para cada tubería de aspiración:

20 *Qué:* Configuración en la que el sistema de control define la capacidad requerida por cada compartimento o evaporador del sistema y regula estas capacidades CAP_{EV} por medio de ajustes del ciclo de funcionamiento D_{DS} de aspiración y por medio de la capacidad del compresor. Puede existir una capacidad del compresor para cada compartimento ($CAP_{COMP1} \neq CAP_{COMP2}$), o una capacidad fija ($CAP_{COMP1} = CAP_{COMP2}$), priorizando la mayor eficiencia o la menor variación de capacidad del compresor.

25 *Por qué:* Por medio del ajuste independiente de la capacidad en cada evaporador, es posible reducir el consumo una vez que uno de los evaporadores no tenga su rendimiento afectado por transiciones ocasionales de la carga térmica en el segundo evaporador. Existe asimismo una reducción del consumo por medio de la obtención de una capacidad que sea menor que la capacidad mínima obtenida solamente por medio de la capacidad convencional variable del compresor; esto es, la capacidad de cada evaporador está definida por la capacidad mínima del compresor y por el
30 ciclo de funcionamiento D_{DS} , haciendo factible una capacidad más baja y un ciclo más bajo del compresor.

Nota 1: Existen dos sensores de temperatura (SET o SCT), un ciclo de funcionamiento D_{DS} con valor continuo dentro de un margen, y capacidades del compresor iguales o diferentes para cada tubería de aspiración (CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2}).

35 *7. Sistema con dos evaporadores como mínimo, con compresor VCC de doble aspiración, uno o dos sensores de temperatura (SET o SCT), un sensor TDS de la carga del motor, un valor continuo para el ciclo de funcionamiento D_{DS} y un valor de la capacidad independiente del compresor para cada tubería de aspiración:*

Qué: Configuración idéntica a la anterior, sin embargo con la adición de un sensor para la carga T_{DS} procesada por el motor. En esta configuración, tanto el ciclo de funcionamiento D_{DS} (variable y continuo dentro de un margen de
40 trabajo) y las capacidades del compresor CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2} , o una combinación de ambas variables de accionamiento, están definidos en base a la lectura de uno o dos sensores de temperatura (SET o SCT) y en la lectura de las cargas $T1_{DS}$ y $T2_{DS}$. Mediante la combinación de esta configuración con la propuesta en 5, es posible realizar el control del sistema con un único sensor SET (ejemplo: termostato electromecánico), y la temperatura en el evaporador no monitorizado ($T2$) es estimada en base al conocimiento previo de la relación entre la temperatura en el
45 otro evaporador ($T1$) y en las cargas $T1_{DS}$ y $T2_{DS}$.

Por qué: Un ajuste apropiado de la capacidad del compresor de doble aspiración, sin necesidad de termostato electrónico ETH en el sistema, pero de uno o dos sensores SET (por ejemplo: termostatos electromecánicos) y un sensor para las cargas $T1_{DS}$ y $T2_{DS}$. Ver la figura 7.

50 *Nota 1:* Existen uno o dos sensores de temperatura (SET o SCT), un ciclo de funcionamiento D_{DS} con valor continuo dentro de un margen, y capacidades del compresor que son iguales o diferentes para cada tubería de aspiración (CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2}).

8. Sistema con dos evaporadores como mínimo, con compresor de doble aspiración tal como "ON - OFF", uno o dos sensores de temperatura (SET o SCT), un control capaz de activar y cuantificar la carga de un motor de inducción y un valor continuo para el ciclo de funcionamiento D_{DS} :

55 *Qué:* Configuración para activar y controlar un compresor de doble aspiración "ON - OFF" con ciclo de funcionamiento D_{DS} variable y continuo dentro de un margen de trabajo, definido en base a la lectura de uno o dos sensores (SET o SCT), y en la lectura de la carga requerida por el motor de inducción para cada tubería de

aspiración. En esta configuración, el sistema está equipado con un compresor de doble aspiración, tal como "ON - OFF", que tiene un motor de inducción monofásico, el controlador podrá controlar simultáneamente la potencia proporcionada al motor de inducción desde la red de corriente alterna de 50 Hz, 60 Hz, u otra frecuencia y tensión proporcionada por la red comercial de energía, y controlar la válvula instalada en la aspiración del compresor mediante la utilización de la información calculada por el controlador del motor relativa al nivel de carga bajo la que está funcionando este motor de inducción y, en base a una lógica de control, decidir acerca de la proporción de tiempo o el número de ciclos de compresión que el compresor activará para bombear el gas de cada una de las tuberías de aspiración. Este controlador del compresor puede tener, como mínimo, un conmutador bilateral controlable (tal como un Triac) conectado en serie al devanado principal o a uno para el funcionamiento del motor, mientras que el controlador mide la diferencia de fase entre la tensión y la corriente aplicada a este motor, lo que permite deducir el nivel de carga al que está sometido el motor, siendo posible deducir, con el tiempo, la evolución de esta carga aplicada al eje del motor, permitiendo deducir la proporción y la evolución entre las cargas $T1_{DS}$ y $T2_{DS}$ cuando funciona conectado a la primera o a la segunda tuberías de aspiración, pudiendo el controlador decidir sobre el momento de apertura de la válvula de aspiración de acuerdo con una lógica predefinida. Esta carga aplicada al motor cuando está conectado a cada una de las tuberías de aspiración mantiene una proporción principalmente con las presiones de evaporación y, en consecuencia, con las temperaturas de evaporación en cada evaporador.

Integración de los controladores a otros elementos del sistema

Existen sugerencias de posibles realizaciones prácticas del control del compresor de doble aspiración integrado en un sistema de refrigeración, en las que los elementos "dispositivos de accionamiento", "controles", "sensores", entradas para la lectura del sensor y salidas de tensión y corriente pueden ser integrados en un único control electrónico ya utilizado para realizar otras funciones en el interior del sistema de refrigeración.

Se sugieren los siguientes controles integrados para el compresor de doble aspiración:

A. CDS con temporizador fijo: Control electrónico con la función principal de activación de la válvula de aspiración con un único ciclo de funcionamiento fijo, cada vez que actúa un único elemento SET (ver figura 4). El control tiene un circuito temporizador simple para definir el ciclo de funcionamiento D_{DS} y puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor. El control y el compresor pueden recibir o no alimentación procedente del cierre del elemento SET. Control de bajo coste y complejidad, que satisface las necesidades de la configuración para la activación y el control de acuerdo con 1.

B. CDS con temporizadores fijos y sensores de dos elementos SET: Control electrónico con la función principal de activación de la válvula de aspiración con uno o dos ciclos de funcionamiento prefijados D_{DS} , en los que cada una de las dos válvulas D_{DS} se refiere a la actuación de uno de los dos elementos SET del sistema (ver figura 5). El control tiene un circuito con temporizadores simples para definir las dos válvulas D_{DS} ; tiene sensores para identificar la situación de ambos elementos SET y puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor. El control y el compresor pueden recibir o no alimentación procedente del cierre de los elementos SET. Control de bajo coste y complejidad, que satisface las necesidades de la configuración para la activación y el control de acuerdo con 2.

C. CDS con temporizadores fijos, capacidad de procesamiento lógico y sensores de dos elementos SET: Control electrónico con la función principal de activación de la válvula de aspiración con uno de tres o más ciclos de funcionamiento prefijados D_{DS} , en los que la utilización de cada uno de los valores de D_{DS} está condicionada a una lógica de control basado en la situación de, como mínimo, dos elementos SET del sistema. El control tiene un circuito con temporizadores simples para definir los valores fijos de D_{DS} ; un circuito lógico capaz de definir el mejor valor de D_{DS} en base a la situación de los elementos SET; tiene sensores para identificar la situación de los elementos SET y puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor. El control CDS y el compresor pueden recibir o no alimentación procedente del cierre de los elementos SET. Control de coste y complejidad medios, que satisface las necesidades de la configuración para la activación y el control de acuerdo con 3.

D. CDS con capacidad de procesamiento digital, y sensores de dos elementos SET: Control electrónico con la función principal de activación de la válvula de aspiración con un ciclo de funcionamiento continuo D_{DS} dentro de un margen, en el que el valor de D_{DS} es ajustado continuamente de acuerdo con la lógica de control basada en la situación de, como mínimo, dos elementos SET del sistema. El control tiene un elemento de procesamiento digital (microcontrolador o DSP - Procesador digital de señales); una lógica capaz de definir el mejor valor de D_{DS} en base a la situación de los elementos SET; tiene sensores para identificar la situación de los elementos SET y puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor. El control CDS y el compresor pueden recibir o no alimentación procedente del cierre de los elementos SET. Si es necesario tener la historia de las activaciones de los elementos SET para definir el mejor valor de D_{DS} , el elemento CDS -90- debe estar activado permanentemente o tener la capacidad de memorizar su situación antes de la desconexión simultánea de los elementos SET. Control de coste y complejidad elevados, que satisface las necesidades de la configuración para la activación y el control de acuerdo con 4.

E. CDS con capacidad de procesamiento digital, que tiene un elemento STQ y sensores de uno o dos elementos SET: Control electrónico con la función principal de activación de la válvula de aspiración con un ciclo de

funcionamiento continuo D_{DS} dentro de un margen, en el que el valor de D_{DS} es ajustado continuamente de acuerdo con la lógica de control basada en la situación de uno o dos elementos SET del sistema, y en los valores de la carga procesados por el motor del compresor, obtenidos mediante el elemento STQ. La figura 6 muestra la configuración en la que existe solamente un elemento SET. El control tiene un elemento de procesamiento digital (microcontrolador o DSP), una lógica capaz de definir el mejor valor de D_{DS} en base a la situación de uno o dos elementos SET; un elemento STQ, y tiene sensores para identificar la situación de hasta dos elementos SET, y puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor. Control de coste y complejidad elevados, que satisface las necesidades de la configuración para la activación y el control de acuerdo con 5.

10 *F. Seguidor de control CDS.* Control electrónico con la función principal de activación de la válvula de aspiración con un ciclo de funcionamiento continuo D_{DS} dentro de un margen, en el que el valor de D_{DS} es ajustado continuamente de acuerdo con las señales de control procedentes de otro control electrónico tal como un ETH (ver, por favor, la figura 2b) o el control I-VCC. El control tiene un circuito que sigue las señales de control, traduciéndolas en valores del ciclo de funcionamiento de D_{DS} . Puede ser construido de modo que esté acoplado o no al compresor, o junto con los controles ETH o I-VCC. Control de coste y complejidad bajos siendo uno de los elementos necesarios para llevar a cabo la configuración para la activación y el control según 6.

15 *G. CDS integrado al control I-VCC.* Conjunto electrónico único que contiene el control I-VCC y el control CDS descrito en *Seguimiento del control CDS*. En este control integrado, el valor de D_{DS} y de la capacidad del compresor VCC (CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2}) son ajustados continuamente de acuerdo con los controles procedentes de un control ETH. Puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor. Control de coste y complejidad elevados, siendo una de las formas de llevar a cabo la configuración para la activación y el control según 6.

20 *H. CDS integrado con los controles I-VCC y ETH:* Conjunto electrónico único que contiene los controles I-VCC y ETH, y el control CDS descrito en *Seguimiento del control CDS*. En este control integrado, el valor de D_{DS} y de la capacidad del compresor VCC (CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2}) son ajustados continuamente de acuerdo con la lógica de control basada en las lecturas de los sensores SCT del sistema. El control tiene un elemento de procesamiento digital (microcontrolador o DSP); una lógica capaz de definir el mejor conjunto de variables de accionamiento (D_{DS} , CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2}) basada en las lecturas de los sensores SCT, y puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor. Control de coste y complejidad elevados, siendo una de las formas de llevar a cabo la configuración para la activación y el control según 6.

25 *I. CDS integrado con los controles I-VCC, que tiene un elemento STQ.* Conjunto electrónico único que contiene controles I-VCC y CDS tales como los descritos en *Seguimiento del control CDS*, comprendiendo además un elemento STQ (ver figura 7). En este control integrado el valor de D_{DS} y de la capacidad del compresor VCC (CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2}) son ajustados continuamente de acuerdo con la situación de uno o dos elementos SET del sistema, y a los valores de la carga procesados por el motor del compresor, obtenidos mediante el elemento STQ. El control tiene un elemento de procesamiento digital (microcontrolador o DSP); una lógica capaz de definir el mejor conjunto de variables de accionamiento (D_{DS} , CAP_{COMP1} y CAP_{COMP2}) basada en la situación de uno o dos elementos SET; un elemento STQ tiene sensores para identificar la situación de hasta dos elementos SET, y puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor. Control de coste y complejidad elevados, siendo una de las formas de llevar a cabo la configuración para la activación y el control según 7.

30 *J. CDS integrado con el control TSD:* Conjunto electrónico según “CDS con temporizador fijo”, “CDS con temporizadores fijos y sensores de dos elementos SET”, “CDS con temporizadores fijos, capacidad lógica de procesamiento y sensores de dos elementos SET”, “CDS con capacidad lógica de procesamiento y sensores de dos elementos SET”, “CDS con capacidad lógica de procesamiento digital que tiene un elemento STQ y sensores de uno o dos de los elementos SET” y, “Seguidor CDS de controles”, integrados con el control TSD.

35 *K. CDS integrado con el control CVC:* Conjunto electrónico según “CDS con capacidad de procesamiento digital y sensores de dos elementos SET”; y “CDS con capacidad de procesamiento digital, que tiene un elemento STQ y sensores de uno o dos elementos SET” integrados con el control CVC -80-, en el que un único elemento de procesamiento digital (microcontrolador o DSP) define las variables de accionamiento de D_{DS} y el ciclo de funcionamiento de la válvula o válvulas -40- que regulan la restricción -50- del elemento capilar (ver, por favor la figura 8).

40 *L. CDS integrado con el control CVC, seguidor de controles:* Conjunto electrónico según “CDS seguidor de controles”, integrado con el control CVC -80-, con dos circuitos que siguen señales de control, traduciéndolas en valores del ciclo de funcionamiento D_{DS} y del ciclo de funcionamiento de la válvula o válvulas -40- que regulan la restricción -50- del elemento capilar. Puede ser construido de modo que esté acoplado o no con el compresor.

Una posible solución alternativa para la lógica de control del sistema está representada en las figuras 9, 10, 11, 12 y 13.

60 En esta solución, un refrigerador compuesto por un compresor, con dos aspiraciones como mínimo, teniendo el refrigerador como mínimo dos evaporadores, un condensador, como mínimo un sensor de temperatura situado en

5 uno de los compartimentos a refrigerar que tiene tubos capilares conectados a cada uno de los evaporadores y, como mínimo, una válvula para controlar el flujo de una de las aspiraciones, un control electrónico conectado operativamente al compresor y a la válvula para el control de la aspiración, capaz de detectar, como mínimo, el punto de carga del compresor mediante un proceso que puede ser la observación de la corriente de entrada o la observación de la separación entre la corriente y la tensión aplicadas al motor del compresor, y de controlar la apertura de la válvula de aspiración o la situación de cierre, en la que el compresor tiene su situación de funcionamiento en "on" u "off" determinada en base a la observación de la temperatura, como mínimo en uno de los compartimentos, caracterizada por que el controlador electrónico mantiene la válvula de aspiración alternativamente abierta y cerrada, en una relación de tiempos calculada de acuerdo con una función matemática que considera los parámetros fijos relacionados con características predefinidas del sistema de refrigeración, y los parámetros de carga medidos en el compresor cuando es conectado alternativamente a la tubería de aspiración del congelador o del refrigerador.

10 Esta función matemática considera parámetros predefinidos del proyecto en el sistema de refrigeración, tales como las temperaturas deseadas en cada armario, su correspondiente presión de saturación del gas refrigerante, y la relación entre estas presiones y los parámetros medidos desde el compresor, que son las cargas del compresor cuando está conectado a cada una de las tuberías de aspiración, y la proporción entre estas cargas.

15 Después de describir ejemplos de realizaciones preferentes, se comprenderá que el alcance de la presente invención abarca otras posibles variantes, que están limitadas solamente por los contenidos de las reivindicaciones adjuntas, en las que están incluidos posibles equivalentes.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para controlar y ajustar las capacidades de refrigeración de un sistema de refrigeración equipado con un sistema de un compresor de doble aspiración, comprendiendo el sistema compartimentos a refrigerar, y comprendiendo, como mínimo dos evaporadores (20) situados en los compartimentos a refrigerar (60, 70), pudiendo ser controlado el compresor de doble aspiración (10) para alternar su capacidad de compresión, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 10 (i) medición continua, como mínimo, de la temperatura de un sensor de temperatura (SET, SCT) asociado, como mínimo, con uno de los evaporadores (20);
- 15 (ii) actuación en la capacidad de compresión del compresor (10), en base a la medición de la etapa (i), siendo realizada la actuación en la capacidad de compresión (CAP_{COMP}) del compresor (10) mediante la conexión y desconexión intermitentes de su funcionamiento,
- 20 estando el procedimiento **caracterizado por que**, en funcionamiento, el sistema de refrigeración alterna el funcionamiento de cada una de las aspiraciones del compresor (10) de doble aspiración,
- el intercambio de funcionamiento de las aspiraciones del compresor (10) se realiza mediante modulación con un ciclo de funcionamiento ($D1_{DS}$, $D2_{DS}$), siendo realizada la modulación de una manera complementaria entre cada una de las aspiraciones (SC_1 , SC_2).
- 25 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la modulación comprende ciclos de funcionamiento variables ($D1_{DS}$, $D2_{DS}$), entre cada una de las aspiraciones (SC_1 , SC_2).
- 30 3. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la modulación comprende un ciclo de funcionamiento ($D1_{DS}$, $D2_{DS}$), con un valor fijo del ciclo de funcionamiento entre cada una de las aspiraciones (SC_1 , SC_2).
- 35 4. Procedimiento, según la reivindicación 3, **caracterizado por que** comprende una etapa de medición de una primera temperatura (T1) desde un único sensor de temperatura (SET), estando situado el sensor de temperatura (SET) en un compartimento a refrigerar (60, 70) y que, a su vez, está relacionado con una primera tubería de aspiración que funciona en un primer ciclo de funcionamiento ($D1_{DS}$).
- 40 5. Procedimiento, según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el compresor (10) está conectado cuando la primera temperatura (T1) está por encima de un valor de referencia.
- 45 6. Procedimiento, según la reivindicación 3, **caracterizado por que** la etapa de medición de una primera temperatura (T1) y una segunda temperatura (T2) a partir de los sensores de temperatura (SET, SCT), estando situados los sensores de temperatura (SET, SCT) en diferentes compartimentos a refrigerar (60, 70), siendo desconectado el compresor (10) cuando ambas primeras y segundas temperaturas (T1, T2) alcanzan los valores de referencia de la temperatura.
- 50 7. Procedimiento, según la reivindicación 3, **caracterizado por que** el CPF de ese el ciclo de funcionamiento ($D1_{DS}$, $D2_{DS}$) está ajustado a un valor tal que las primeras y segundas temperaturas (T1, T2) alcanzan sus respectivos valores de referencia de la temperatura en el mismo momento.
- 55 8. Procedimiento, según la reivindicación 3, **caracterizado por que** la etapa de medición de una primera temperatura (T1) y de una segunda temperatura (T2) desde los sensores de temperatura (SET, SCT), estando situados los sensores de temperatura (SET, SCT) en diferentes compartimentos a refrigerar (60, 70), el compresor (10) tendrá su capacidad incrementada si las primeras o segundas temperaturas (T1, T2) alcanzan los valores de referencia de la temperatura en diferentes momentos.
- 60 9. Procedimiento, según la reivindicación 7, **caracterizado por que** el intercambio de funcionamiento de las aspiraciones del compresor (10) es realizado mediante la modulación con un ciclo de funcionamiento ($D1_{DS}$, $D2_{DS}$), siendo realizada la modulación de una manera complementaria entre cada una de las aspiraciones (SC_1 , SC_2), y siendo escogida entre los tres valores fijos del ciclo de funcionamiento de la combinación de valores obtenida para la primera temperatura (T1) y la segunda temperatura (T2).
- 65 10. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la actuación en la capacidad del compresor (10) se realiza mediante variación de fase en su estado operativo.
11. Procedimiento, según la reivindicación 10, **caracterizado por que** la modulación comprende ciclos de funcionamiento variables ($D1_{DS}$, $D2_{DS}$) entre cada una de las aspiraciones (SC_1 , SC_2).

12. Procedimiento, según la reivindicación 11, **caracterizado por que** la modulación comprende un ciclo de funcionamiento (D_{1DS} , D_{2DS}) con un valor fijo del ciclo de funcionamiento entre cada una de las aspiraciones (SC_1 , SC_2).

5 13. Procedimiento, según la reivindicación 12, **caracterizado por que** la capacidad de refrigeración de un primer compartimento refrigerado (60), relativa a la capacidad de un primer evaporador (CAP_{EV1}) con respecto a una primera tubería de aspiración (SC_1), y la capacidad de refrigeración de un segundo compartimento refrigerado (70) respecto a la capacidad de un segundo evaporador (CAP_{EV2}) relativa a una segunda tubería de aspiración (SC_2), resulta de la multiplicación de la capacidad (CAP_{COMP}) del compresor (10) y los respectivos ciclos de funcionamiento
10 (D_{1DS} , D_{2DS}) de aspiración, estando **caracterizado** además el procedimiento **por que** una primera tubería de aspiración (SC_1) es activada a partir de la medición de la primera temperatura (T_1), y por que la segunda tubería de aspiración (SC_2) es activada a partir de la segunda temperatura (T_2).

15 14. Procedimiento, según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el valor de los ciclos de funcionamiento (D_{1DS} , D_{2DS}) y los valores de la capacidad del compresor (CAP_{COM1} , CAP_{COM2}) están definidos en base a la lectura de dos sensores de temperatura (SET, SCT), estando relacionado el primer sensor de temperatura (SET, SCT) con la primera temperatura (T_1) del primer compartimento refrigerado (60) que, a su vez, está relacionado con la primera tubería de aspiración (SC_1) que opera en un primer ciclo de funcionamiento (D_{1DS}) y el segundo sensor de temperatura (SET, SCT) está relacionado con la segunda temperatura (T_2) de un segundo compartimento
20 refrigerado (70) que, a su vez, está relacionado con una segunda tubería de aspiración que opera en un segundo ciclo de funcionamiento (D_{2DS}), estando además el procedimiento **caracterizado por que** la demanda de capacidad del primer compartimento refrigerado (60) relacionada con la capacidad de un primer evaporador (CAP_{EV1}) se obtiene mediante la lectura de la primera temperatura (T_1) y la demanda de capacidad del segundo compartimento refrigerado (70) relacionada con la capacidad del segundo evaporador (CAP_{EV2}) se obtiene mediante la lectura de la
25 segunda temperatura (T_2).

30 15. Procedimiento, según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el valor de los ciclos de funcionamiento (D_{1DS} , D_{2DS}) y los valores de la capacidad del compresor (CAP_{COM1} , CAP_{COM2}) están definidos en base a la lectura de dos o más sensores de temperatura (SET, SCT) y basados en la lectura de un sensor de carga (STQ) del compresor (10), en el que, como mínimo, un primer sensor está relacionado con la primera temperatura (T_1) del primer compartimento refrigerado (60) que, a su vez, está relacionado con una primera tubería de aspiración (SC_1) que opera en un primer ciclo de funcionamiento (D_{1DS}) y el segundo sensor de temperatura (SET, SCT) está relacionado con la segunda temperatura (T_2) de un segundo compartimento refrigerado (70) que a su vez está relacionado con una segunda tubería de aspiración que opera en un segundo ciclo de funcionamiento (D_{2DS}).

35 16. Procedimiento, según la reivindicación 13, **caracterizado por que** los valores de los ciclos de funcionamiento (D_{1DS} , D_{2DS}) están definidos en base a la lectura de una primera temperatura (T_1) y basados en la lectura de un sensor de carga (STQ) del compresor (10), siendo calculada la segunda temperatura estimada (T_{2E}) a partir del valor de la lectura de un sensor de carga (STQ).

40 17. Sistema para controlar un compresor (10) de doble aspiración para su aplicación en sistemas de refrigeración, comprendiendo el sistema de refrigeración, como mínimo, dos evaporadores (20) situados en los compartimentos a refrigerar (60, 70),

45 pudiendo ser controlada la doble aspiración (SC_1 , SC_2) del compresor (10) para alternar su capacidad de compresión, estando controlado el compresor por medio de un control electrónico (90),

comprendiendo el sistema:

50 como mínimo dos evaporadores (20);

estando configurado el control electrónico para actuar en la capacidad de compresión del compresor (10), a partir de la medición, como mínimo, de un sensor de temperatura (SET, SCT) asociado, como mínimo, con uno de los evaporadores (20), estando el sistema **caracterizado por que**:

55 la actuación en la capacidad del compresor (CAP_{COMP}) se realiza mediante la conexión y desconexión intermitentes de su funcionamiento,

60 el control electrónico (90) controla un intercambio del funcionamiento de cada una de las aspiraciones de la doble aspiración del compresor (10), y

el intercambio del funcionamiento de las aspiraciones del compresor (10) se realiza mediante modulación, con un ciclo de funcionamiento (D_{1DS} , D_{2DS}), siendo realizada la modulación de una manera complementaria entre cada una de las aspiraciones (SC_1 , SC_2).

65

18. Sistema, según la reivindicación 17, **caracterizado por que** el control electrónico (90) controla la modulación entre cada una de las aspiraciones (SC₁, SC₂) en ciclos de funcionamiento (D1_{DS}, D2_{DS}) variables.
- 5 19. Sistema, según la reivindicación 18, **caracterizado por que** la modulación comprende un ciclo de funcionamiento (D1_{DS}, D2_{DS}) con un valor del ciclo de funcionamiento fijo entre cada una de las aspiraciones (SC₁, SC₂).
- 10 20. Sistema, según la reivindicación 19, **caracterizado por que** comprende un único sensor de temperatura (SET, SCT) para medir una primera temperatura (T1), estando situado el sensor de temperatura (SET, SCT) en un compartimento a refrigerar (60, 70) y que, a su vez, está relacionado con una primera tubería de aspiración (SC₁) que opera en el primer ciclo de funcionamiento (D1_{DS}).
- 15 21. Sistema, según la reivindicación 20, **caracterizado por que** el control electrónico (90) está configurado para poner en marcha el compresor (10) cuando la primera temperatura (T1) está por encima de un valor de referencia.
- 20 22. Sistema, según la reivindicación 21, **caracterizado por que** comprende sensores de temperatura (SET, SCT) situados en diferentes compartimentos a refrigerar (60, 70), estando configurado el control electrónico (90) para desconectar el compresor (10) cuando tanto la primera como la segunda temperaturas (T1, T2) alcanzan los valores de la temperatura de referencia.
- 25 23. Sistema, según la reivindicación 21, **caracterizado por que** comprende sensores de temperatura (SET, SCT) situados en diferentes compartimentos a refrigerar (60, 70), estando configurado el control electrónico (90) para incrementar la capacidad del compresor (10) si la primera o la segunda temperaturas (T1, T2) alcanzan los valores de la temperatura de referencia en momentos diferentes.
- 30 24. Sistema, según la reivindicación 23, **caracterizado por que** el control electrónico (90) está configurado para controlar el intercambio del funcionamiento de las aspiraciones (SC₁, SC₂) del compresor (10) mediante modulación con un ciclo de funcionamiento (D1_{DS}, D2_{DS}), siendo realizada la modulación de una manera complementaria entre cada una de las aspiraciones (SC₁, SC₂), y siendo escogida entre los tres valores fijos del ciclo de funcionamiento, de la combinación de valores obtenidos de la primera temperatura (T1) y de la segunda temperatura (T2).
- 35 25. Sistema, según la reivindicación 17, **caracterizado por que** el compresor (10) está configurado para tener su capacidad ajustable mediante la variación sincronizada en su estado operativo.
- 40 26. Sistema, según la reivindicación 25, **caracterizado por que** el compresor (10) es un compresor de capacidad variable.
- 45 27. Sistema, según la reivindicación 26, **caracterizado por que** la modulación comprende ciclos de funcionamiento variables (D1_{DS}, D2_{DS}) entre cada una de las aspiraciones (SC₁, SC₂).
- 50 28. Sistema, según la reivindicación 17, **caracterizado por que** la capacidad de refrigeración de un primer compartimento refrigerado (60) relacionada con la capacidad de un primer evaporador (CAP_{EV1}) relacionada con una primera tubería de aspiración (SC₁) y la capacidad de refrigeración de un segundo compartimento refrigerado (70) relacionada con la capacidad de un segundo evaporador (CAP_{EV2}) relacionada con una segunda tubería de aspiración (SC₂) resulta de la multiplicación de la capacidad (CAP_{COMP}) del compresor (10) y de los respectivos ciclos de funcionamiento de la aspiración (D1_{DS}, D2_{DS}), estando además el sistema **caracterizado por que** el control electrónico está configurado de tal modo que una primera tubería de aspiración (SC₁) es activada a partir de la medición de la primera temperatura (T1), y la segunda tubería de aspiración (SC₁) es activada a partir de la segunda temperatura (T2).
- 55 29. Sistema, según la reivindicación 17, **caracterizado por que** el valor de los ciclos de funcionamiento (D1_{DS}, D2_{DS}) y los valores de la capacidad del compresor (CAP_{COMP1}, CAP_{COMP2}) están definidos en base a la lectura de dos sensores de temperatura (SET, SCT), estando el primer sensor de temperatura (SET, SCT) relacionado con la primera temperatura (T1) del primer compartimento refrigerado (60) que, a su vez, está relacionado con la primera tubería de aspiración (SC₁) que opera en un primer ciclo de funcionamiento (D1_{DS}) y el segundo sensor de temperatura (SET, SCT) está relacionado con la segunda temperatura (T2) de un segundo compartimento refrigerado (70) que, a su vez, está relacionado con una segunda tubería de aspiración (SC₂) que opera en un segundo ciclo de funcionamiento (D2_{DS}), estando además el sistema **caracterizado por que** la demanda de capacidad del primer compartimento refrigerado (60), relacionada con la capacidad de un primer evaporador (CAP_{EV1}) se obtiene mediante la lectura de la primera temperatura (T1) y por que la demanda de capacidad del segundo compartimento refrigerado (70), relacionada con la capacidad del segundo evaporador (CAP_{EV2}) se obtiene mediante la lectura de la segunda temperatura (T2).
- 60 30. Sistema, según la reivindicación 17, **caracterizado por que** el valor de los ciclos de funcionamiento (D1_{DS}, D2_{DS}) y los valores de la capacidad del compresor (CAP_{COMP1}, CAP_{COMP2}) están definidos en base a la lectura de dos o más sensores de temperatura (SET, SCT), y en base a la lectura de un sensor de carga (STQ) del compresor (10),
- 65

5 en el que, como mínimo, un primer sensor está relacionado con la primera temperatura (T_1) del primer compartimento refrigerado (60) que, a su vez, está relacionado con una primera tubería de aspiración (SC_1) que opera en un primer ciclo de funcionamiento ($D1_{DS}$) y el segundo sensor de temperatura (SET, SCT) está relacionado con la segunda temperatura (T_2) de un segundo compartimento refrigerado (70) que, a su vez, está relacionado con una segunda tubería de aspiración que opera en un segundo ciclo de funcionamiento ($D2_{DS}$), estando además el sistema **caracterizado por que** los valores de los ciclos de funcionamiento ($D1_{DS}$, $D2_{DS}$) están definidos en base a la lectura de una primera temperatura (T_1) y en base a la lectura de un sensor de carga (STQ) del compresor (10), siendo calculada la segunda temperatura estimada (T_{2E}) a partir del valor de la lectura de un sensor de carga (STQ).

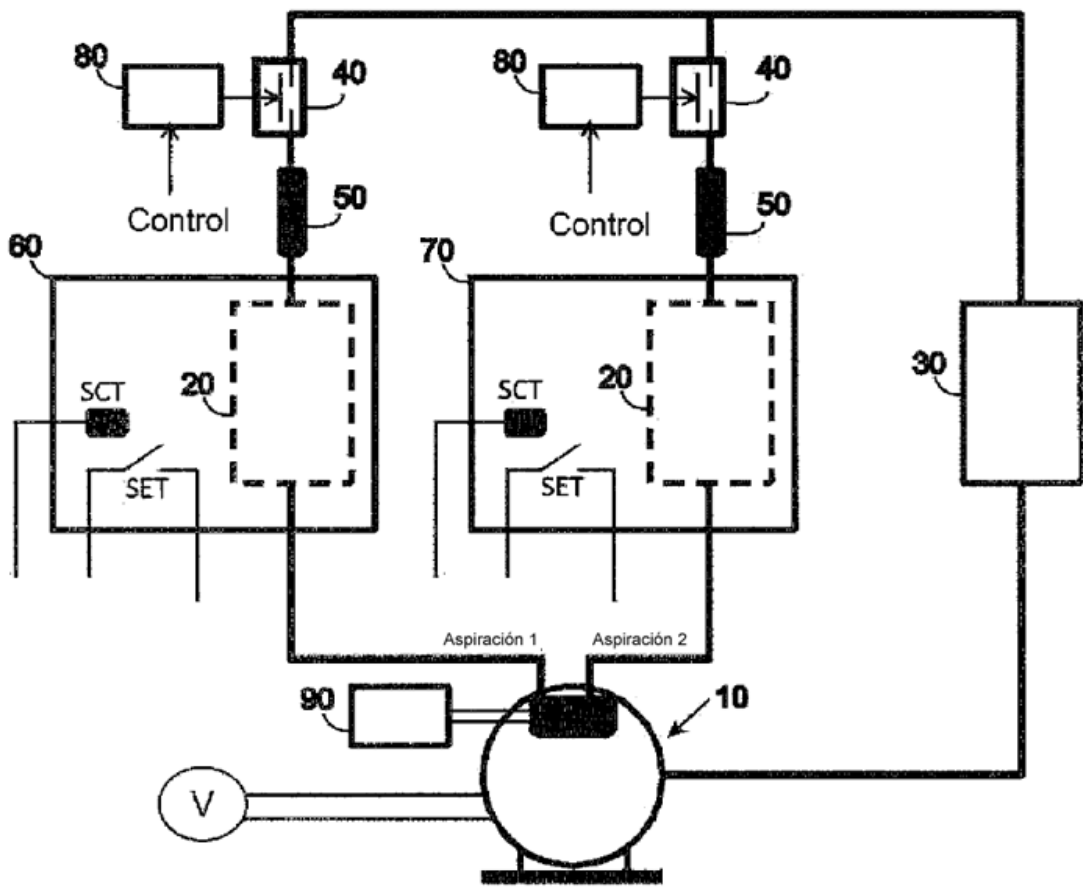


Fig. 1

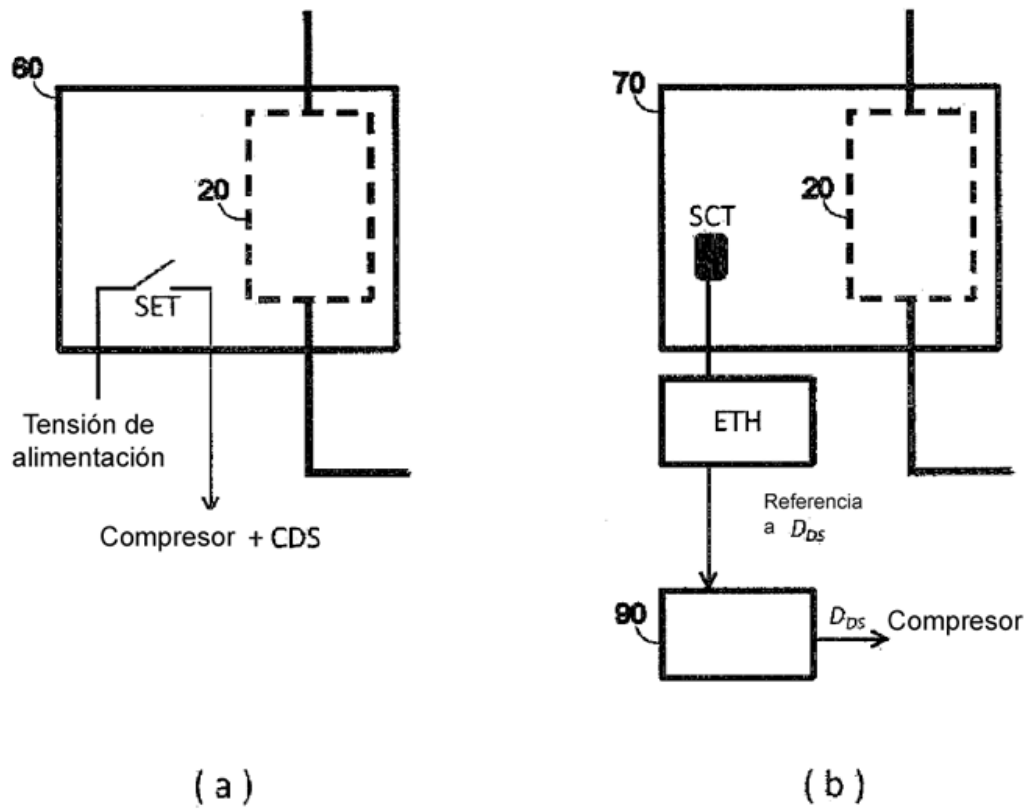


Fig. 2

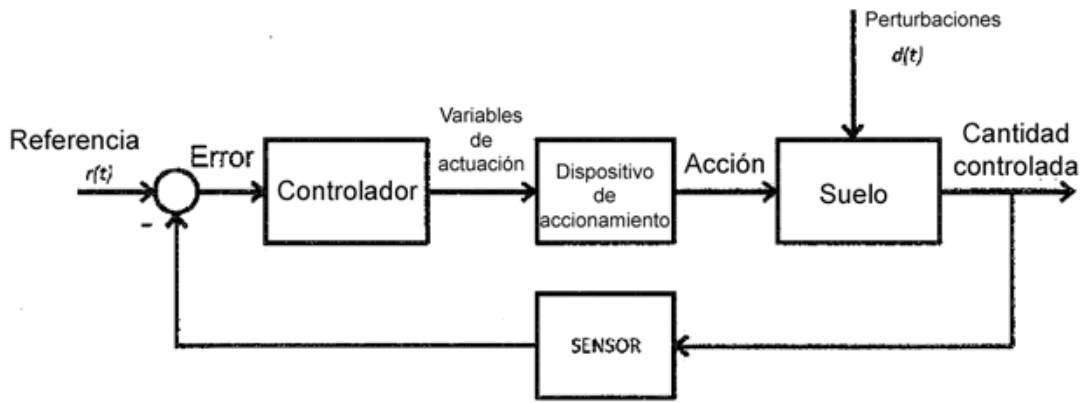


Fig. 3

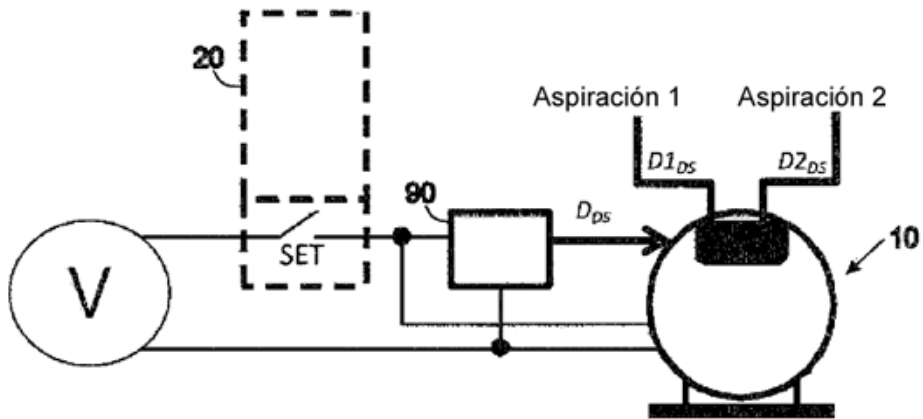


Fig. 4

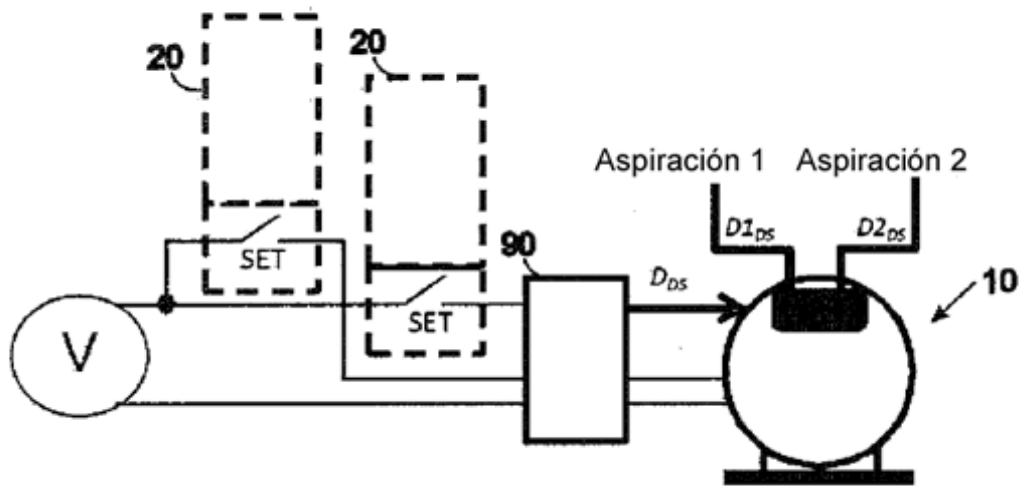


Fig. 5

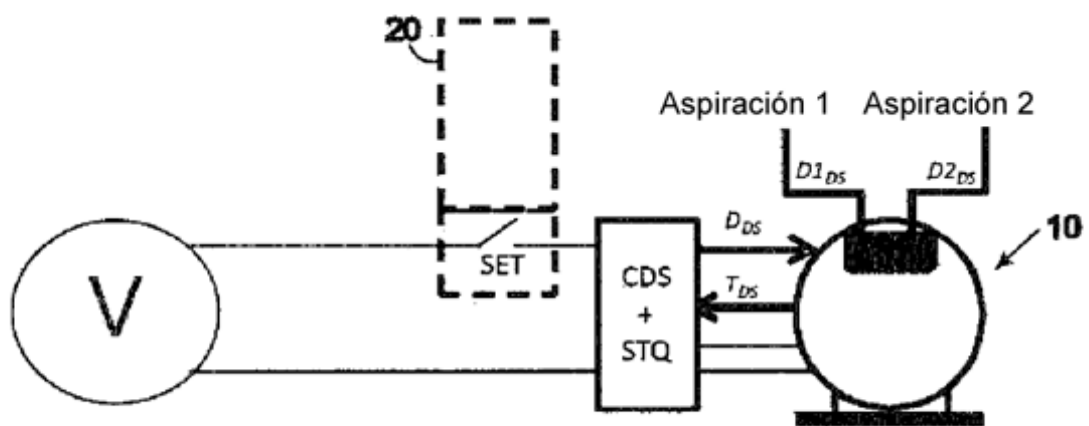


Fig. 6

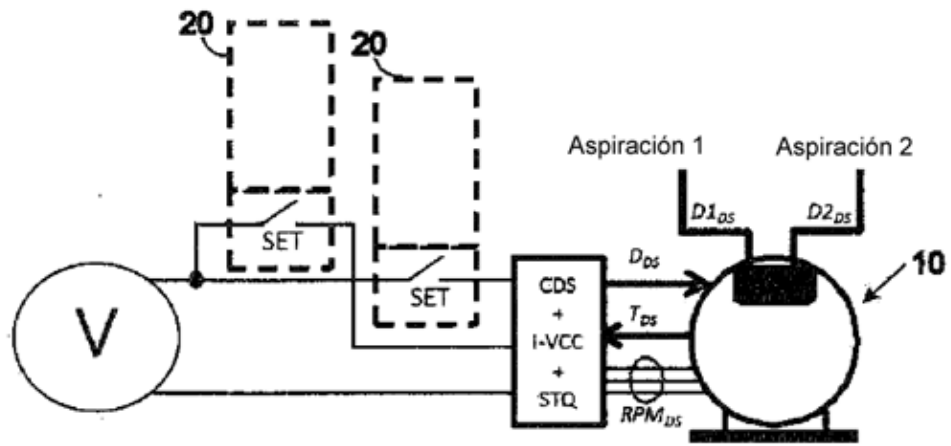


Fig. 7

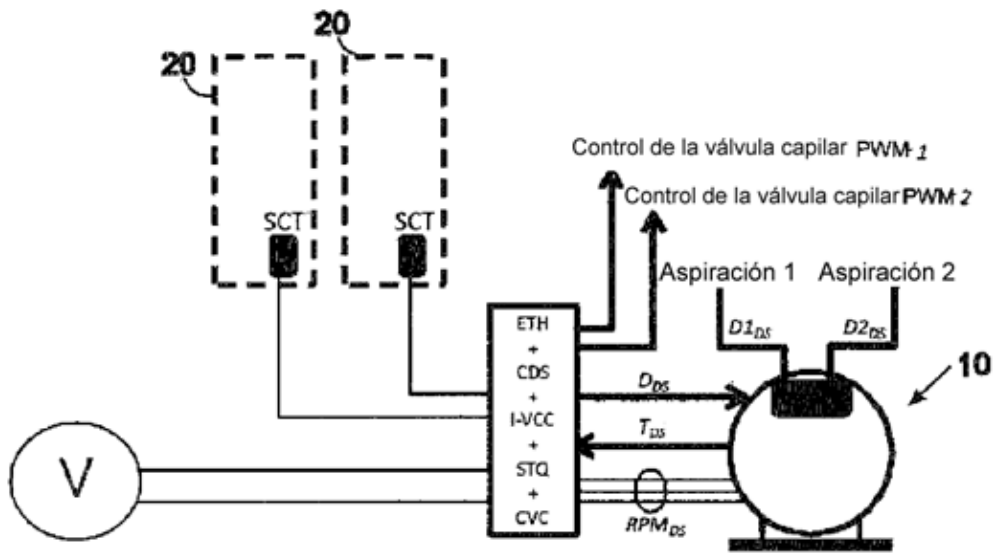


Fig. 8

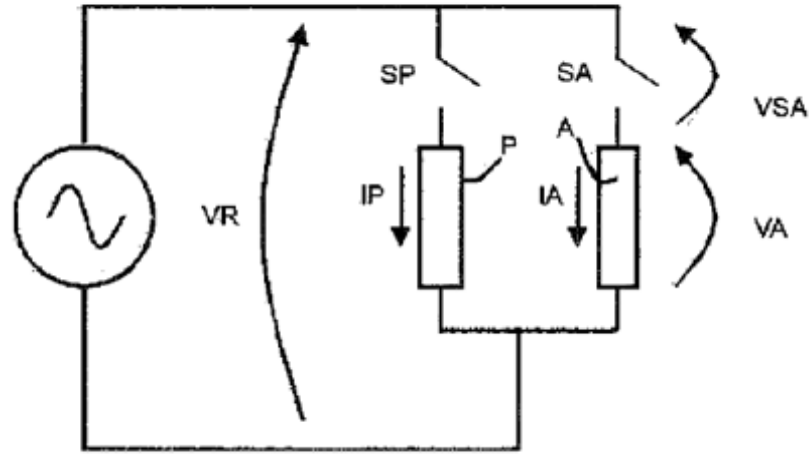


Fig. 9

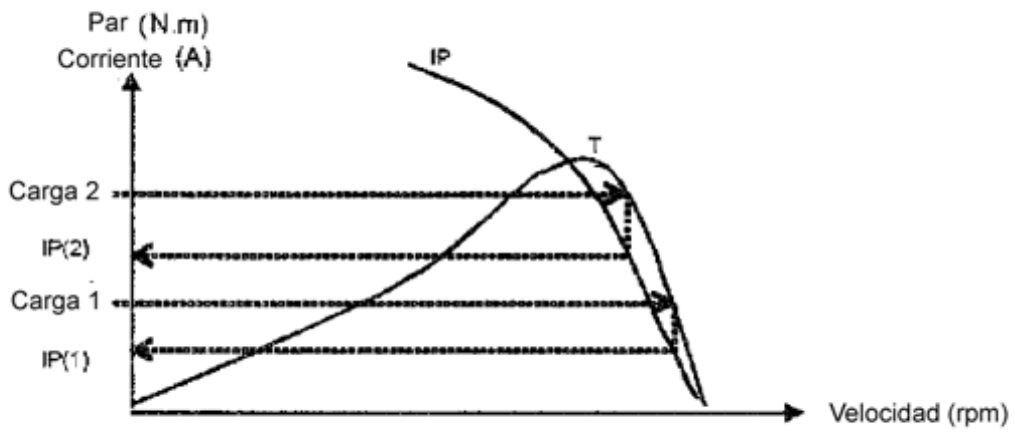


Fig. 10

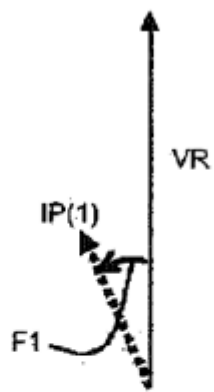


Fig. 11

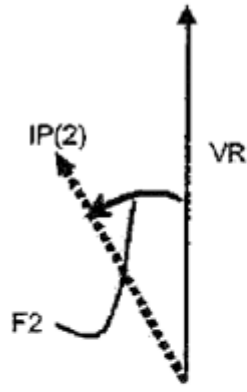


Fig. 12

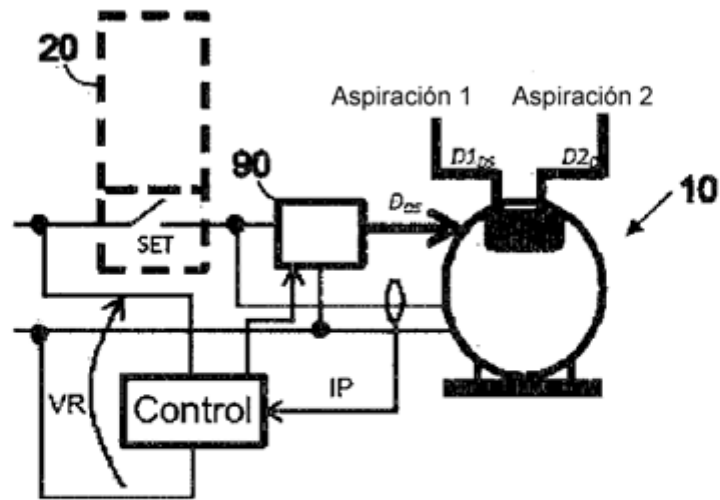


Fig. 13