(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 745 554**

(51) Int. CI.:

F24F 5/00 (2006.01)
F24F 11/30 (2008.01)
F24F 11/62 (2008.01)
F24F 11/70 (2008.01)
F24F 11/83 (2008.01)
F24F 110/10 (2008.01)
F24F 3/147 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2015 E 15199994 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3037738**

(54) Título: **Procedimiento de funcionamiento de un sistema de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre para ambientes y en particular para centros de cálculo**

(30) Prioridad:

22.12.2014 IT PD20140352

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.03.2020

(73) Titular/es:

VERTIV S.R.L. (100.0%)
Via Leonardo da Vinci, 16-18
35028 Piove di Sacco (PD), IT

(72) Inventor/es:

VENTURELLI, TOMMASO;
DALLA MANA, GIUSEPPE y
GATTO, CARLO

(74) Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

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

Procedimiento de funcionamiento de un sistema de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre para ambientes y en particular para centros de cálculo.

La presente invención se refiere a un procedimiento de funcionamiento de un sistema de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre para ambientes y, en particular, para centros de cálculo.

Actualmente, se conocen sistemas de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre y se encuentran muy extendidos para ambientes y, en particular, para centros de cálculo, del tipo que comprende:

- una unidad de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre que, a su vez, comprende un intercambiador de calor aire/aire, en cuyo interior, intercambian calor dos flujos de aire, un flujo de aire primario, desde y hacia un ambiente que se va a climatizar, y un flujo de aire secundario, o flujo de proceso, que se extrae del exterior, así como una unidad de refrigeración por evaporación que utiliza agua para el flujo de aire primario,

- unos primeros ventiladores para mover el flujo de aire primario,

- unos segundos ventiladores para mover el flujo de aire secundario.

Por lo general, se configura una unidad de acondicionamiento por evaporación, es decir, con medios de refrigeración que utilizan agua, para optimizar el coste general de la electricidad y del agua.

Sin embargo, en el mercado, las unidades de acondicionamiento de este tipo generalmente se configuran en fábrica para que comiencen de manera predeterminada su funcionamiento con agua una vez que el aire ha alcanzado una determinada temperatura de bulbo seco, por lo tanto, independientemente de la humedad exterior.

Dicha configuración se realiza sobre la base de una demanda específica de refrigeración, sin tener en cuenta las posibles variaciones de dicha demanda.

Además, dado que dicha configuración de funcionamiento por defecto no tiene en cuenta la eficacia real del sistema por evaporación a diferentes niveles de humedad relativa para la misma temperatura exterior, esto implica que, antes del accionamiento de los ventiladores externos a la velocidad máxima en modo seco, es decir, sin activar los medios por evaporación, para proporcionar la potencia de refrigeración requerida, la unidad comienza a utilizar agua de todos modos para obtener un efecto de refrigeración por evaporación.

El documento US 2008/000630 divulga un sistema de ventilación y un procedimiento que utilizan un intercambiador de calor para transferir el calor de forma selectiva entre el aire exterior fresco que entra y el aire de extracción que sale de un espacio cerrado, siempre que se pueda recuperar energía del aire de extracción con ello. El sistema utiliza un controlador basado en un microprocesador que almacena uno o más perfiles que representan las necesidades que varían en el tiempo del espacio cerrado para calefacción y refrigeración. La transferencia de calor entre el aire de extracción y el aire fresco se reduce o se elimina simplemente reduciendo la velocidad o deteniendo el propulsor de aire de extracción mientras el propulsor de aire fresco continúa funcionando.

El documento US 8 151 578 B1 divulga un sistema para refrigerar sistemas informáticos en una sala de un centro de datos que incluye un sistema de deshumidificación y un subsistema de canalización de aire. Dicho subsistema de canalización de aire incluye una sección de refrigeración mecánica que elimina el calor del aire de refrigeración y una sección de refrigeración por evaporación aguas abajo de dicha sección de refrigeración mecánica. El sistema de deshumidificación se puede encontrar aguas arriba de la sección de refrigeración mecánica y de la sección de refrigeración por evaporación. Un controlador para el sistema de refrigeración hace funcionar de forma selectiva la sección de refrigeración mecánica y la sección de refrigeración por evaporación en un modo adiabático, si se cumple un primer conjunto de condiciones de control, y en un modo híbrido, si se cumple un segundo conjunto de condiciones de control.

El propósito de la presente invención es proporcionar un procedimiento de funcionamiento de un sistema de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre para ambientes y, en particular, para centros de cálculo, que sea capaz de optimizar también el consumo sobre la base de cualquier variación de la demanda de refrigeración.

En particular, un objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento de funcionamiento de un sistema de acondicionamiento que sea capaz de evaluar la eficacia real del sistema por evaporación a diferentes niveles de humedad relativa para la misma temperatura exterior.

Según la invención, se proporciona un procedimiento de funcionamiento de un sistema de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre para ambientes y, en particular, para centros de cálculo, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Las características y ventajas adicionales de la invención se pondrán de manifiesto a partir de la descripción detallada que resulta de una forma de realización preferida, pero no exclusiva, del procedimiento para accionar un sistema de acondicionamiento según la invención que se ilustra a título de ejemplo no limitativo en los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1 es una vista esquemática de un sistema de acondicionamiento que funciona mediante el procedimiento según la invención;

la figura 2 es una vista esquemática adicional del sistema de acondicionamiento que funciona mediante el procedimiento según la invención;

la figura 3 es una vista esquemática del procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según la invención;

la figura 4 es una vista esquemática del flujo de ejecución de una primera parte del procedimiento que se muestra esquemáticamente en la figura 3;

la figura 5 es una vista esquemática del flujo de ejecución de una segunda parte del procedimiento que se muestra esquemáticamente en la figura 3;

la figura 6 es una vista esquemática del flujo de ejecución de una tercera parte del procedimiento que se muestra esquemáticamente en la figura 3.

Haciendo referencia a las figuras, un sistema de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre para ambientes y, en particular, para los centros de cálculo se designa en general con el número de referencia 10.

Dicho sistema de acondicionamiento 10 comprende:

- una unidad de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre 11 que, a su vez, comprende un intercambiador de calor aire/aire 12, en cuyo interior dos flujos de aire 13, 14 intercambian calor, un flujo de aire primario 13, desde y hacia un ambiente que se va a climatizar 15, y un flujo de aire secundario 14, o flujo de proceso, extraído del exterior, y unos medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16, que se describen mejor a continuación;
- unos primeros ventiladores 17 para mover el flujo de aire primario 13,
- unos segundos ventiladores 18 para mover el flujo de aire secundario 14.

La peculiaridad del sistema de acondicionamiento 10 según la invención consiste en que comprende:

- unos medios 19, 20, 21, 22, que se describen a continuación, para detectar la temperatura y la humedad para el flujo de aire primario 13 y el flujo de aire secundario 14 en la entrada y en la salida de la unidad de acondicionamiento 11,
- unos medios 23 y 24, que también se describen a continuación, para detectar el caudal del flujo de aire primario 13 y del flujo de aire secundario 14,
- una unidad electrónica de control y gestión 25 adaptada para recopilar y procesar los datos detectados por los medios de detección 19, 20, 21, 22, 23, 24 y, en base a dichos datos detectados, adaptada para determinar, sobre la base de los valores de humedad y temperatura exterior y de la demanda de refrigeración, el coste de funcionamiento sin la utilización de agua y con una utilización de agua variable, y, sobre la base del coste de funcionamiento, activar un modo de funcionamiento húmedo en el que los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16 están activos, o un modo de funcionamiento en seco, en el que dichos medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16 están inactivos.

La unidad de acondicionamiento 11 es, por ejemplo, del tipo de refrigeración libre indirecta, con un intercambiador de aire/aire 12.

En una variación de la forma de realización, la unidad de acondicionamiento 11 también comprende un dispositivo de refrigeración auxiliar 26, que está constituido, por ejemplo, por un circuito de refrigeración de expansión directa, o está constituido por un sistema de agua refrigerada; se instala en la unidad de acondicionamiento 11 para proporcionar potencia de refrigeración auxiliar en espera o para complementar la potencia de refrigeración suministrada por los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16.

En la presente forma de realización, los medios de refrigeración por evaporación 16 comprenden:

- unas boquillas 27 para distribuir agua de refrigeración dentro del intercambiador de aire/aire 12,

- un depósito 28 para recoger el agua que no se ha evaporado,

- una o más bombas de recirculación 29 y 30 para extraer agua del depósito de recogida 28 y enviarla hacia las boquillas 27.

En una forma de forma de realización diferente, que no se muestra en aras de la simplicidad, la unidad de acondicionamiento 11 es del tipo de refrigeración libre directa; en tal caso, los primeros ventiladores están dispuestos en salida de un ambiente que se va a climatizar, y el aire caliente sale al exterior directamente desde el ambiente que se va a climatizar.

La unidad de acondicionamiento 11, en la forma de realización descrita en el presente documento, comprende unos medios de refrigeración que utilizan agua 31 para el flujo de aire secundario 14 en la entrada de la unidad de acondicionamiento 11; también se puede prescindir de dichos medios de refrigeración que utilizan agua 31.

Los medios de refrigeración que utilizan agua 31 toman la forma, por ejemplo, de una serie de boquillas de atomización 32 que están adaptadas para atomizar agua en el flujo de aire primario 13 en la zona de entrada 33 correspondiente del flujo de aire primario en la unidad de acondicionamiento 11.

Opcionalmente, las boquillas de atomización 32 se abastecen por medio de una bomba de presurización 34 que, a su vez, está precedida por un filtro de agua 35.

Las boquillas de atomización 32 se pueden sustituir por una parrilla adiabática, de tipo convencional, que realiza la misma función.

Las figuras muestran, por ejemplo, una línea de agua 36 para alimentar la unidad de acondicionamiento 11, que puede adoptar la forma de una tubería de una red de distribución de agua o una tubería de otra fuente de agua.

Los medios de detección de temperatura y humedad para el flujo de aire primario 13 en la entrada de la unidad de acondicionamiento 11 están constituidos por una primera sonda 19, que está dispuesta de manera que intercepte el flujo de aire primario 13, que procede del ambiente que se va a climatizar 15, en una zona de entrada 37 de la unidad de acondicionamiento 11.

Los medios de detección de temperatura y humedad para el flujo de aire primario 13 en la salida de la unidad de acondicionamiento 11, es decir, en una zona de salida 38 de la unidad 11 y en la entrada del ambiente que se va a climatizar 15, están provistos de una segunda sonda 20.

Los medios para detectar la temperatura y la humedad para el flujo de aire secundario 14 en la entrada de la unidad de acondicionamiento 11 están constituidos por una tercera sonda 21, que está dispuesta de manera que intercepte el flujo de aire secundario 14, que procede del ambiente externo, en la zona de entrada correspondiente 33 de la unidad de acondicionamiento 11.

Los medios para detectar la temperatura y la humedad para el flujo de aire secundario 14 en la salida de la unidad de acondicionamiento 11, es decir, en una zona de salida 39 de la unidad 11 hacia el exterior, están provistos de una cuarta sonda 22.

Los medios para detectar el caudal del flujo de aire primario 13 están constituidos por una quinta sonda 23, que está dispuesta en la zona de salida 38 de la unidad de acondicionamiento 11 hacia el ambiente que se va a climatizar 15.

La quinta sonda 23 está constituida, por ejemplo, por un anemómetro de hilo caliente, o por una sonda de presión diferencial, o por otro tipo de anemómetro disponible comercialmente adaptado al rango de caudal de flujo y aire en consideración.

Los medios para detectar el caudal del flujo de aire secundario 14 están constituidos por una sexta sonda 24, que está dispuesta en la zona de salida 39 del flujo de aire secundario 14 de la unidad de acondicionamiento 11 hacia el exterior.

Dicha sexta sonda 24 está constituida, por ejemplo, por un anemómetro de hilo caliente, o por una sonda de presión diferencial, o por otro tipo de anemómetro disponible comercialmente adaptado al rango de caudal de flujo y aire en consideración.

El sistema de acondicionamiento 10 según la invención, una vez activado, es capaz, por medio de la unidad de control electrónico 25 y de los medios de detección conectados a la misma, de recalcular predictivamente cuál será

el coste de funcionamiento sin la utilización de agua o con una utilización de agua variable; la selección de uno u otro modo de funcionamiento se lleva a cabo sobre la base de una optimización instantánea de los costes.

Con la variación de la humedad y la temperatura exterior y de la demanda de refrigeración, la unidad electrónica 25 es capaz de volver a determinar cuál será el modo de funcionamiento más económico.

Esto se puede aplicar tanto a un sistema según la invención del tipo de refrigeración libre directa como a un sistema según la invención del tipo de refrigeración libre indirecta.

La invención también se refiere a un procedimiento de funcionamiento para un sistema de acondicionamiento 10 según la invención, tal como se ha descrito con anterioridad; a continuación, se utilizarán los símbolos siguientes:

Tamb = temperatura del aire exterior utilizado para la refrigeración libre, medida por la tercera sonda 21;

Hamb = humedad del aire exterior utilizado para la refrigeración libre, medida por la tercera sonda 21;

Tsupply = temperatura del flujo de aire primario 13 en la salida de la unidad de acondicionamiento 11 y en la entrada al ambiente que se va a climatizar 15, medida por la segunda sonda 20;

Hsupply = humedad del flujo de aire primario 13 en la salida de la unidad de acondicionamiento 11 y en la entrada al ambiente que se va a climatizar 15, medida por la segunda sonda 20;

Tret = temperatura del flujo de aire primario 13 en la entrada a la unidad de acondicionamiento 11, es decir, que retorna del ambiente que se va a climatizar 15, medida por la primera sonda 19;

Hret = humedad del flujo de aire primario 13 en la entrada a la unidad de acondicionamiento 11, es decir, que retorna del ambiente que se va a climatizar 15, medida por la primera sonda 19;

Tex = temperatura del flujo de aire secundario 14 en la salida de la unidad de acondicionamiento 11 hacia el exterior, medida por la cuarta sonda 22;

Hex = humedad del flujo de aire secundario 14 en la salida de la unidad de acondicionamiento 11 hacia el exterior, medida por la cuarta sonda 22;

Q1 = caudal del flujo de aire primario 13, medido por la quinta sonda 23;

Q2 = caudal del flujo de aire secundario 14, medido por la sexta sonda 24.

Un procedimiento de funcionamiento de este tipo según la invención se caracteriza por que comprende las siguientes operaciones, representadas por el diagrama de bloques de la figura 3:

- arrancar el sistema de acondicionamiento 10 (bloque 40) y detectar, por medio de los medios de detección, los valores de temperatura (Tamb, Tsupply, Tret, Tex), humedad (Hamb, Hsupply, Hret, Hex) y caudal (Q1 y Q2) del flujo de aire primario y del flujo de aire secundario,

- determinar el coste de funcionamiento del sistema en seco (Cdry), es decir, sin utilizar agua, y el coste de funcionamiento del sistema húmedo (Cwet), es decir, utilizando agua (bloque 41);

- evaluar si el valor de la temperatura del ambiente externo (Tamb) es inferior a un valor de temperatura preestablecido, por ejemplo 18 ºC, y si el valor de la humedad del ambiente externo (Hamb) es superior a un valor de humedad preestablecido, por ejemplo, el 90 % (bloque 42);

- si Tamb es inferior al valor de temperatura preestablecido o Hamb es superior al valor de humedad preestablecido, entonces (bloque 43) desconectar los medios de refrigeración por evaporación 16 y los medios de refrigeración que utilizan agua 31 para el flujo de aire secundario 14 en la entrada, si están presentes;

- si Tamb no es inferior al valor de temperatura preestablecido y Hamb no es superior al valor de humedad preestablecido, entonces verificar si el coste de funcionamiento del sistema en seco (Cdry) es mayor que el coste de funcionamiento del sistema húmedo (Cwet) (bloque 44);

- si Cdry es mayor que Cwet, entonces conectar los medios de refrigeración por evaporación 16 y/o los medios de refrigeración que utilizan agua 31 (bloque 45);

- si Cdry no es superior a Cwet, entonces verificar si la temperatura del ambiente externo (Tamb) es superior a la temperatura de retorno (Tret) del flujo de aire primario 13 en la entrada a la unidad de acondicionamiento

11 (bloque 46);

- si la temperatura del ambiente externo (Tamb) es mayor que la temperatura de retorno (Tret) del flujo de aire primario 13 en la entrada a la unidad de acondicionamiento 11, entonces conectar los medios de refrigeración por evaporación 16 y/o los medios de refrigeración que utilizan agua 31 para el flujo de aire secundario 14 en la entrada (bloque 45);

- si la temperatura del ambiente externo (Tamb) no es mayor que la temperatura de retorno (Tret) del flujo de aire primario 13 en la entrada a la unidad de acondicionamiento 11, entonces desconectar los medios de refrigeración por evaporación 16 y/o los medios de refrigeración que utilizan agua 31 para el flujo de aire secundario 14 en la entrada (bloque 43).

Dicho ciclo de funcionamiento se repite iterativamente.

El coste del funcionamiento del sistema en seco (Cdry) es una función de la potencia estimada o calculada (Pdry) absorbida por los ventiladores 17 y 18 durante el funcionamiento de la unidad de acondicionamiento 11 sin utilizar agua, es decir, con los medios de evaporación 16 y los medios de refrigeración 31 inactivos.

El coste de funcionamiento del sistema húmedo (Cwet) es una función de la potencia estimada o calculada (Pwet) absorbida por los ventiladores 17 y 18 con la unidad de acondicionamiento 11 que funciona con agua y del consumo de agua W.

Para determinar Pdry, se procederá con el funcionamiento siguiente:

- establecer una temperatura de consigna Ts-p para el aire frío introducido en el ambiente que se va a climatizar 15 (bloque 47);

- detectar Tamb, Tret y Q1 (respectivamente bloques 48, 49 y 50);

- determinar la razón, en funcionamiento normal en seco, entre el flujo de aire primario 13 y el flujo de aire secundario 14, Rdry, como una función de Tamb, Tret y Ts-p (bloque 51):

$$Rdry = f (Tamb, Tret, Ts\text{-}p)$$

- con el valor de Rdry (bloque 52), determinar Q2dry, es decir, el caudal del flujo de aire secundario 14 para el funcionamiento en seco (bloque 53), según una función:

$$Q2dry = Rdry * Q1$$

- sobre la base de Q2dry, el valor indicado mediante el bloque 54, determinar la velocidad estimada S2dry para los segundos ventiladores 18, según una función, que se muestra de forma esquemática mediante el bloque 55, del tipo:

$$S2dry = Cspeed1 * Q2dry + Cspeed2$$

dicho valor se muestra esquemáticamente en el bloque 56, con Cspeed1 y Cspeed2 que son coeficientes obtenidos de las características de los ventiladores,

- sobre la base de S2dry, determinar (bloque 57) la potencia estimada absorbida (Pdry) del primer y del segundo ventilador 17 y 18 en funcionamiento en seco,

$$Pdry = Cpower1 * (S2dry)^{Cpower2}$$

dicho valor se muestra de forma esquemática mediante el bloque 58, con Cpower1 y Cpower2 que también son coeficientes obtenidos de las características de los ventiladores.

Con el fin de determinar Pwet, se procederá con el funcionamiento siguiente, que se muestra esquemáticamente en la figura 5:

- detectar Tamb, Hamb, Tret y Q1 (respectivamente bloques 59, 60, 61 y 62);

- con Tamb y Hamb, determinar el valor de la temperatura adiabática (Tadiab) correspondiente al 90 % de humedad (bloque 63):

$$Tadiab = CTA1 + CTA2*Tamb + CTA3*(Tamb)^2 + CTA4*(Tamb)^3$$

Dicho valor se muestra de forma esquemática mediante el bloque 64, con CTA1, CTA2, CTA3 y CTA4 que son coeficientes de función de Hamb, obtenidos del diagrama psicométrico o Carrier,

- con Tadiab, Tret, suministra Ts-p (bloque 66), tal como se ha establecido con anterioridad, determinar Rwet, la razón, en funcionamiento normal húmedo de la unidad de acondicionamiento 11, entre el flujo de aire primario 13 y el flujo de aire secundario 14 (bloque 67):

$$Rwet = f(Tadiab, Tret, Ts\text{-}p)$$

- con Rwet y Q1 (bloque 62), determinar Q2wet, es decir, el caudal de flujo estimado del flujo de aire secundario 14 para el funcionamiento húmedo de la unidad 11 (bloque 68), según una función:

$$Q2wet = Rwet * Q1$$

- sobre la base de Q2wet, el valor indicado por el bloque 68, determinar la velocidad estimada S2wet para los segundos ventiladores 18, según una función, que se muestra de forma esquemática mediante el bloque 69, del tipo:

$$S2wet = Cspeed1 * Q2wet + Cspeed2$$

- sobre la base de S2wet, determinar (bloque 70) la potencia estimada absorbida (Pwet) del primer y del segundo ventilador 17 y 18 en funcionamiento húmedo de la unidad de acondicionamiento 11:

$$Pwet = Cpower1 * (S2wet)^{Cpower2}$$

- al mismo tiempo que Q2wet, Hamb y Tamb, determinar el caudal de flujo de agua W requerido para el funcionamiento húmedo de la unidad de acondicionamiento 11, es decir con los medios de evaporación que utilizan agua 16 y los medios de refrigeración que utilizan agua 31, para el flujo de aire secundario 14, activos (bloque 71):

$$W = (CW1 + CW2*Hamb + CW3*(Hamb^2) + CW4*(Hamb^3))*Q2wet + CW5$$

dicho valor se muestra esquemáticamente con el bloque 72, con los coeficientes CW1, CW2, CW3, CW4, CW5 que se obtienen del consumo de agua de los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16.

Con el fin de determinar Cdry y Cwet, se procede con el funcionamiento siguiente, que se muestra esquemáticamente en la figura 6:

- determinar Cdry multiplicando el valor calculado de la potencia absorbida en funcionamiento en seco (Pdry) por un factor Kp que consiste en el coste de la electricidad (EUR/kW) (bloques 73 y 74):

$$Cdry = Kp * Pdry$$

con el funcionamiento que se muestra de forma esquemática mediante el bloque 75 y el valor resultante de Pdry que se muestra de forma esquemática mediante el bloque 76;

- con los valores de Kp, Pwet, W, Hamb y un factor Kw que consiste en el coste del agua (EUR/ (m^3/hr)) (respectivamente bloques 74, 77, 78, 79, 80), calcular Cwet (bloque 81):

$$Cwet = G*Kw*W + Kp * Pwet$$

dicho valor se muestra esquemáticamente con el bloque 82, con G, que es un factor que depende de la humedad exterior, cuyo valor es:

G = 0.5 para Hamb > 45 %, alta humedad exterior y una sola bomba 29 en funcionamiento de los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16;

G = 0.7 para 30 % < Hamb ≤ 45 %, humedad exterior promedio y dos bombas 29 y 30 en funcionamiento de los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16;

G = 1.05 para Hamb ≤ 30 %, humedad exterior baja, dos bombas 29 y 30 en funcionamiento de los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16 y, si están presentes, medios de refrigeración que utilizan agua 31 activos para el flujo de aire secundario 14 en la entrada.

Si Cdry es mayor que Cwet, entonces conectar los medios de refrigeración por evaporación 16 y/o los medios de

refrigeración que utilizan agua 31, como en el bloque 45.

Si Cdry no es superior a Cwet, pero la temperatura del ambiente externo (Tamb) es superior a la temperatura de retorno Tret del flujo de aire primario 13 en la entrada a la unidad de acondicionamiento 11, conectar los medios de refrigeración por evaporación 16 y/o los medios de refrigeración que utilizan agua 31 para el flujo de aire secundario 14 en la entrada.

Si Hamb < 90 % o Tamb > 18 ºC, la unidad de control electrónico 25 se configura de modo que se fuerce el funcionamiento de la unidad de acondicionamiento 11 en modo seco.

Cuando se selecciona el modo de funcionamiento húmedo, si Hamb > 45 % solo se acciona una bomba 29 de los medios de refrigeración por evaporación 16; si Hamb ≤ 45 %, se accionan dos bombas 29 y 30 de los medios de refrigeración por evaporación 16; si Hamb ≤ 30 %, se accionan dos bombas 29 y 30 de los medios de refrigeración por evaporación 16 y los medios de refrigeración que utilizan agua 31 para el flujo de aire secundario 14 en la entrada, si están presentes, están activos.

La invención también hace referencia a un aparato para llevar a cabo un procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento descrito anteriormente.

Dicho aparato se caracteriza por que comprende:

- unos medios 19, 20, 21, 22, descritos anteriormente, para detectar la temperatura y la humedad para el flujo de aire primario 13 y el flujo de aire secundario 14 en la entrada y en la salida de una unidad de acondicionamiento 11,

- unos medios descritos anteriormente 23, 24 para detectar el caudal de flujo de aire primario 13 y del flujo de aire secundario 14,

- una unidad electrónica de control y gestión 25 adaptada para recoger y procesar los datos detectados por los medios de detección 19, 20, 21, 22, 23, 24 y, sobre la base de dichos datos detectados, adaptada para determinar, sobre la base de los valores de humedad y temperatura exterior y de la demanda de refrigeración, el coste de funcionamiento sin la utilización de agua y con una utilización de agua variable, y, sobre la base del coste de funcionamiento, activar un modo de funcionamiento húmedo en el que los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16 están activos o un modo de funcionamiento en seco en el que los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua 16 están inactivos.

En la práctica, se ha descubierto que la invención logra completamente el propósito y los objetivos previstos.

Dicho procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según la invención, una vez en funcionamiento, sobre la base de las lecturas de los medios de detección, es capaz de determinar de manera predictiva cuál será el coste de funcionamiento sin la utilización de agua y cuál será el coste de funcionamiento con una utilización de agua variable.

La selección de uno u otro modo de funcionamiento se realiza automáticamente por medio de la unidad de control electrónico 25 según una optimización instantánea de los costes Cdry y Cwet.

Con la variación de la humedad y temperatura exterior y de la demanda de refrigeración, el procedimiento de funcionamiento determina cuál es el modo de funcionamiento más económico.

Dicho procedimiento de funcionamiento es tan válido para sistemas con refrigeración libre directa como para sistemas con refrigeración libre indirecta, como el que se ha descrito con anterioridad.

Con la invención, se proporciona un sistema de acondicionamiento y un procedimiento para su funcionamiento que hacen posible una optimización continua de los costes de funcionamiento sobre la base de las condiciones de funcionamiento.

En particular, con la invención se proporciona un sistema de acondicionamiento y un procedimiento para su funcionamiento que permiten variar los parámetros constituidos por los costes locales de electricidad y agua, si estos cambian, y obtener una nueva solución optimizada.

Además, con la invención se proporciona un sistema de acondicionamiento y un procedimiento para su funcionamiento que permiten establecer la selección automática del modo de funcionamiento sobre la base de dos costes diferentes de electricidad, una tarifa nocturna y una tarifa diurna, de modo que la unidad de control electrónica puede volver a parametrizar la optimización en función de la hora del día.

Adicionalmente, con la invención se proporciona un sistema de acondicionamiento y un procedimiento para su

funcionamiento que hacen posible incluir en el coste, no solo la energía absorbida por los ventiladores y el agua, sino también otros sistemas auxiliares opcionales, como un circuito de refrigeración o un sistema de agua refrigerada, y optimizar el coste del conjunto.

La invención, concebida de este modo, resulta susceptible de numerosas modificaciones y variaciones, todas ellas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, todos los detalles se pueden sustituir por otros elementos equivalentes técnicamente.

En la práctica, los componentes y los materiales utilizados, siempre que sean compatibles con la utilización específica, así como las dimensiones y formas contingentes pueden ser cualesquiera de conformidad con los requisitos y con el estado de la técnica.

Cuando las características técnicas mencionadas en cualquier reivindicación vayan seguidas de signos de referencia, dichos signos de referencia se han incluido con el único propósito de aumentar la inteligibilidad de las reivindicaciones y, en consecuencia, dichos signos de referencia no presentan ningún efecto limitativo en la interpretación de cada elemento identificado a título de ejemplo por los mismos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de funcionamiento de un sistema de acondicionamiento (10) del tipo de refrigeración libre para ambientes y en particular para centros de cálculo, comprendiendo dicho sistema de acondicionamiento (10):

- una unidad de acondicionamiento del tipo de refrigeración libre (11) que, a su vez, comprende un intercambiador de calor aire/aire (12), dentro del cual dos flujos de aire (13, 14) intercambian calor, un flujo de aire primario (13), desde y hacia un ambiente que se va a climatizar (15) y un flujo de aire secundario (14), o flujo de proceso, extraído del exterior, y unos medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua (16),

- unos primeros ventiladores (17) para mover dicho flujo de aire primario (13),

- unos segundos ventiladores (18) para mover dicho flujo de aire secundario (14),

comprendiendo dicho sistema de acondicionamiento:

- unos medios (19, 20, 21, 22) para detectar la temperatura y la humedad para el flujo de aire primario (13) y el flujo de aire secundario (14) en la entrada y en la salida de dicha unidad de acondicionamiento (11),

- unos medios (23, 24) para detectar el caudal del flujo de aire primario (13) y del flujo de aire secundario (14),

- una unidad electrónica de control y gestión (25) adaptada para recoger y procesar los datos detectados por dichos medios de detección (19, 20, 21, 22, 23, 24) y, sobre la base de dichos datos detectados, adaptada para determinar, sobre la base de los valores de humedad y temperatura exterior y de la demanda de refrigeración, el coste de funcionamiento sin la utilización de agua y con una utilización de agua variable y, sobre la base del coste de funcionamiento, activar un modo de funcionamiento húmedo en el que los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua (16) están activos, o un modo de funcionamiento en seco, en el que los medios de refrigeración por evaporación que utilizan agua (16) están inactivos,

estando dicho procedimiento caracterizado por que comprende:

- arrancar el sistema de acondicionamiento (10) y detectar, por medio de los medios de detección, los valores de temperatura (Tamb, Tsupply, Tret, Tex), humedad (Hamb, Hsupply, Hret, Hex) y caudal (Q1, Q2) del flujo de aire primario (13) y del flujo de aire secundario (14),

- determinar el coste del funcionamiento del sistema en seco (Cdry), es decir, sin utilizar agua, y el coste del funcionamiento del sistema húmedo (Cwet), es decir, utilizando agua;

- evaluar si el valor de la temperatura del ambiente externo (Tamb) es inferior a un valor de temperatura preestablecido, y si el valor de la humedad del ambiente externo (Hamb) es superior a un valor de humedad preestablecido;

- si la temperatura del ambiente externo (Tamb) es más baja que el valor de temperatura preestablecido o la humedad del ambiente externo (Hamb) es superior al valor de humedad preestablecido, entonces desconectar los medios de refrigeración por evaporación (16) y los medios de refrigeración que utilizan agua (31) para el flujo de aire secundario (14) en la entrada, si están presentes,

- si la temperatura del ambiente externo (Tamb) no es inferior al valor de temperatura preestablecido y la humedad del ambiente externo (Hamb) no es superior al valor de humedad preestablecido, entonces verificar si el coste de funcionamiento del sistema en seco (Cdry) es mayor que el coste de funcionamiento del sistema húmedo (Cwet);

- si el coste de funcionamiento del sistema en seco (Cdry) es mayor que el coste de funcionamiento del sistema húmedo (Cwet), entonces conectar los medios de refrigeración por evaporación (16) y/o los medios de refrigeración con agua (31), si están presentes;

- si el coste de funcionamiento del sistema en seco (Cdry) no es mayor que el coste de funcionamiento del sistema húmedo (Cwet), entonces verificar si la temperatura del ambiente externo (Tamb) es superior a la temperatura de retorno (Tret) del flujo de aire primario (13) en la entrada a la unidad de acondicionamiento (11);

- si la temperatura del ambiente externo (Tamb) es superior a la temperatura de retorno (Tret) del flujo de aire primario (13) en la entrada a la unidad de acondicionamiento (11), entonces, entonces conectar los medios de refrigeración por evaporación (16) y/o los medios de refrigeración que utilizan agua (31) para el flujo de

aire secundario (14) en la entrada, si están presentes;

- si la temperatura del ambiente externo (Tamb) no es superior a la temperatura de retorno (Tret) del flujo de aire primario (13) en la entrada a la unidad de acondicionamiento (11), entonces, entonces desconectar los medios de refrigeración por evaporación (16) y/o los medios de refrigeración que utilizan agua (31) para el flujo de aire secundario (14) en la entrada, si están presentes.

2. Procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos medios de refrigeración por evaporación (16) comprenden;

- unas boquillas (27) para distribuir agua de refrigeración dentro de dicho intercambiador aire/aire (12),

- un depósito (28) para recoger el agua que no se ha evaporado,

- una o más bombas de recirculación (29, 30) para extraer agua de dicho depósito de recogida (28) y enviarla hacia dichas boquillas (27).

3. Procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicha unidad de acondicionamiento (11) comprende unos medios de refrigeración que utilizan agua (31) para el flujo de aire secundario (14) en la entrada de la unidad de acondicionamiento (11).

4. Procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dichos medios para detectar la temperatura y la humedad para el flujo de aire primario (13) en la entrada de la unidad de acondicionamiento (11) están constituidos por una primera sonda (19), que está dispuesta de manera que intercepte el flujo de aire primario (13) que llega del ambiente que se va a climatizar (15), en una zona de entrada (37) de dicha unidad de acondicionamiento (11).

5. Procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dichos medios para detectar la temperatura y la humedad del flujo de aire primario (13) en la salida de la unidad de acondicionamiento (11), presentan una segunda sonda (20).

6. Procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dichos medios para detectar la temperatura y la humedad para el flujo de aire secundario (14) en la entrada de la unidad de acondicionamiento (11) están constituidos por una tercera sonda (21) que está dispuesta de manera que intercepte el flujo de aire secundario (13) que llega desde el ambiente externo en una zona de entrada (33) correspondiente de la unidad de acondicionamiento (11).

7. Procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dichos medios para detectar la temperatura y la humedad para el flujo de aire secundario (14) en la salida de la unidad de acondicionamiento (11) en una zona de salida (39) de la unidad (11) hacia el exterior están provistos de una cuarta sonda (22).

8. Procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dichos medios para detectar el caudal del flujo primario (13) están constituidos por una quinta sonda (23) que está dispuesta en la zona de salida (38) de la unidad de acondicionamiento (11) hacia el ambiente que se va a climatizar (15).

9. Procedimiento de funcionamiento del sistema de acondicionamiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dichos medios para detectar el caudal del flujo de aire secundario (14) están constituidos por una sexta sonda (24), que está dispuesta en la zona de salida (39) del flujo de aire secundario (14) de la unidad de acondicionamiento (11) hacia el exterior.

10. Procedimiento de funcionamiento según una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que:

- dicho coste de funcionamiento del sistema en seco (Cdry) es una función de la potencia estimada (Pdry) absorbida por los ventiladores (17, 18) durante el funcionamiento de la unidad de acondicionamiento (11) sin utilizar agua;

- dicho coste de funcionamiento del sistema húmedo (Cwet) es una función de la potencia estimada (Pwet) absorbida por los ventiladores (17, 18) con la unidad de acondicionamiento (11) que funcionan con agua y del consumo de agua (W).

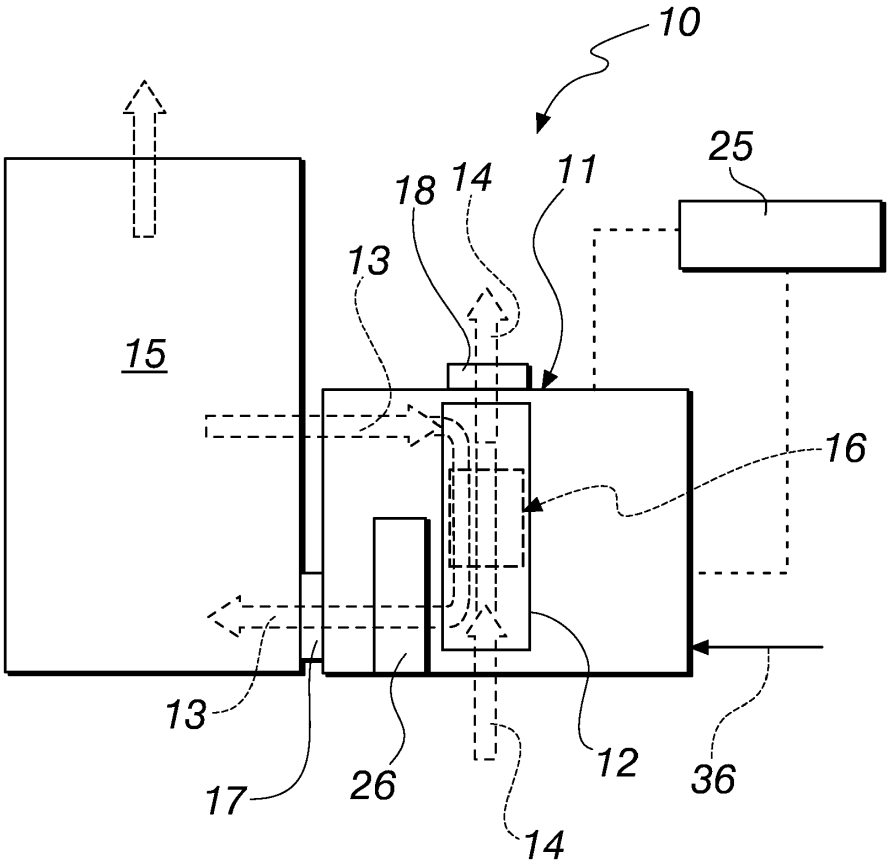

Fig. 1

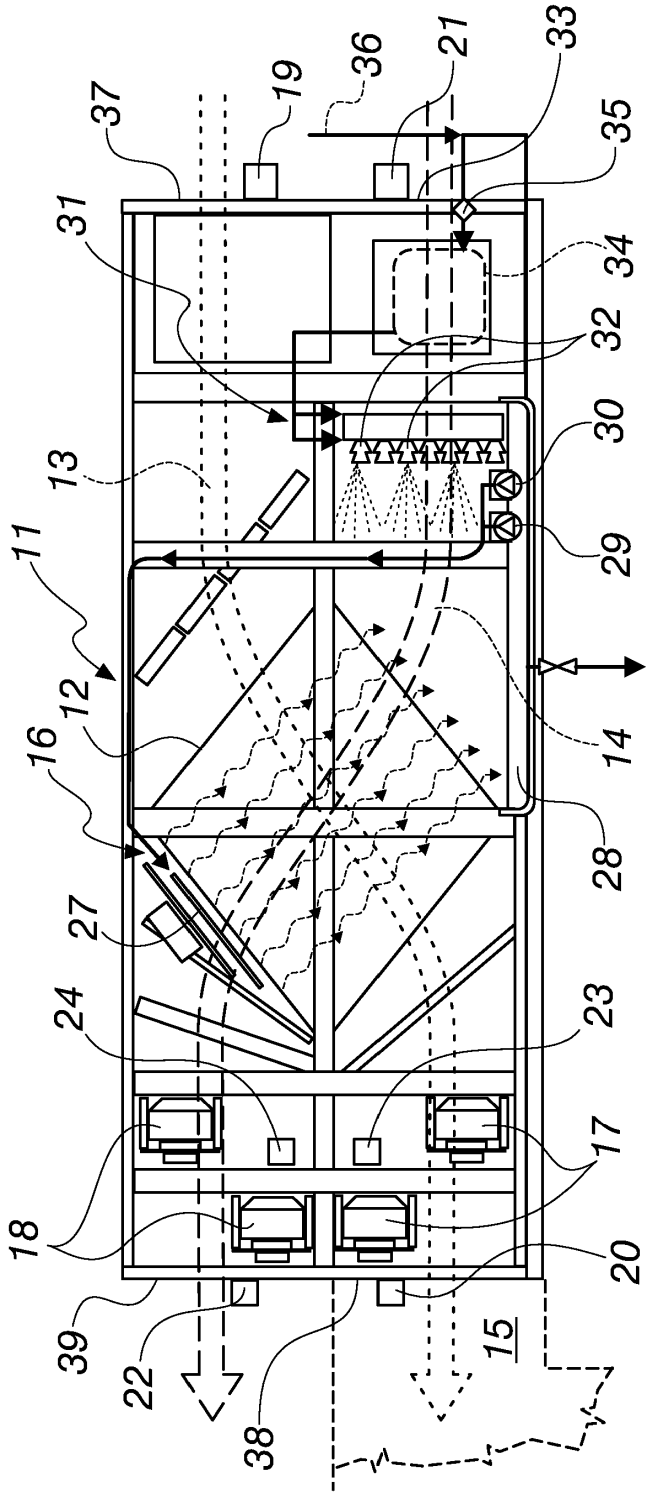
37
19
36
21
33
35
31
34
32
30
13
29
11
12
16
14
28
27
24
23
17
18
20
39
22
38
15

Fig. 2

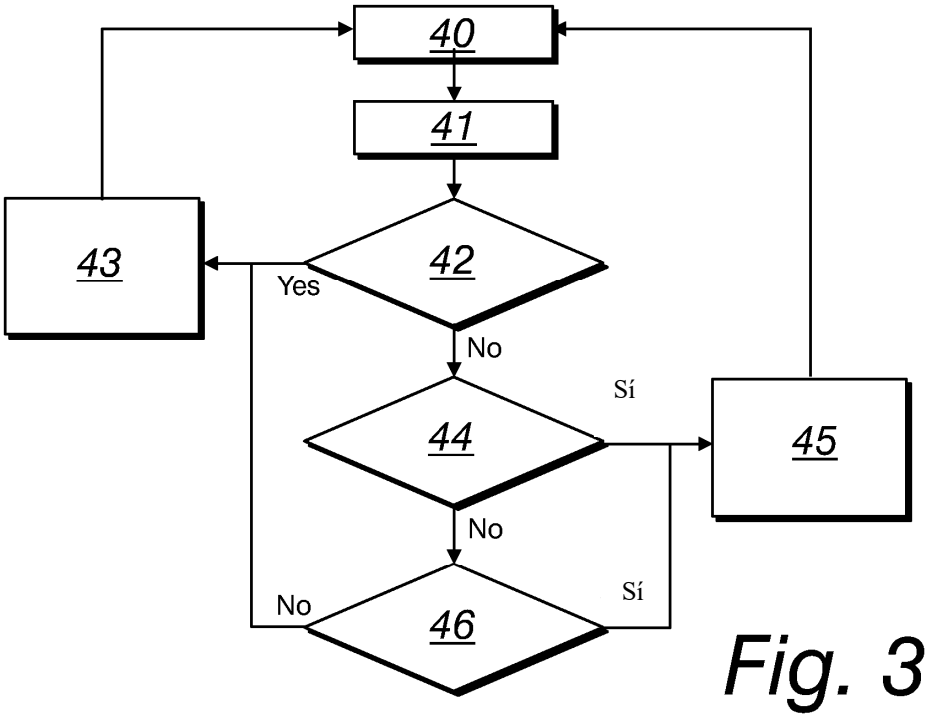
40
41
42
43
Yes
No
44
Sí
45
No
46
No
Sí

Fig. 3

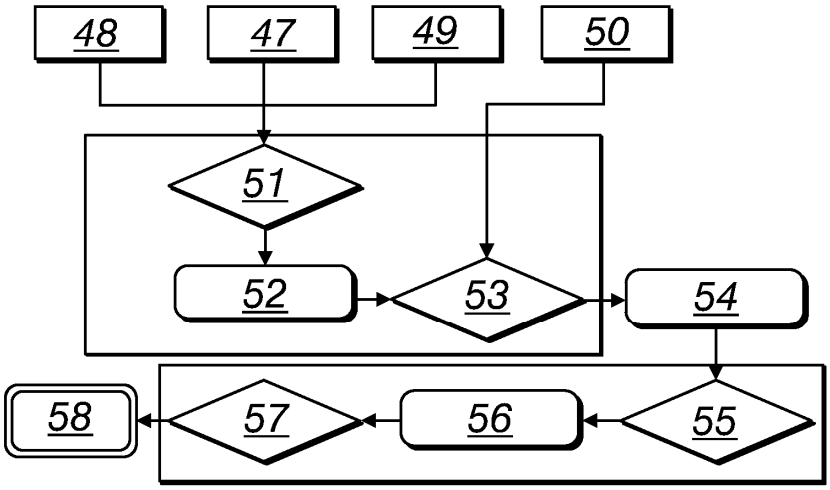
48
47
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58

Fig. 4

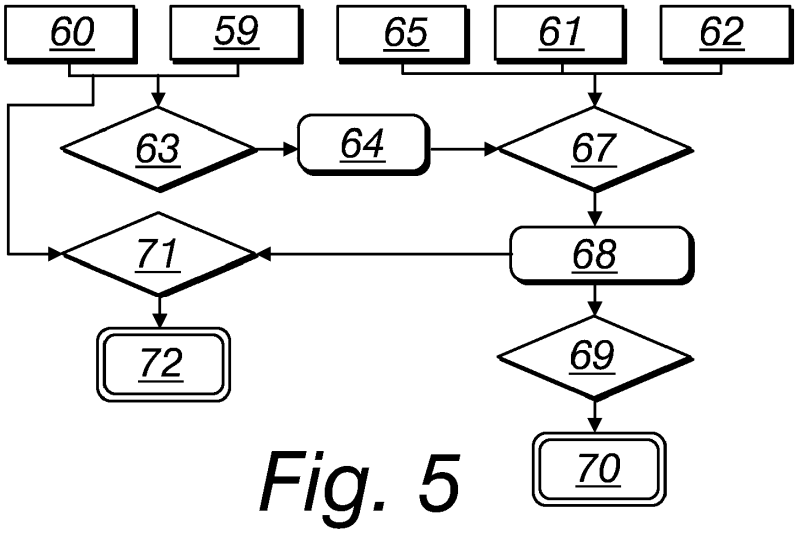

Fig. 5

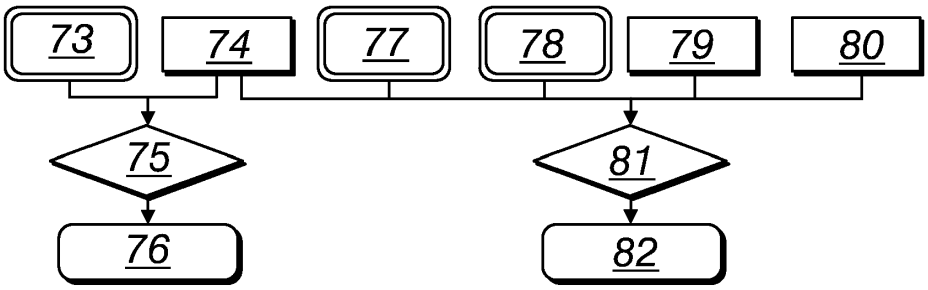

Fig. 6