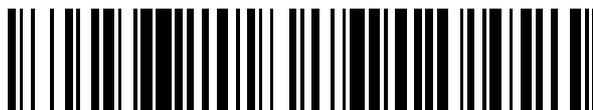


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 071**

51 Int. Cl.:

**F24F 11/02** (2013.01)  
**F24F 11/04** (2013.01)  
**F24F 11/00** (2008.01)  
**F24F 11/053** (2013.01)  
**F24F 3/044** (2006.01)  
**F24D 19/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2013 E 13382348 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018 EP 2846103**

54 Título: **Método de regulación para un sistema de aire acondicionado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.04.2018**

73 Titular/es:

**AERIS SOLUCIONES DE CONTROL, S.L (50.0%)**  
**C/ Gaviero -Edif. Andujar, 1ºD.**  
**Urbanizacion Alicate**  
**29604 Marbella Málaga, ES y**  
**INGEVERT 2000, S.L. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**MEDIATO MARTÍNEZ, ANTONIO;**  
**GARCÍA VACAS, FRANCISCO y**  
**VERTEDOR SÁNCHEZ, FRANCISCO**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 666 071 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método de regulación para un sistema de aire acondicionado

**5 Objeto de la invención**

Es objeto de esta invención un método de regulación para un sistema de aire acondicionado y su sistema de aire acondicionado, adecuado para regular la temperatura de una pluralidad de zonas de forma independiente.

10 El sistema de aire acondicionado comprende una máquina de ciclo térmico. Según diversos ejemplos de realización la máquina de ciclo térmico es capaz de entregar un flujo de aire frío, un flujo de aire caliente o ambos. Este flujo es dividido en flujos menores aportados a cada una de las zonas a regular. El método según la invención permite la regulación de estos flujos menores así como de las condiciones operativas de la máquina de ciclo térmico.

15 El método según diversos modos de llevarse a cabo incorpora adicionalmente variantes más complejas en las que intervienen variables tales como la presión o la inercia térmica.

Igualmente, según un modo de realización, el sistema de aire acondicionado incorpora una configuración particular de distribuidor que simplifica la instalación de dicho sistema de regulación.

20

**Antecedentes de la invención**

Los sistemas de aire acondicionado hacen uso de una máquina de ciclo térmico adaptada para generar frío, calor o ambos, como es el caso de las bombas de calor.

25

Cuando el área a acondicionar no es única sino que está sectorizada, el flujo único de aire entregado por la máquina de ciclo térmico debe ser dividido en flujos menores adecuados a las condiciones particulares de cada zona.

30 Cada zona puede tener requerimientos de temperatura distintos y también puede necesitar flujos distintos provenientes de la máquina de ciclo térmico, ya que cada área puede presentar un volumen distinto, aislamientos diferentes o inercias térmicas también distintas.

35 Son conocidos en el estado de la técnica sistemas de aire acondicionado en los que la máquina de ciclo térmico entrega el flujo principal de aire a un conducto único. Este flujo principal se divide en flujos menores haciendo uso de conexiones con derivaciones a conductos de sección menor, donde la sección de cada uno de los conductos posteriores a la derivación es elegida proporcional al flujo que debe transportar; y a su vez, proporcional a los requisitos de las zonas en las que estos conductos desembocan.

40 En estos sistemas el único posible ajuste de las condiciones de los flujos que llegan a cada una de las zonas es, o bien el de la máquina de ciclo térmico, o bien el uso de rejillas en las salidas de los conductos que cierran el flujo de salida total o parcialmente.

45 En el caso de hacer uso de este tipo de salida regulable, uno de los problemas que generan es que descompensan la totalidad de los flujos que salen por el resto de las salidas, por lo que la regulación individualizada no es siempre posible.

50 La presente invención es un método de regulación para un sistema de aire acondicionado que, de forma automática, regula individualmente las condiciones del flujo de salida en cada una de las zonas a acondicionar, así como las condiciones de operación de la máquina de ciclo térmico.

55 El documento US 5.076.346 A describe un aire acondicionado en el que la temperatura en una pluralidad de salas se controla de forma independiente y después de controlar la apertura y el cierre de las compuertas de las habitaciones, es capaz de controlar el volumen de aire, controlando la apertura y el cierre de cada compuerta, en función de la temperatura en la habitación con el amortiguador correspondiente, o determinando automáticamente si selecciona calefacción y refrigeración, dependiendo de la temperatura de cada habitación y de un aire externo.

**Descripción de la invención**

60 La presente invención es un método de regulación definido en la reivindicación 1 de un sistema de aire acondicionado adecuado para acondicionar la temperatura de un conjunto de  $n$  zonas. Cada una de estas  $n$  zonas puede tener requisitos de temperatura distintos, definibles mediante lo que se denominará "temperatura de consigna". También es posible que físicamente dos o más zonas no estén físicamente separadas, por ejemplo por una pared, pero dadas sus dimensiones sea adecuado identificar dos zonas adyacentes y que tales zonas tengan requisitos distintos. Este puede ser el caso de un salón de grandes dimensiones, donde en un lado de dicho salón se

requiere una temperatura menor que la del otro lado.

También es necesario indicar que a lo largo de la descripción se hará uso de una notación funcional, por ejemplo de la forma  $y = f(x)$  indicando que la variable dependiente  $y$  depende de la variable independiente  $x$ ; y la función  $f$  es la que establece la dependencia entre ambas. La relación entre una y otra variable vendrá determinada por ejemplo por expresiones particulares de la función  $f$ . Esta notación no obstante, deberá en todo momento interpretarse como que la variable  $y$  depende de la variable  $x$ , si bien no obstante es posible que también dependa de otras variables. Esto es, las expresiones de la forma  $y = f(x)$  no deben ser interpretadas como que la dependencia es estrictamente de una variable, en este caso la variable  $x$ , sino que al menos depende de la variable  $x$ . Dicho de otra forma, la expresión  $y = f(x)$  debe interpretarse como una expresión abreviada de  $y = f(x, \dots)$  y por lo tanto especificar que  $y$  es función de  $x$  admite que dicha variable  $y$  puede también depender de otras variables adicionales.

Tal y como se ha indicado, el método de regulación actúa sobre un sistema. El sistema al menos comprende:

- 15 a) *una máquina de ciclo térmico para la generación de un flujo de aire a una determinada temperatura, y una presión superior a la presión atmosférica, donde dicha máquina dispone de un interfaz de entrada de señal adaptado para especificar al menos, o la velocidad del ventilador de la máquina  $V_m$ , o la temperatura de consigna de la máquina  $T_m$ , o ambas; permitiendo la regulación de la potencia térmica y el ajuste del caudal de aire suministrado,*
- 20 b) *un distribuidor que comprende:*
  - *una entrada acoplada a la salida de la máquina,*
  - *una pluralidad  $n$  de salidas para acondicionar una pluralidad de zonas, donde cada una de las salidas  $i = 1 \dots n$  a su vez comprende una válvula con un actuador graduable según un grado de apertura  $A_i$ ,*
- 25 c) *un conjunto de  $n$  sensores de temperatura  $STz_i$ ,  $i = 1 \dots n$  destinados cada uno de ellos a situarse en cada una de las zonas a acondicionar, para proveer de una señal  $Tz_i$  de temperatura medida en la zona  $i$ -ésima,*
- d) *una unidad central de proceso que al menos comprende:*
  - *$n$  entradas de señal para la lectura de la temperatura  $Tz_i$ , en cualquiera de los sensores  $STz_i$ ,  $i = 1 \dots n$ ,*
  - 30 -  *$n$  entradas de valor para la lectura de la temperatura de consigna en cada una de las zonas a acondicionar  $Tc_i$ ,  $i = 1 \dots n$ ,*
  - *$n$  salidas para proveer de señales de actuación, para la gestión independiente de cada uno de los  $n$  actuadores graduables de las válvulas, situadas en cada una de las salidas del distribuidor,*
  - *una salida para proveer de señal de actuación sobre el interfaz de entrada de la máquina de ciclo térmico*
  - 35 *para modificar sus parámetros operativos.*

La máquina de ciclo térmico provee de un flujo de aire, o bien caliente o bien frío, y admite al menos la regulación o bien de la velocidad del ventilador  $V_m$ , o bien de la temperatura de consigna  $T_m$ , o bien de ambas. El modo habitual de admitir esta regulación es incorporando un interfaz. Esta interfaz recibe una señal para comandar órdenes que son interpretadas por la máquina de ciclo térmico. De este modo se establece el valor de la velocidad del ventilador  $V_m$  o de la temperatura de consigna de la máquina  $T_m$  a partir de dicha señal. Esta señal puede ser analógica o digital, en cuyo caso el interfaz puede ser complejo al admitir protocolos de comunicaciones gestionables mediante software.

La máquina de ciclo térmico provee del flujo entregándolo a un distribuidor. El distribuidor debe ser interpretado como cualquier elemento interpuesto entre la máquina y las salidas de flujo que llega a cada zona encargado de transportar el flujo. Este distribuidor también dispone de derivaciones para que el flujo principal sea dividido en flujos menores que alcanzan cada una de las zonas.

Esto es, el distribuidor dispone de una pluralidad  $n$  de salidas para acondicionar la pluralidad de zonas. Cada una de estas salidas comprende una válvula con un actuador graduable según un grado de apertura  $A_i$ , siendo  $i = 1 \dots n$  el índice que identifica la válvula o la salida. Esta válvula no tiene necesariamente que estar situada en el punto de salida de aire a la zona  $i$ -ésima, pero sí que está en un lugar que regula de forma individual dicha salida.

El grado de apertura  $A_i$  es una variable que toma valores en el rango  $[0,1]$ , donde 0 indica que la válvula está cerrada y 1 que la válvula está abierta. Si bien se ha adoptado esta convención y así aparecerá en esta descripción y en las reivindicaciones, se entiende que sería posible adoptar convenciones tales como que dicha variable toma valores en el rango  $[a, b]$  siendo  $a$  el valor que corresponde a tener la válvula cerrada y  $b$  el valor que corresponde a tener la válvula abierta. No obstante, se entiende que definir variables que tienen su dominio de recorrido en uno u otro rango, están relacionadas por una transformación biyectiva sencilla (preferentemente lineal) y por tanto equivalente. Es más, hacer uso de una variable que tiene su recorrido en el intervalo  $[a, b]$  es equivalente a considerar que tiene su recorrido en el rango  $[0,1]$  pero adicionalmente es objeto de una transformación por ejemplo lineal.

Por el mismo motivo, intercambiar la referencia abierto por cerrado es también equivalente a considerar que la transformación biyectiva tiene signo negativo. Por las razones indicadas, se entiende que cualquier modo de establecer una variable adoptando valores en un determinado rango, para establecer los grados de apertura entre el máximo y el mínimo son equivalentes a hacer uso de un parámetro que tiene su recorrido en el rango [0,1], tal y como se hará a lo largo de esta descripción y las reivindicaciones.

Cada una de las zonas también tiene un sensor que proveen de una señal indicativa de la temperatura leída en dicha zona. Cada uno de estos sensores alimenta una entrada de una unidad central de proceso. Esta unidad central de proceso también recibe como entrada los valores de temperatura de consigna de cada zona. Estos valores de consigna, son los valores objetivo a los que el sistema de aire acondicionado debe tender a conseguir de forma individualizada.

Esta unidad central de proceso, llevando a cabo el método de regulación según la invención, provee de salidas que comandan cada una de las válvulas para la gestión de cada una de las zonas y una salida que modifica el comportamiento de la máquina de ciclo térmico.

El método está definido a partir de las siguientes etapas ejecutadas de forma iterativa mientras se lleva a cabo la regulación:

– llevar a cabo un procesado de las señales de temperatura que comprende los siguientes pasos:

○ establecer el valor de un coeficiente  $C_t$ , asociado al grado de apertura de la pluralidad de válvulas, tomando inicialmente el valor 0, donde el valor igual a 0 implica que todas las válvulas están cerradas y el valor 1 que todas las válvulas están abiertas,

○ para cada zona  $i = 1 \dots n$ , verificar el valor del error entre la temperatura de consigna y la temperatura medida  $|T_{c_i} - T_{z_i}|$ , de tal modo que si dicho error es mayor que un valor de umbral  $H_T$  predeterminado, entonces se modifica el grado de apertura de la válvula  $i$ -ésima mediante una señal actuando en el actuador graduable según la relación  $A_i = f_t(T_{c_i} - T_{z_i})$ . siendo  $f_t$  una función creciente acotada entre 0 y 1; y, el valor acumulado del coeficiente  $C_t$  se incrementa con el valor  $A_i/n$ ,

– proveer de una señal dependiente de  $C_t$  en el interfaz de la máquina de ciclo térmico, para especificar la velocidad del ventilador de la máquina  $V_m$  de aire, la temperatura de consigna de la máquina  $T_m$ ; o ambas.

En cada iteración se valora para cada zona la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura medida. En una determinada zona, si la diferencia en valor absoluto es superior a un valor umbral preestablecido, entonces se entiende que ha de corregirse la temperatura.

Supongamos como un ejemplo particular que las condiciones ambientales son de excesivo calor y la máquina de ciclo térmico está operando generando frío. Si la temperatura de una determinada zona  $i$ -ésima es suficientemente próxima a la temperatura de consigna entonces no es necesario corregir la temperatura. Si por el contrario esta diferencia supera el valor umbral, entonces la válvula que corresponde a la salida de la zona  $i$ -ésima debe ser abierta para proveer de frío. Se entiende que las temperaturas de consigna en este caso deben estar siempre por encima de la temperatura que provee la máquina en modo frío, para que al proveer de aire se consiga el objetivo que es aproximar la temperatura existente a la temperatura de consigna.

Por este motivo, en un ejemplo de realización, el signo del argumento del error medido en valor absoluto se tiene en cuenta para cambiar el comportamiento de la máquina de ciclo térmico, de tal modo que pueda cambiar de generar frío a generar calor.

El grado de apertura de la válvula dependerá del grado de separación entre la temperatura de consigna y la temperatura medida, exigiendo que la dependencia entre una y otra variable es mediante una función creciente. La función creciente más sencilla es una función lineal de pendiente positiva, no obstante, es posible hacer uso de funciones potenciales que den lugar a diferentes grados de respuesta según el grado de divergencia entre la temperatura de consigna y la temperatura medida.

El grado de apertura  $A_i$  establece la actuación que debe llevar a cabo la unidad central de proceso sobre la válvula que gestiona la zona  $i$ -ésima. No obstante, también se utiliza para el cálculo de un valor global  $C_t$  acumulado. Dado que los valores  $A_i$  con  $i = 1 \dots n$  están acotados entre 0 y 1, la cantidad

$$C_t = \sum_{i=1}^n A_i/n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$$

también está acotada entre 0 y 1.

La variable acumulada  $C_t$  es la que permite determinar la velocidad del ventilador de la máquina de ciclo térmico, su temperatura de consigna o ambas, dado que esta variable acumulada es un indicativo de las necesidades globales de todas las zonas. Por ejemplo, si la variable  $C_t = 0$ , significa que cada una de las medidas ha dado lugar a que  $A_i = 0$ . En este caso todas las válvulas serán cerradas y no sería necesario que la máquina de ciclo térmico estuviese en marcha. En este caso particular incluso la unidad central de proceso puede ordenar a la máquina de ciclo térmico que se pare.

Si por el contrario la variable  $C_t = 1$ , significa que cada una de las medidas ha dado lugar a que  $A_i = 1$ . En este caso las necesidades en cada zona son máximas. Todas las válvulas habrán sido abiertas y la máquina debe conseguir aportar un flujo que permita acercar las temperaturas medidas a las temperaturas de consigna, corrigiendo dicha desviación.

Los modos particulares de establecer las dependencias entre variables y un control más complejo, haciendo uso de variables adicionales tales como la presión y la inercia térmica, serán descritos más adelante en la exposición detallada de la invención haciendo uso de figuras y esquemas.

### Descripción de los dibujos

Estas y otras características y ventajas de la invención, se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de una forma preferida de realización, dada únicamente a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, con referencia a las figuras que se acompañan.

Figura 1 En esta figura se muestra un ejemplo de realización de un primer bloque BL1 de inicialización de variables para llevar a cabo un ejemplo de control de un sistema de aire acondicionado.

Figura 2 En esta figura se muestra un ejemplo de realización de un segundo bloque BL2 de control de la temperatura y de la presión para la gestión del aire acondicionado en un número  $n$  de zonas.

Figura 3 En esta figura se muestra un ejemplo de realización de un tercer bloque BL3 de control de la temperatura teniendo en cuenta efectos de inercia térmica en cada una de las zonas.

Figura 4 En esta figura se muestra un ejemplo de realización de un cuarto bloque BL4 de control de la máquina a través de su interface para la actuación de diversos parámetros.

Figura 5 En esta figura se muestra un ejemplo de realización en el que se combinan los cuatro bloques de control para la gestión de todo el sistema de aire acondicionado.

Figura 6 En esta figura se muestra un ejemplo del estado de la técnica, donde a partir de una máquina de ciclo térmico se acondiciona un número determinado de zonas.

Figura 7 En esta figura se muestra un esquema del ejemplo de realización de la invención en donde se muestra una implementación del método, así como del sistema que permite llevar a cabo el método de control.

Figura 8 En esta figura se muestra un ejemplo de realización de un distribuidor que integra la totalidad de las válvulas de gestión de cada una de las zonas así como el sensor de presión.

### Exposición detallada de la invención

La presente invención es un método de regulación de un sistema de aire acondicionado, adecuado para acondicionar la temperatura de un conjunto de  $n$  zonas.

Las zonas no tienen necesariamente que corresponder a habitaciones delimitadas por paredes de tal modo que queden compartimentadas. Es posible por ejemplo, en una habitación grande, definir distintas zonas que, en modo operativo, tienen temperaturas de consigna distintas y dichas zonas no están delimitadas por separaciones físicas.

En el ejemplo de realización que se va a describir en base a las figuras, se ha considerado un sistema que lleva a cabo una gestión conforme a un primer aspecto de la invención, en el que se tienen en cuenta las temperaturas de cada una de las zonas; y, conforme a un modo particular de regulación donde también se tiene en cuenta la presión así como la inercia térmica.

La figura 1 muestra esquemáticamente un primer bloque BL1, donde se inicializa un conjunto de variables que serán utilizadas en bloques de control que se describirán a continuación. Este bloque BL1 de inicialización de variables comprende las siguientes variables introducidas por el usuario:

- 5
- $MF$ , que especifica el modo operativo de la máquina de ciclo térmico, tomando el valor -1 para indicar que la máquina genere frío y 1 si se establece que la máquina genere calor;
  - $H_T$  es el valor de umbral predeterminado por el usuario, como el valor a partir del cual la diferencia en una zona entre la temperatura de consigna y la temperatura leída es suficiente como para que el sistema tome medidas correctoras,
  - 10 -  $H_p$  es el valor de umbral predeterminado por el usuario, como el valor a partir del cual la diferencia en el interior del distribuidor entre la presión de consigna y la presión leída es suficiente como para que el sistema tome medidas correctoras,
  - $H_i$  es el valor de umbral predeterminado por el usuario, como el valor a partir del cual la diferencia en una zona entre la temperatura de consigna y la temperatura leída en la gestión de la inercia térmica es suficiente como para que el sistema tome medidas correctoras.
- 15

El valor de  $MF$  es introducido en la máquina de ciclo térmico así como  $MP$ , la variable que indica si la máquina ha de estar en marcha o parada. En este caso particular toma el valor 1 cuando la máquina está encendida y 0 cuando la máquina está parada. La indicación S1 únicamente refleja la dirección del flujo de ejecución de los pasos seguidos en el método, de forma que en la figura 5 es posible identificar la relación entre los distintos bloques que se describen de forma individualizada.

20

Una vez que las variables indicadas han sido inicializadas, en este ejemplo de realización se lleva a cabo un método iterativo de gestión de la temperatura cuyos pasos se muestran en el segundo bloque BL2 de la figura 2. Este método iterativo se ejecuta con una frecuencia  $D_S$ , de forma que se entiende que los pasos que comprende el método iterativo se pueden llevar a cabo en menos tiempo y, al llegar al final del bucle se establece un tiempo de espera tal que la frecuencia de ejecución de todo el bucle da lugar a la frecuencia  $D_S$ .

25

Dado que en este ejemplo de realización además de la temperatura también se va a gestionar la presión, en el mismo paso, se indica que el usuario también establece la presión de consigna  $P_c$ .

30

Si bien, en el esquema mostrado en el segundo bloque BL2 de la figura 2 se muestran los dos bucles de gestión de la temperatura y de la presión, primero se va a describir el bucle de gestión de la temperatura y después el bucle de gestión de la presión.

35

El bucle de gestión de la temperatura recorre la totalidad de las zonas, de ahí que el índice  $i$  tome inicialmente el valor 0 y se utilice como un contador para verificar que todas las zonas han sido evaluadas. También se pone a cero la variable  $C_t$ , donde se recoge el valor acumulado del grado de apertura de las válvulas, donde a su vez cada válvula es la que establece el grado de aporte de flujo que proviene de la máquina de ciclo térmico a cada zona. Si una zona alcanza la temperatura de consigna, no es necesario acondicionarla aportando aire proveniente de la máquina y por lo tanto, la válvula de esa zona se mantiene cerrada. Para llevar a cabo esta actuación, en el segundo bloque BL2 se muestra la rama de etapas de la izquierda donde, tras incrementar el contador  $i$  de zonas en una unidad se hace una lectura de la sonda o sensor de temperatura  $STz_i$  que establece el valor de lectura  $Tz_i$ . El valor leído de temperatura  $Tz_i$  es comparado con el valor de temperatura de consigna introducido por el usuario  $Tc_i$ , de modo que si la diferencia en valor absoluto es mayor que el valor umbral  $H_T$ , entonces se establece un grado de apertura  $A_i$  de la válvula que permite la salida de aire que proviene de la máquina de ciclo térmico a la zona  $i$ -ésima. El grado de apertura  $A_i$  de la válvula en función de la diferencia de temperaturas es una función creciente, de tal modo que a mayor diferencia mayor es el grado de apertura de dicha válvula. Si la diferencia de temperaturas no supera el umbral  $H_T$ , entonces se establece que el grado de apertura  $A_i$  de la válvula toma el valor 0. Establecido el grado de apertura de la válvula, el método actúa sobre dicha válvula para que la apertura sea la determinada por el valor  $A_i$ .

40

45

50

En el siguiente paso, la variable  $C_t$  se incrementa con el valor del grado de apertura  $A_i$  de la válvula  $i$ -ésima. En el bloque BL2 se utiliza el operador incremento "+=", utilizado por ejemplo en el lenguaje de programación C, para denotar que la variable a su izquierda se incrementa con el valor situado a la derecha de dicho operador.

55

El bucle iterativo termina cuando se han recorrido las  $n$  zonas y es cuando el valor acumulado se divide por  $n$ , de modo que si el grado de apertura  $A_i$  de cada válvula es una variable que toma valores entre 0 y 1 entonces la variable  $C_t$  también toma valores entre 0 y 1, independientemente del número de zonas.

60

Esta medida de normalización de las variables permite una programación sencilla de los algoritmos que llevan a cabo este método y no requiere tener en cuenta factores de escalado. Si por el contrario no se lleva a cabo este escalado, se entiende que se está llevando a cabo este mismo método de una forma equivalente, siempre y cuando

se tenga en cuenta el valor mínimo y máximo de cada variable.

En este ejemplo de realización, el bucle de control de la temperatura conforme al primer aspecto de la invención se lleva a cabo en paralelo junto a otro bucle de gestión, el de la presión.

5 El bucle de presión lleva a cabo una lectura de la presión  $P_d$  en el interior del distribuidor por medio del sensor de presión  $SP_d$ . El valor de la presión es comparado con el valor de consigna  $P_c$ , de forma que si la diferencia en valor absoluto supera el valor umbral  $H_p$  predefinido, entonces se calcula un factor  $C_p$ . Si la diferencia en valor absoluto no supera dicho umbral  $H_p$ , entonces el factor  $C_p$  toma el valor 0.

10 En este ejemplo de realización, la función  $f_p$  que relaciona el valor  $C_p$  respecto de sus argumentos, presión medida en el interior del distribuidor y presión de consigna, es decreciente. El cierre de las válvulas de las zonas que no están en demanda, hace que la diferencia entre estas presiones sea mayor, lo que indica que se está introduciendo un flujo mayor del necesario a las zonas que permanecen en demanda. De esta forma, es posible por ejemplo, reducir la velocidad del ventilador de la máquina de ciclo térmico.

15 En general, los parámetros  $C_t$  y  $C_p$  son los parámetros que provee el segundo bloque BL2 para posteriormente ser utilizados en la introducción de señales en el interfaz de la máquina de ciclo térmico, modificando adecuadamente la temperatura de consigna, la velocidad del ventilador o ambas variables.

20 Las actuaciones sobre elementos del sistema de aire acondicionado por lo tanto son dos, una primera de gestión de las válvulas en cada bucle iterativo; y, una segunda fuera del bucle iterativo sobre la máquina de ciclo térmico a través de su interfaz y con los valores acumulados obtenidos en tales bucles iterativos.

25 La figura 3 muestra un tercer bloque BL3, dedicado a la gestión de la inercia térmica. Las correcciones por inercia térmica se llevan a cabo sobre zonas que no responden de forma adecuada a lo largo del tiempo y que requieren de un nivel de actuación mayor; esto es, un flujo mayor de aire proveniente de la máquina de ciclo térmico.

30 Si bien los bucles de control del segundo bloque BL2 tienen una determinada frecuencia  $D_s$ , este tercer bloque BL3 compuesto principalmente por un bucle de gestión de la inercia térmica requiere especificar una frecuencia  $D_I$ , que en principio es distinta que la frecuencia  $D_s$  del segundo bloque BL2.

35 También se especifican por el usuario dos parámetros,  $m$  y  $M$ . La inercia térmica se establece llevando a cabo una pluralidad de lecturas de la temperatura a lo largo del tiempo. El parámetro  $m$  es el número de registros máximo.  $M$  es un factor multiplicativo para la corrección de la inercia térmica que intervendrá en fórmulas que se detallarán más adelante.

40 En este ejemplo de realización, los registros se almacenan en una lista  $R_j$  de  $m$  elementos, donde ahora  $j$  es el índice que indica la zona  $j$ -ésima. De esta forma, la lista de  $m$  elementos en la zona  $j$ -ésima se puede denotar con dos subíndices de la forma  $R_{j1}, \dots, R_{jm}$

45 En este tercer bloque también se utilizará el índice  $k$ . Este índice  $k$  será empleado para llevar el recuento de las zonas que no se comportan adecuadamente por problemas de inercia térmica. En una primera etapa el índice  $j$ , el índice  $k$  y el coeficiente que almacenará un valor acumulado  $C_j$  toman el valor inicial 0.

50 El bucle recorre todas las zonas, de ahí que el primer paso del interior del bucle incremente el contador  $j$ . El valor de la temperatura de consigna está especificado por el usuario. Aunque esta entrada está en el interior del bucle, el usuario puede especificarlo una única vez. El sensor de temperatura  $STz_j$  es el que aporta las lecturas que van generando la lista de  $m$  registros. Aunque la lista dispone de estos  $m$  registros, las fórmulas que utilizan estos registros para determinar si hay problemas de inercia térmica, no necesariamente deben utilizar los  $m$  registros sino que pueden hacer uso de un subconjunto de ellos.

55 Que haya problemas de inercia térmica se establece siempre cuando la temperatura de la zona  $j$ -ésima difiere de la temperatura de consigna  $Tc_j$  en un valor superior al valor umbral preestablecido  $H_I$ . En este caso, se establece además en qué zonas hay problemas de inercia térmica llevando a cabo las siguientes valoraciones:

– se estima el valor del factor exponencial para la corrección por inercia térmica  $I_j = f_i(R_{j1}, \dots, R_{jm})$  siendo  $f_i$  una función sobre el conjunto de  $m$  valores  $R_{j1}, \dots, R_{jm}$  o un subconjunto de ellos; y,

60 – se calcula el valor de la evolución temporal de la temperatura  $C_j = f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j)$ , donde los valores  $I_j$ ,  $Tz_j$  y  $Tc_j$  pueden ser de cualquiera de los  $m$  registros,  $R_{j1}, \dots, R_{jm}$ , contabilizando el número  $k$  de sensores a los que corresponde un error superior a dicho umbral  $H_I$ .

En este ejemplo de realización, el cálculo del factor exponencial para la corrección por inercia térmica  $I_j$  se lleva a cabo antes de la comparación entre la temperatura de consigna  $T_{c_j}$  y la temperatura de la zona  $j$ -ésima, ya que si el valor de esta comparación es menor que el valor umbral preestablecido  $H_j$ , entonces no se guardaría el valor de  $T_{z_j}$  en el registro  $R_j$  de tal modo que no se tendría disponible dicho valor en los siguientes pasos de tiempo. Solo se tendrían disponibles valores que se separan lo suficiente de la temperatura de consigna  $T_{c_j}$ .

Una vez que se han revisado las  $n$  zonas, se calcula el coeficiente  $C_t$  de la siguiente forma  $C_t = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^n C_j$ .

En la figura 4 se representa un cuarto bloque BL4 que recoge los modos de actuación sobre la máquina de ciclo térmico a partir de los factores acumulados, calculados en los bloques BL2 y BL3.

Según la invención el segundo bloque BL2 únicamente lleva a cabo una gestión de la temperatura y proveería del coeficiente  $C_t$ . En este ejemplo de realización, además de la gestión básica de la temperatura, el segundo bloque BL2 incorpora también un bucle de corrección por presión y provee del coeficiente  $C_p$ . El bloque tercero BL3 provee del coeficiente  $C_I$ .

En este ejemplo de realización, se ha tenido en cuenta también que la máquina se alimenta con un aire de retorno con temperatura  $T_r$  y, además se hace uso de la temperatura en el interior del distribuidor  $T_d$ . Para la lectura de la temperatura en el distribuidor se ha incorporado un sensor  $ST_d$  de temperatura en el interior de dicho distribuidor.

En el cuarto bloque BL4 se indica que se actúa sobre el ventilador variando su velocidad  $V_m$  y por lo tanto en el caudal del aire de salida, sobre la temperatura de consigna de la máquina  $T_m$  o sobre ambos. Los valores que toma una y otra variable en función de las señales recibidas se especificará un poco más adelante.

Es posible que los parámetros establezcan que es necesaria la parada de la máquina de ciclo térmico. En este caso, la variable  $MP$  toma el valor 0 y se introduce en el interface de la máquina. Si no es así, se revisa el valor de las frecuencias  $D_S$  y  $D_I$  antes de volver a los bloques de control BL2 y BL3.

En la figura 5 se muestra un esquema general en el que se integra el funcionamiento de los distintos bloques descritos. El primer bloque BL1 de inicialización de variables se ejecuta al inicio del método de control. Con las variables inicializadas, en particular las frecuencias  $D_S$  y  $D_I$ , se ejecutan los bloques BL2 y BL3 en paralelo. Los bloques pueden llevar a cabo acciones sobre actuadores del sistema, en particular se ha visto que el segundo bloque BL2 actúa sobre las válvulas de salida de aire proveniente de la máquina de ciclo térmico a la zona  $i$ -ésima. Las salidas S2 y S3 mostradas en la figura 5 indican los valores acumulados  $C_t$ ,  $C_p$  y  $C_I$ .

El cuarto bloque BL4 es el que establece los valores de actuación sobre la máquina de ciclo térmico a través de su interfaz.

Visto el comportamiento global del método, se describen diversos ejemplos de realización atendiendo a expresiones matemáticas que se han probado adecuadas para el funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire. Si bien, se detallan las funciones mediante funciones matemáticas, los valores que toman las expresiones matemáticas de tales funciones pueden ser reproducidos mediante diversos métodos numéricos tales como aproximaciones polinómicas o mediante el almacenamiento de tablas de valores para un determinado rango de valores y con interpolación para los valores que no están explícitamente en dichas tablas.

En todos estos casos, en los que se busca una expresión alternativa o un modo de proveer de una función con valores imagen iguales, entendiendo por iguales que la diferencia entre la función original y la función sustituta está acotada por un valor del error preestablecido, se entiende que el método descrito está implementando de forma equivalente.

El primer parámetro que se establece en el interfaz de la máquina es la velocidad del ventilador  $V_m$ . La velocidad del ventilador se especifica en el interfaz mediante el valor  $V_m = f_{V_m}(C_t, C_p, C_I, T_r, T_d)$  donde la función  $f_{V_m}$  es expresable de forma genérica como

$$f_{V_m}(C_t, C_p, C_I, T_r, T_d) = d_1 C_t^{d_2} + d_3 C_p^{d_4} + d_5 C_I^{d_6} + d_7 |T_r - T_d|^{d_8}$$

donde  $C_t$  es el coeficiente asociado al grado de apertura de la pluralidad de válvulas por temperatura,  $C_p$  es el coeficiente asociado al grado de apertura de la pluralidad de válvulas por el efecto de la presión si éste es evaluado,  $C_I$  es el coeficiente asociado a la inercia térmica si ésta es evaluada; y  $T_r$  y  $T_d$  son las temperaturas del aire de retorno y del aire en el interior del distribuidor respectivamente, si ambas son evaluadas,

donde los coeficientes  $d_i$ ,  $i = 1..8$  son positivos y toman cualquiera de los siguientes valores particulares:

- o bien  $d_3 = 0$ ,  $d_5 = 0$ ,  $d_7 = 0$ , y  $d_2 = 1$  de tal modo que el control es directamente proporcional al coeficiente asociado al grado de apertura de la pluralidad de válvulas por temperatura, resultando  $f_{Vm}(C_t) = d_1 C_t$ ,

5 - o bien,  $d_5 = 0$ ,  $d_7 = 0$ ,  $d_2 = 1$  y  $d_4 = 1$ , de tal modo que el control es directamente proporcional a las variables  $C_t$  y  $C_p$ , resultando  $f_{Vm}(C_t, C_p) = d_1 C_t + d_3 C_p$ ,  
o bien  $d_5 = 0$  de tal modo que el control no tiene en cuenta la inercia térmica, resultado  $f_{Vm}(C_t, C_p, T_r, T_d) = d_1 C_t^{d_2} + d_3 C_p^{d_4} + d_7 |T_r - T_d|^{d_8}$

10 - o bien  $d_3 = 0$  de tal modo que el control no tiene en cuenta el cambio de presión resultando  $f_{Vm}(C_t, C_I, T_r, T_d) = d_1 C_t^{d_2} + d_5 C_I^{d_6} + d_7 |T_r - T_d|^{d_8}$

- o bien todos los coeficientes  $d_i$ ,  $i = 1..8$  son no nulos.

15 El segundo parámetro que se establece en el interfaz de la máquina de ciclo térmico es la temperatura de consigna  $T_m$ . La temperatura de consigna se especifica en el interfaz mediante el valor  $T_m = f_{Tm}(C_t, C_p, C_I, T_r, T_d, MF)$ , donde la función  $f_{Tm}$  se expresa de forma genérica como

$$f_{Tm}(C_t, C_p, C_I, T_r, T_d, MF) = e_1(T_r + MF \cdot C_I)^{e_2} + MF \cdot (e_3 C_t^{e_4} + e_5 C_p^{e_6} + e_7 (MF \cdot (T_d - T_r))^{e_8})$$

20 donde  $MF$  es una variable que toma el valor -1 distinguiendo si la máquina genera frío y 1 si genera calor, los coeficientes  $e_i$ ,  $i = 1..8$  son positivos y toman cualquiera de los siguientes valores particulares:

- o bien  $e_3 = 0$ ,  $e_5 = 0$  y  $e_7 = 0$  de tal modo que el control obtiene la temperatura de consigna de máquina a partir de la temperatura de retorno corregida por la inercia de la zonas, resultando

25 
$$f_{Tm}(C_I, T_r) = e_1(T_r + MF \cdot C_I)^{e_2}$$

- o bien  $e_5 = 0$ , de tal modo que el control no tiene en cuenta el efecto del cambio de presión en el interior del distribuidor, resultando

30 
$$f_{Tm}(C_t, C_I, T_r, T_d) = e_1(T_r + MF \cdot C_I)^{e_2} + MF \cdot (e_3 C_t^{e_4} + e_7 (MF \cdot (T_d - T_r))^{e_8})$$

- o bien  $e_7 = 0$ , de tal modo que el control no tiene en cuenta el cambio de temperatura entre la entrada y la salida de la máquina, resultando

35 
$$f_{Tm}(C_t, C_p, C_I, T_r) = e_1(T_r + MF \cdot C_I)^{e_2} + MF \cdot (e_3 C_t^{e_4} + e_5 C_p^{e_6})$$

- o bien todos los coeficientes  $e_i$ ,  $i = 1 ... 8$  son no nulos.

Si bien se indica que  $MF$  es una variable que toma los valores -1 o 1, la variable puede tomar cualquier pareja de valores capaces de distinguir dos estados. Un modo habitual de representación de estos dos valores es haciendo uso de una implementación de tipos de variable lógico, que adoptan el valor "cierto" o "falso". Cualquiera de estos modos de representación se considera equivalente.

40 También se han llevado a cabo ejemplos de implementación del tercer bloque BL3, teniendo en cuenta la inercia térmica. En este caso, el valor del factor exponencial para la corrección por inercia térmica  $I_j = f_I(R_{j1}, \dots, R_{jm})$  para un determinado valor  $j$  empleado en el cálculo del valor de corrección por inercia térmica es expresable como  $I = f_I(R_1, \dots, R_m) = f_I(Tz_1, \dots, Tz_m)$  donde

$$f_I(Tz_1, \dots, Tz_m) = \frac{b_0}{m-1} \left| \sum_{s=2}^m b_{s-1} \cdot (Tz_{s-1} - Tz_s) \right|^{b_m}$$

y donde los coeficientes  $b_i$ ,  $i = 1..8$  son positivos y toman cualquiera de los siguientes valores particulares:

50 - o bien  $b_1 = b_2 = \dots = b_{m-1} = m - 1$  y  $b_m = 1$  de tal modo que el control es proporcional a la diferencia entre el primer y último registro de temperatura de la zona, resultando

$$f_I(Tz_1, \dots, Tz_m) = f_I(Tz_1, Tz_m) = b_0 |Tz_1 - Tz_m|$$

- o bien  $b_1 = b_2 = \dots = b_{m-1} = m - 1$  y  $b_m = 0.5$  de tal modo que el control es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia entre el primer y último registro de temperatura de la zona, resultando

$$f_i(Tz_1, \dots, Tz_m) = f_i(Tz_1, Tz_m) = b_0 |Tz_1 - Tz_m|^{0.5}$$

5 - o bien todos los coeficientes  $b_i, i = 1 \dots m$  son no nulos.

Una vez establecido el valor del factor exponencial para la corrección por inercia térmica es posible calcular el valor de evolución temporal de la temperatura  $f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j)$ , para un determinado valor  $j$ , y es expresable como

$$f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j) = M^{I_j} |Tc_j - Tz_j|^{c_1}$$

10 donde  $M$  es el factor multiplicativo para la corrección de la inercia térmica,  $I_j$  es el factor exponencial para la corrección por inercia térmica,  $Tc_j$  y  $Tz_j$  son las temperaturas de consigna y de zona respectivamente y el coeficiente  $c_1$  es positivo y toma cualquiera de los siguientes valores particulares:

15 - o bien  $c_1 = 1$  de tal modo que el control es proporcional a la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j) = M^{I_j} |Tc_j - Tz_j|$$

20 - o bien  $c_1 = 2$  de tal modo que el control es proporcional al cuadrado de la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j) = M^{I_j} |Tc_j - Tz_j|^2$$

25 - o bien  $c_1 = 0.5$  de tal modo que el control es proporcional la raíz cuadrada de la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j) = M^{I_j} |Tc_j - Tz_j|^{0.5}$$

30 - o bien  $c_1$  es un valor positivo distinto de 0.5, 1, o 2.

En el segundo bloque BL2 se ha hecho uso de una función creciente respecto de la diferencia de temperaturas. En general el grado de apertura de la zona  $i$ -ésima es expresable como  $A_i = f_t(Tc_i, Tz_i, MF)$  y en particular siendo  $f_t$  dependiente de la diferencia de temperaturas  $Tc_i - Tz_i$ , esto es

$$35 \quad A_i = f_t(Tc_i - Tz_i, MF)$$

donde  $MF$  es una variable que toma el valor -1 distinguiendo si la máquina genera frío y 1 si genera calor,  $Tc_i$  y  $Tz_i$  son respectivamente, la temperatura de consigna y la temperatura ambiente de la zona  $i$ -ésima. La función  $f_t$  es expresable como

$$40 \quad f_t(Tc_i, Tz_i, MF) = \begin{cases} a_1 (Tc_i - Tz_i)^{a_2} & \text{Si } Tc_i \geq Tz_i \text{ y } MF = 1 \\ -a_1 (Tc_i - Tz_i)^{a_2} & \text{Si } Tc_i < Tz_i \text{ y } MF = -1 \end{cases}$$

donde los coeficientes  $a_1$  y  $a_2$  son positivos y toman cualquiera de los siguientes valores particulares:

45 - o bien  $a_2 = 1$  de tal modo que el control es proporcional a la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_t(Tc_i, Tz_i, MF) = \begin{cases} a_1 (Tc_i - Tz_i) & \text{Si } Tc_i \geq Tz_i \text{ y } MF = 1 \\ -a_1 (Tc_i - Tz_i) & \text{Si } Tc_i < Tz_i \text{ y } MF = -1 \end{cases}$$

- o bien  $a_2 = 2$  de tal modo que el control es proporcional al cuadrado de la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$50 \quad f_t(Tc_i, Tz_i, MF) = \begin{cases} a_1 (Tc_i - Tz_i)^2 & \text{Si } Tc_i \geq Tz_i \text{ y } MF = 1 \\ -a_1 (Tc_i - Tz_i)^2 & \text{Si } Tc_i < Tz_i \text{ y } MF = -1 \end{cases}$$

- o bien  $a_2 = 0.5$  de tal modo que el control es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_t(Tc_i, Tz_i, MF) = \begin{cases} a_1(Tc_i - Tz_i)^{0.5} & \text{Si } Tc_i \geq Tz_i \text{ y } MF = 1 \\ -a_1(Tc_i - Tz_i)^{0.5} & \text{Si } Tc_i < Tz_i \text{ y } MF = -1 \end{cases}$$

o bien todos los coeficientes  $a_i$ ,  $i = 1, 2$  son no nulos.

- 5 El mismo comentario anterior sobre la variable  $MF$ , tomando dos posibles valores o estados es aplicable a este caso de cálculo de la función  $f_t$ .

10 Distintos bloques de control hacen uso del cálculo de la diferencia entre la temperatura de consigna de la zona  $i$ -ésima y la temperatura medida en la zona  $i$ -ésima, para compararla con un valor umbral. En el caso de que la máquina esté funcionando proporcionando frío y la temperatura esté por encima de la temperatura de consigna, el método actuará de tal modo que el flujo de aire aportado por la máquina de ciclo térmico actúe corrigiendo dicha temperatura. Lo mismo sucede si la máquina produce calor y la temperatura medida está por debajo de la temperatura de consigna. El error medido en valor absoluto coincide con dicha diferencia y el método también actuará aportando una determinada proporción del aire impulsado por la máquina para corregir la temperatura.

15 No obstante, cuando la máquina produce frío pero la temperatura está por debajo de la temperatura de consigna; o igualmente, si la máquina produce calor pero la temperatura está por encima de la temperatura de consigna, aportar un mayor flujo de aire proveniente de la máquina no corrige esta situación.

- 20 Según un ejemplo de realización, el método valora el signo de la diferencia de temperaturas para determinar a partir de este signo si es necesario cambiar el modo de trabajo de la máquina de ciclo térmico.

25 En la figura 6 se muestra un esquema de una instalación convencional conforme al estado de la técnica. Una máquina de ciclo térmico (1) provee a su salida de un caudal de aire (2) hacia una instalación formada por conductos (3, 4) que reparten el caudal de la máquina de ciclo térmico. Por ejemplo, se observa cómo el caudal (5) de una de las ramas periféricas de los conductos (4) alimenta una determinada zona (6), representada mediante un área o región delimitada por línea discontinua, y desemboca en ella a través de un elemento difusor (7) de forma que el flujo de aire (8) se propaga por toda la zona (6). Esta misma situación se repite para todas las zonas.

30 En la figura 7 se muestra un ejemplo de realización de la invención, formada por un sistema que comprende una unidad central de proceso adaptada para llevar a cabo el método según cualquiera de los ejemplos descritos. En esta figura se muestra la máquina de ciclo térmico (1) suministrando un caudal de aire (2), dicho caudal desemboca en un distribuidor (9). El elemento distribuidor (9), en este ejemplo de realización, está formado por un compartimento diferenciado que da lugar a un aparato instalable. Este aparato es adecuado para instalaciones que hacen uso de conductos flexibles. No obstante, el distribuidor (9) puede estar formado por el conjunto de cavidades y conductos rígidos que canalizan el aire desde la máquina de ciclo térmico (1) hasta las salidas que permiten proveer de aire a las zonas (6). La configuración particular del distribuidor (9) formado por un único elemento se muestra en la figura 8. Este distribuidor (9) comprende:

- 40 - una entrada acoplada de forma precisa a la salida de la máquina de ciclo térmico (1), siendo esta unión perfectamente estanca,

- 45 - una pluralidad  $n$  de salidas para acondicionar una pluralidad de zonas (6), donde cada una de las salidas  $i = 1 \dots n$  a su vez comprende una válvula (10) con un actuador graduable (13) según un grado de apertura  $A_i$ .

50 En este ejemplo de realización, las válvulas (10) son de compuerta y regulan el flujo o caudal (5) que va hacia cada una de las zonas (6). Dicho caudal (5) desemboca en cada zona (6) a través de un elemento difusor (7), de forma que el flujo de aire (8) se propaga por toda la zona (6). La válvula (10) de compuerta es accionada por un motor (11) y su posición es monitorizada por un sensor de posición (12). Se denominará servomotor (13) al conjunto formado por el motor (11) y su sensor de posición (12).

55 La temperatura de cada zona (6) se monitoriza con un sensor de temperatura (14), en el método identificado como  $STz_i$  con el subíndice identificando el número de zona (6). Las señales de mando (15) del motor (11), de lectura de posición (16) del sensor de posición (12) y de lectura de la temperatura (17) del sensor de temperatura (14), se conectan mediante unos medios de conexión (18) con una unidad central de proceso (19).

Adosado al distribuidor (9), un sensor de presión (20) monitoriza la presión dentro de dicho distribuidor (9) y envía la señal (22) de la lectura de la presión hacia la unidad central de proceso (19).

- 60 El distribuidor (9) también dispone de un sensor de temperatura (21) que monitoriza la temperatura del aire dentro del distribuidor (9) y envía la señal (23) de temperatura del distribuidor (9) hacia la unidad central de proceso (19).

Un interfaz de comunicaciones (24) traduce las señales electrónicas bidireccionales (25, 26) entre la unidad central de proceso (19) y el cuadro de control (27) de la máquina de aire acondicionado.

5 En la figura 8 se muestra el aspecto exterior de un modo de realización del distribuidor (9). El distribuidor (9) está formado por un recinto prismático que está acoplado por una de sus caras a la salida de la máquina de ciclo térmico (1), por la cara opuesta se muestran una pluralidad de válvulas (10) de compuerta y el conjunto de elementos de accionamiento por servomotor (13). En uno de los extremos del distribuidor (9) se muestra la caja que contiene la unidad central de proceso (19) y la interfaz de comunicaciones (24).

**REIVINDICACIONES**

1.- Método de regulación para un sistema de aire acondicionado donde dicho sistema comprende:

- 5 a) una máquina de ciclo térmico (1) para la generación de un flujo de aire a una determinada temperatura, y una presión superior a la presión atmosférica, donde dicha máquina (1) dispone de un interfaz de entrada (24) de señal adaptado para especificar al menos, o la velocidad del ventilador de la máquina  $V_m$ , o la temperatura de consigna de la máquina  $T_m$ , o ambas; permitiendo la regulación de la potencia térmica y el ajuste del caudal de aire suministrado,
- 10 b) un distribuidor (9) que comprende:
  - una entrada acoplada a la salida de la máquina (1),
  - una pluralidad  $n$  de salidas para acondicionar una pluralidad de zonas (6) donde cada una de las salidas  $i = 1 \dots n$  a su vez comprende una válvula (10) con un actuador graduable según un grado de apertura  $A_i$ ,
- 15 c) un conjunto de  $n$  sensores de temperatura (14)  $ST_{Z_i}$ ,  $i = 1 \dots n$  destinados cada uno de ellos a situarse en cada una de las zonas (6) a acondicionar, para proveer de una señal  $T_{Z_i}$  de temperatura medida en la zona (6)  $i$ -ésima,
- 20 d) una unidad central de proceso (19) que al menos comprende:
  - $n$  entradas de señal para la lectura de la temperatura  $T_{Z_i}$ , en cualquiera de los sensores  $ST_{Z_i}$ ,  $i = 1 \dots n$ ,
  - $n$  entradas de valor para la lectura de la temperatura de consigna en cada una de las zonas a acondicionar  $T_{C_i}$ ,  $i = 1 \dots n$ ,
  - $n$  salidas para proveer de señales de actuación, para la gestión independiente de cada uno de los  $n$  actuadores graduables de las válvulas (10), situadas en cada una de las salidas del distribuidor (9),
  - 25 - una salida para proveer de señal de actuación sobre el interfaz (24) de entrada de la máquina (1) de ciclo térmico para modificar sus parámetros operativos;

30 caracterizado porque dicha unidad central de proceso (19) está configurada para llevar a cabo de forma iterativa el método de regulación de acuerdo a las siguientes etapas:

- llevar a cabo un procesado de las señales de temperatura que comprende los siguientes pasos:
  - 35 o establecer el valor de un coeficiente  $C_t$  asociado al grado de apertura de la pluralidad de válvulas (10), tomando inicialmente el valor 0, donde el valor igual a 0 implica que todas las válvulas están cerradas y el valor 1 que todas las válvulas están abiertas,
  - o para cada zona  $i = 1 \dots n$ , verificar el valor del error entre la temperatura de consigna y la temperatura medida  $|T_{C_i} - T_{Z_i}|$ , de tal modo que si dicho error es mayor que un valor de umbral  $H_T$  predeterminado, entonces se modifica el grado de apertura de la válvula  $i$ -ésima mediante una señal actuando en el actuador graduable según la relación  $A_i = f_t(T_{C_i} - T_{Z_i})$  siendo  $f_t$  una función creciente acotada entre 0 y 1; y, el valor acumulado del coeficiente  $C_t$  se incrementa con el valor  $A_i/n$ ,
  - 40 - proveer de una señal dependiente de  $C_t$  en el interfaz de la máquina de ciclo térmico, para especificar la velocidad del ventilador de la máquina  $V_m$  de aire, la temperatura de consigna de la máquina  $T_m$ ; o ambas.

2.- Método de acuerdo a la reivindicación 1, en donde el sistema además comprende:

- 50 - en el distribuidor (9), un sensor de presión (20)  $SP_d$  adaptado para proveer de una señal con el valor de la presión  $P_d$  en el interior de dicho distribuidor (9);
- en la unidad central de proceso (19) una entrada de la señal de presión  $P_d$  en el interior del distribuidor (9),

55 en donde la unidad central de proceso (19) está adaptada para, adicionalmente, llevar a cabo un procesado de la señal de presión en el interior del distribuidor (9) que comprende verificar el valor del error entre la presión medida en el interior del distribuidor (9)  $P_d$  y una presión de consigna  $P_c$ , esto es  $|P_d - P_c|$ , de tal modo que si el error es mayor que un valor de umbral  $H_p$  predeterminado, entonces se establece el valor de un coeficiente por presión

60 
$$C_p = f_p(P_d, P_c) = |P_d - P_c|,$$

y en donde la unidad central de proceso (19) está adaptada para llevar a cabo el procesado en paralelo de la señal de temperatura y de la señal de presión, para proveer de una señal dependiente de  $C_t$  y de  $C_p$  en el interfaz (24) de la máquina (1) de ciclo térmico para especificar la velocidad del ventilador de la máquina  $V_m$  de aire, la temperatura de consigna de la máquina  $T_m$ ; o ambas.

3.- Método de acuerdo a la reivindicación 1 o 2, en donde el sistema comprende una unidad de almacenamiento para guardar registros de lecturas de temperaturas en las  $n$  entradas de señal de lectura de la temperatura, provenientes de los sensores  $STz_j$ ,  $j = 1..n$ , representable mediante  $R_{jm}$ , donde el índice  $j$  denota el sensor  $STz_j$  y  $m$  denota el número de registro de lectura, donde las lecturas se llevan a cabo de acuerdo a determinada frecuencia  $D_l$ , y donde la unidad central de proceso (19) está adaptada para llevar a cabo un procesamiento de los valores almacenados  $R_{jm}$  y corregir la inercia térmica de las zonas a acondicionar mediante los siguientes pasos:

– establecer el valor de un coeficiente  $C_l$ , asociado al grado de inercia térmica en todos los sensores  $STz_j$ ,  $j = 1..n$  tomando inicialmente el valor 0,

– para cada  $j = 1..n$

○ estimar el valor del factor exponencial para la corrección por inercia térmica  $I_j = f_l(R_{j1}, \dots, R_{jm})$ , siendo  $f_l$  una función sobre el conjunto de  $m$  valores  $R_{j1}, \dots, R_{jm}$  o un subconjunto de ellos,

○ verificar el valor del error entre la temperatura de consigna y la temperatura medida  $|Tc_i - Tz_i|$  de tal modo que si dicho error es mayor que un valor de umbral  $H_l$  predeterminado, entonces se calcula el valor de la evolución temporal de la temperatura  $C_j = f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j)$ , donde los valores  $I_j$ ,  $Tz_j$  y  $Tc_j$  pueden ser de cualquiera de los  $m$  registros  $R_{j1}, \dots, R_{jm}$ , contabilizando el número  $k$  de sensores a los que corresponde un error superior a dicho umbral  $H_l$ ,

– se calcula el coeficiente  $C_l$  de la siguiente forma  $C_l = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^n C_j$ ,

y en donde la señal con la que se provee al interfaz (24) de la máquina (1) de ciclo térmico para especificar la velocidad del ventilador de la máquina  $V_m$  de aire, la temperatura de consigna de la máquina  $T_m$ ; o ambas, también depende del valor  $C_l$  para proveer de una corrección teniendo en cuenta la inercia térmica.

4.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde existe un sensor de medida para proveer de la temperatura del aire del flujo de retorno  $T_r$  de las zonas a la máquina (1) de ciclo térmico.

5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde se especifica la velocidad del ventilador de la máquina (1) de ciclo térmico  $V_m$ , en el interfaz (24) de dicha máquina (1) con el valor  $V_m = f_{Vm}(C_t, C_p, C_l, T_r, T_d)$  donde la función  $f_{Vm}$  es expresable de forma genérica como

$$f_{Vm}(C_t, C_p, C_l, T_r, T_d) = d_1 C_t^{d_2} + d_3 C_p^{d_4} + d_5 C_l^{d_6} + d_7 |T_r - T_d|^{d_8}$$

donde  $C_t$  es el coeficiente asociado al grado de apertura de la pluralidad de válvulas (10) por temperatura,  $C_p$  es el coeficiente asociado al grado de apertura de la pluralidad de válvulas (10) por presión si éste es evaluado,  $C_l$  es el coeficiente asociado a la inercia térmica si ésta es evaluada; y  $T_r$  y  $T_d$  son las temperaturas del aire de retorno y del aire en interior del distribuidor (9) respectivamente, si ambas son evaluadas,

donde los coeficientes  $d_i$ ,  $i = 1..8$  son positivos y toman cualquiera de los siguientes valores particulares:

– o bien  $d_3 = 0$ ,  $d_5 = 0$ ,  $d_7 = 0$ , y  $d_2 = 1$  de tal modo que el control es directamente proporcional al coeficiente asociado al grado de apertura de la pluralidad de válvulas por temperatura, resultando  $f_{Vm}(C_t) = d_1 C_t$ ,

– o bien,  $d_5 = 0$ ,  $d_7 = 0$ ,  $d_2 = 1$  y  $d_4 = 1$ , de tal modo que el control es directamente proporcional a las variables  $C_t$  y  $C_p$ , resultando  $f_{Vm}(C_t, C_p) = d_1 C_t + d_3 C_p$ ,

o bien  $d_5 = 0$  de tal modo que el control no tiene en cuenta la inercia térmica, resultado  $f_{Vm}(C_t, C_p, T_r, T_d) = d_1 C_t^{d_2} + d_3 C_p^{d_4} + d_7 |T_r - T_d|^{d_8}$

– o bien  $d_3 = 0$  de tal modo que el control no tiene en cuenta el cambio de presión, resultando  $f_{Vm}(C_t, C_l, T_r, T_d) = d_1 C_t^{d_2} + d_5 C_l^{d_6} + d_7 |T_r - T_d|^{d_8}$

– o bien todos los coeficientes  $d_i$ ,  $i = 1..8$  son no nulos.

6.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde se especifica la temperatura de consigna de máquina  $T_m$  en el interfaz de la máquina (1) de ciclo térmico con el valor  $T_m = f_{Tm}(C_t, C_p, C_l, T_r, T_d, MF)$ , donde la función  $f_{Tm}$  que se expresa de forma genérica como

$$f_{Tm}(C_t, C_p, C_l, T_r, T_d, MF) = e_1(T_r + MF \cdot C_l)^{e_2} + MF \cdot (e_3 C_t^{e_4} + e_5 C_p^{e_6} + e_7(MF \cdot (T_d - T_r))^{e_8})$$

donde  $MF$  es una variable que toma el valor -1 distinguiendo si la máquina (1) genera frío y 1 si genera calor, los coeficientes  $e_i$ ,  $i = 1..8$  son positivos y toman cualquiera de los siguientes valores particulares:

- 5 - o bien  $e_3 = 0$ ,  $e_5 = 0$  y  $e_7 = 0$  de tal modo que el control obtiene la temperatura de consigna de máquina a partir de la temperatura de retorno corregida por la inercia de la zonas, resultando

$$f_{Tm}(C_l, T_r) = e_1(T_r + MF \cdot C_l)^{e_2}$$

- 10 - o bien  $e_5 = 0$ , de tal modo que el control no tiene en cuenta el efecto del cambio de presión en el interior del distribuidor, resultando

$$f_{Tm}(C_t, C_l, T_r, T_d) = e_1(T_r + MF \cdot C_l)^{e_2} + MF \cdot (e_3 C_t^{e_4} + e_7(MF \cdot (T_d - T_r))^{e_8})$$

- 15 - o bien  $e_7 = 0$ , de tal modo que el control no tiene en cuenta el cambio de temperatura entre la entrada y salida de la máquina, resultando

$$f_{Tm}(C_t, C_p, C_l, T_r) = e_1(T_r + MF \cdot C_l)^{e_2} + MF \cdot (e_3 C_t^{e_4} + e_5 C_p^{e_6})$$

- o bien todos los coeficientes  $e_i$ ,  $i = 1..8$  son no nulos.

- 20 7.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el valor del factor exponencial para la corrección por inercia térmica  $I_j = f_I(R_{j1}, \dots, R_{jm})$  para un determinado valor  $j$ , empleado en el cálculo del valor de corrección por inercia térmica es expresable como  $I = f_I(R_1, \dots, R_m) = f_I(Tz_1, \dots, Tz_m)$  donde

$$f_I(Tz_1, \dots, Tz_m) = \frac{b_0}{m-1} \left| \sum_{s=2}^m b_{s-1} \cdot (Tz_{s-1} - Tz_s) \right|^{b_m}$$

y donde los coeficientes  $b_i$ ,  $i = 1..8$  son positivos y toman cualquiera de los siguientes valores particulares:

- 25 - o bien  $b_1 = b_2 = \dots = b_{m-1} = m-1$  y  $b_m = 1$  de tal modo que el control es proporcional a la diferencia entre el primer y último registro de temperatura de la zona, resultando

$$f_I(Tz_1, \dots, Tz_m) = f_I(Tz_1, Tz_m) = b_0 |Tz_1 - Tz_m|$$

- 30 - o bien  $b_1 = b_2 = \dots = b_{m-1} = m-1$  y  $b_m = 0.5$  de tal modo que el control es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia entre el primer y último registro de temperatura de la zona, resultando

$$f_I(Tz_1, \dots, Tz_m) = f_I(Tz_1, Tz_m) = b_0 |Tz_1 - Tz_m|^{0.5}$$

- o bien todos los coeficientes  $b_i$ ,  $i = 1..m$  son no nulos.

- 35 8.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el valor de evolución temporal de la temperatura  $f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j)$  para un determinado valor  $j$  es expresable como

$$f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j) = M^{I_j} |Tc_j - Tz_j|^{c_1}$$

- 40 donde  $M$  es el factor multiplicativo para la corrección de la inercia térmica,  $I_j$  es el factor exponencial para la corrección por inercia térmica,  $Tc_j$  y  $Tz_j$  son las temperaturas de consigna y de zona respectivamente y el coeficiente  $c_1$  es positivo y toma cualquiera de los siguientes valores particulares:

- 45 - o bien  $c_1 = 1$  de tal modo que el control es proporcional a la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_{IT}(M, I_j, Tc_j, Tz_j) = M^{I_j} |Tc_j - Tz_j|$$

- 50 - o bien  $c_1 = 2$  de tal modo que el control es proporcional al cuadrado de la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_{IT}(M, I_j, T_{c_j}, T_{z_j}) = M^{I_j} |T_{c_j} - T_{z_j}|^2$$

5 - o bien  $c_1 = 0.5$  de tal modo que el control es proporcional la raíz cuadrada de la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_{IT}(M, I_j, T_{c_j}, T_{z_j}) = M^{I_j} |T_{c_j} - T_{z_j}|^{0.5}$$

10 - o bien  $c_1$  es un valor positivo distinto de 0.5, 1, o 2.

9.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el grado de apertura de la zona  $i$ -ésima es expresable como  $A_i = f_t(T_{c_i}, T_{z_i}, MF)$  y en particular siendo  $f_t$  dependiente de la diferencia de temperaturas  $T_{c_i} - T_{z_i}$ , esto es

$$A_i = f_t(T_{c_i} - T_{z_i}, MF)$$

15 donde  $MF$  es una variable que toma el valor -1 distinguiendo si la máquina genera frío y 1 si genera calor,  $T_{c_i}$  y  $T_{z_i}$  son respectivamente la temperatura de consigna y la temperatura ambiente de la zona  $i$ -ésima; la función  $f_t$  es expresable como

$$f_t(T_{c_i}, T_{z_i}, MF) = \begin{cases} a_1(T_{c_i} - T_{z_i})^{a_2} & \text{Si } T_{c_i} \geq T_{z_i} \text{ y } MF = 1 \\ -a_1(T_{c_i} - T_{z_i})^{a_2} & \text{Si } T_{c_i} < T_{z_i} \text{ y } MF = -1 \end{cases}$$

20 donde los coeficientes  $a_1$  y  $a_2$  son positivos y toman cualquiera de los siguientes valores particulares:

25 - o bien  $a_2 = 1$  de tal modo que el control es proporcional a la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_t(T_{c_i}, T_{z_i}, MF) = \begin{cases} a_1(T_{c_i} - T_{z_i}) & \text{Si } T_{c_i} \geq T_{z_i} \text{ y } MF = 1 \\ -a_1(T_{c_i} - T_{z_i}) & \text{Si } T_{c_i} < T_{z_i} \text{ y } MF = -1 \end{cases}$$

- o bien  $a_2 = 2$  de tal modo que el control es proporcional al cuadrado de la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_t(T_{c_i}, T_{z_i}, MF) = \begin{cases} a_1(T_{c_i} - T_{z_i})^2 & \text{Si } T_{c_i} \geq T_{z_i} \text{ y } MF = 1 \\ -a_1(T_{c_i} - T_{z_i})^2 & \text{Si } T_{c_i} < T_{z_i} \text{ y } MF = -1 \end{cases}$$

30 - o bien  $a_2 = 0.5$  de tal modo que el control es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia entre la temperatura de consigna y la temperatura de zona, resultando

$$f_t(T_{c_i}, T_{z_i}, MF) = \begin{cases} a_1(T_{c_i} - T_{z_i})^{0.5} & \text{Si } T_{c_i} \geq T_{z_i} \text{ y } MF = 1 \\ -a_1(T_{c_i} - T_{z_i})^{0.5} & \text{Si } T_{c_i} < T_{z_i} \text{ y } MF = -1 \end{cases}$$

35 o bien todos los coeficientes  $a_i$ ,  $i = 1, 2$  son no nulos.

40 10. Método de acuerdo una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde además del error  $|T_{c_i} - T_{z_i}|$  se tiene en cuenta el signo de  $T_{c_i} - T_{z_i}$  de tal modo que si es positivo, se indica a la máquina (1) de ciclo térmico que ha de proveer de frío, expresable preferentemente como  $MF = -1$ ; y, si es negativo, se indica a la máquina de ciclo térmico que ha de proveer de calor, expresable preferentemente como  $MF = 1$ .

45 11.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el valor máximo de apertura de una o más válvulas (10), el valor mínimo de apertura de una o más válvulas (10); o ambos, está preestablecido, o bien mediante la unidad central de proceso (19), o bien mecánicamente, o mediante ambos medios.

12.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el ciclo iterativo de control de la apertura de válvulas (10) lleva a cabo una pausa de estabilización antes de realizar la siguiente iteración.

50 13.- Método de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el ciclo iterativo de control de la apertura de válvulas (10) verifica si existe una condición de parada antes de realizar la siguiente iteración de tal modo que si existe dicha condición, se procede a la detención de la máquina.

14.- Sistema de aire acondicionado que comprende los elementos a)-d) de la reivindicación 1 y donde la unidad central de proceso está configurada para llevar a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

BL1

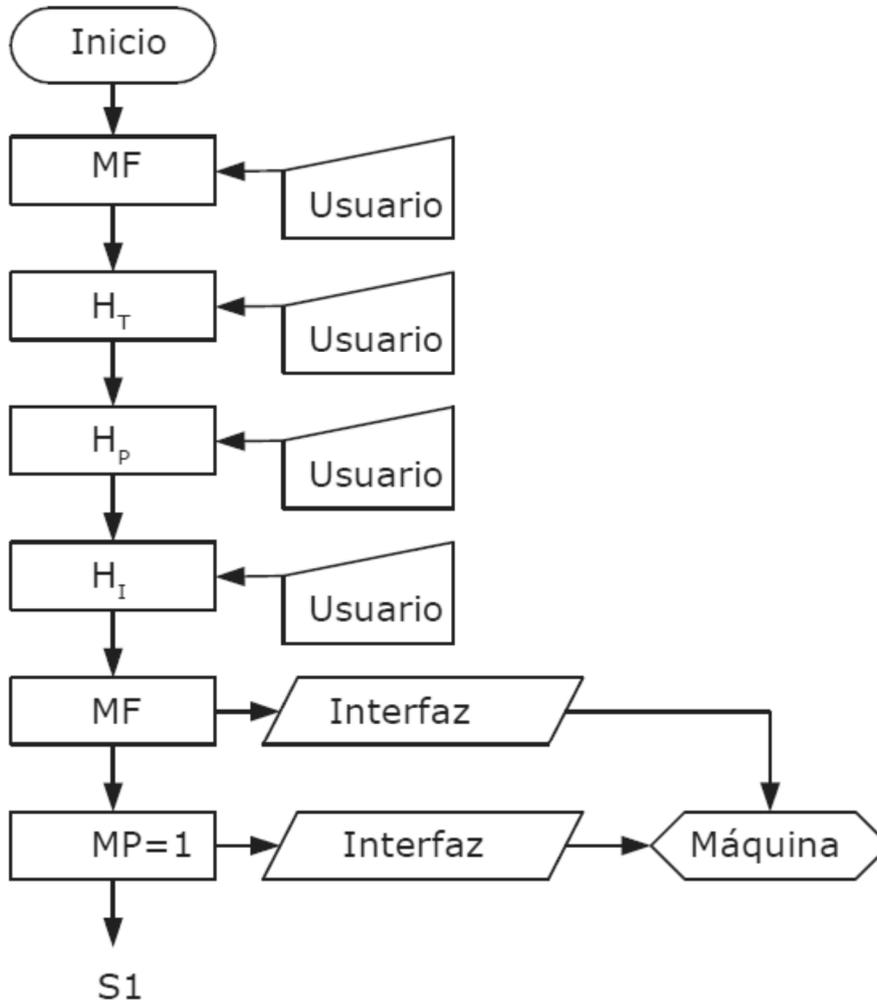
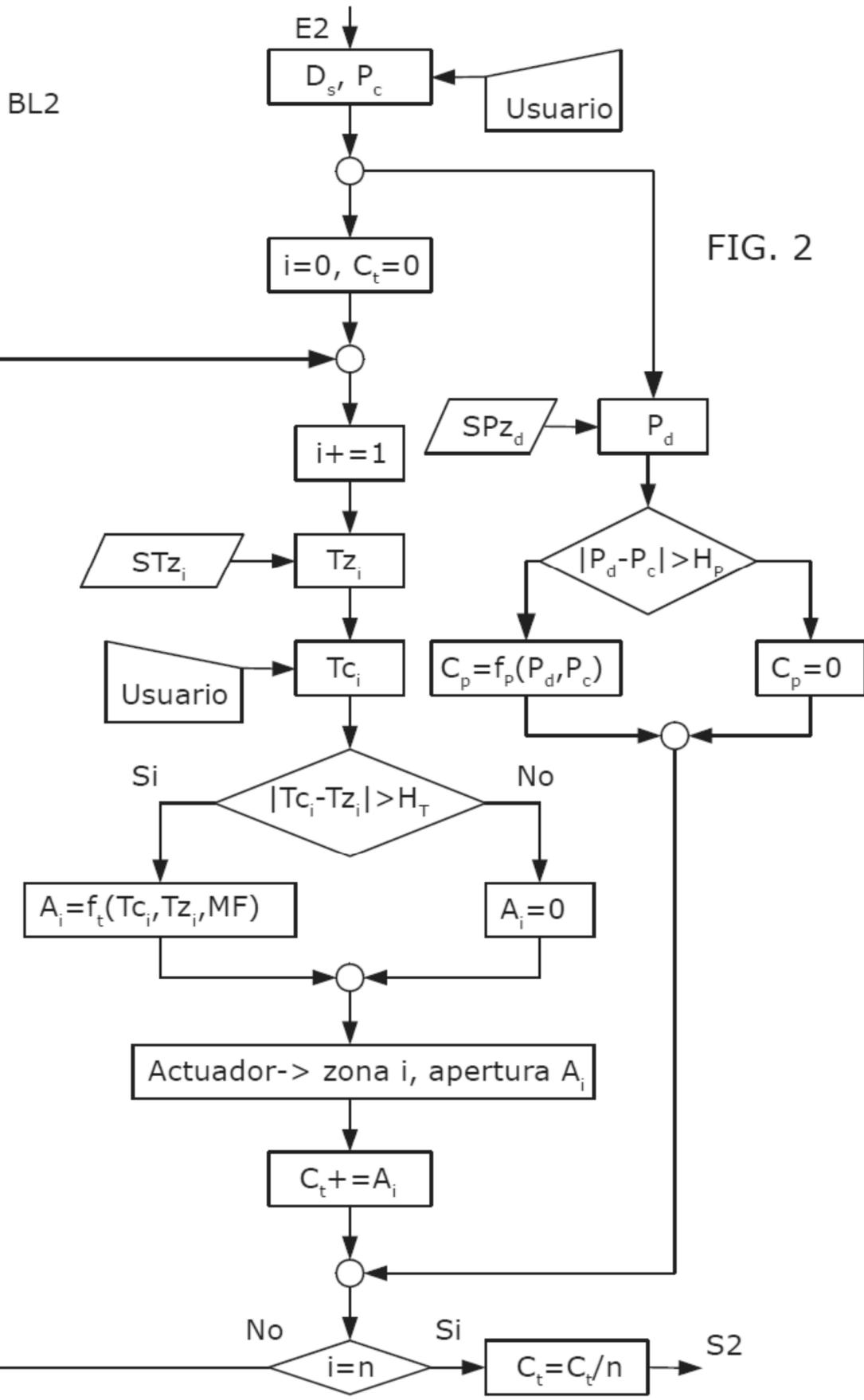
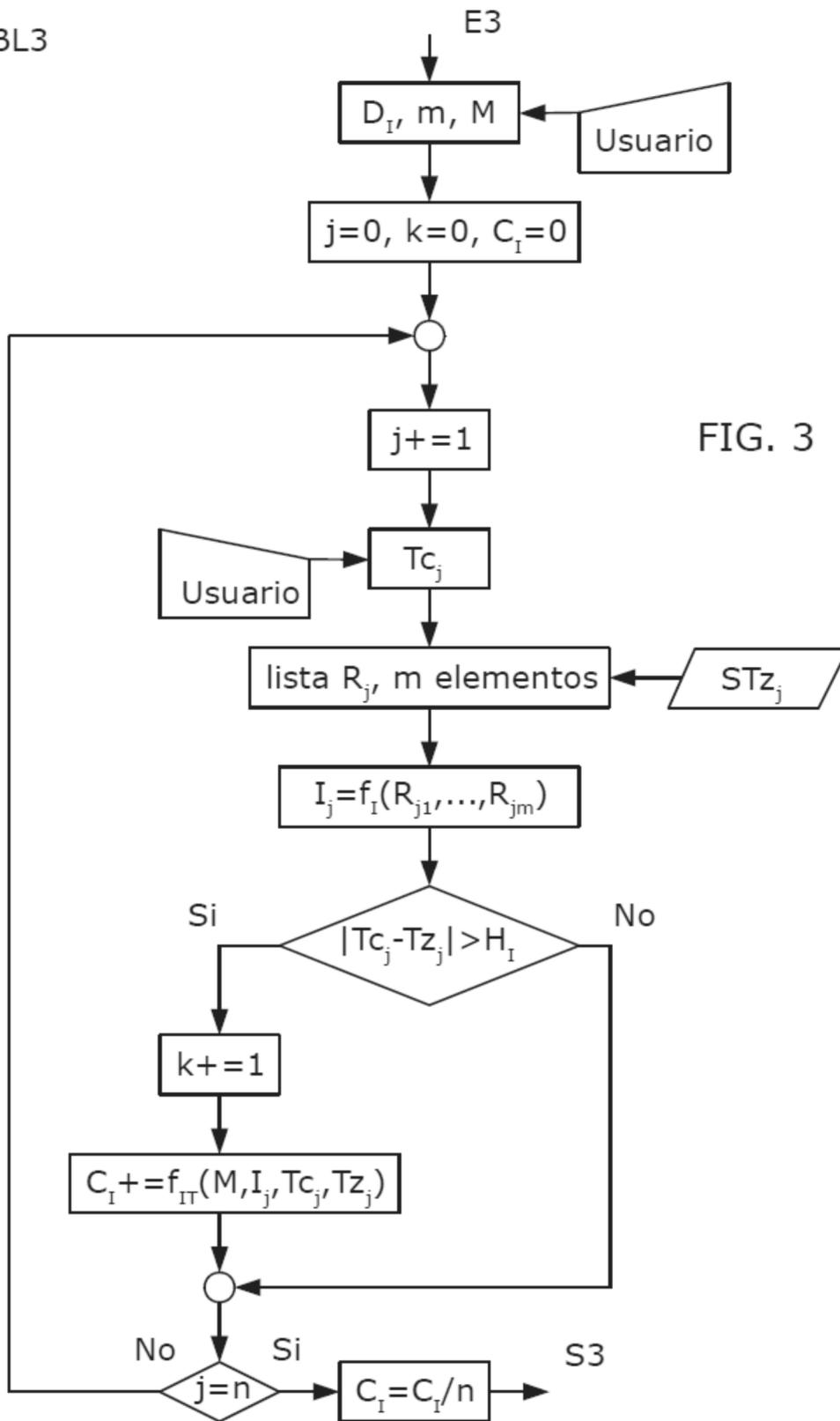
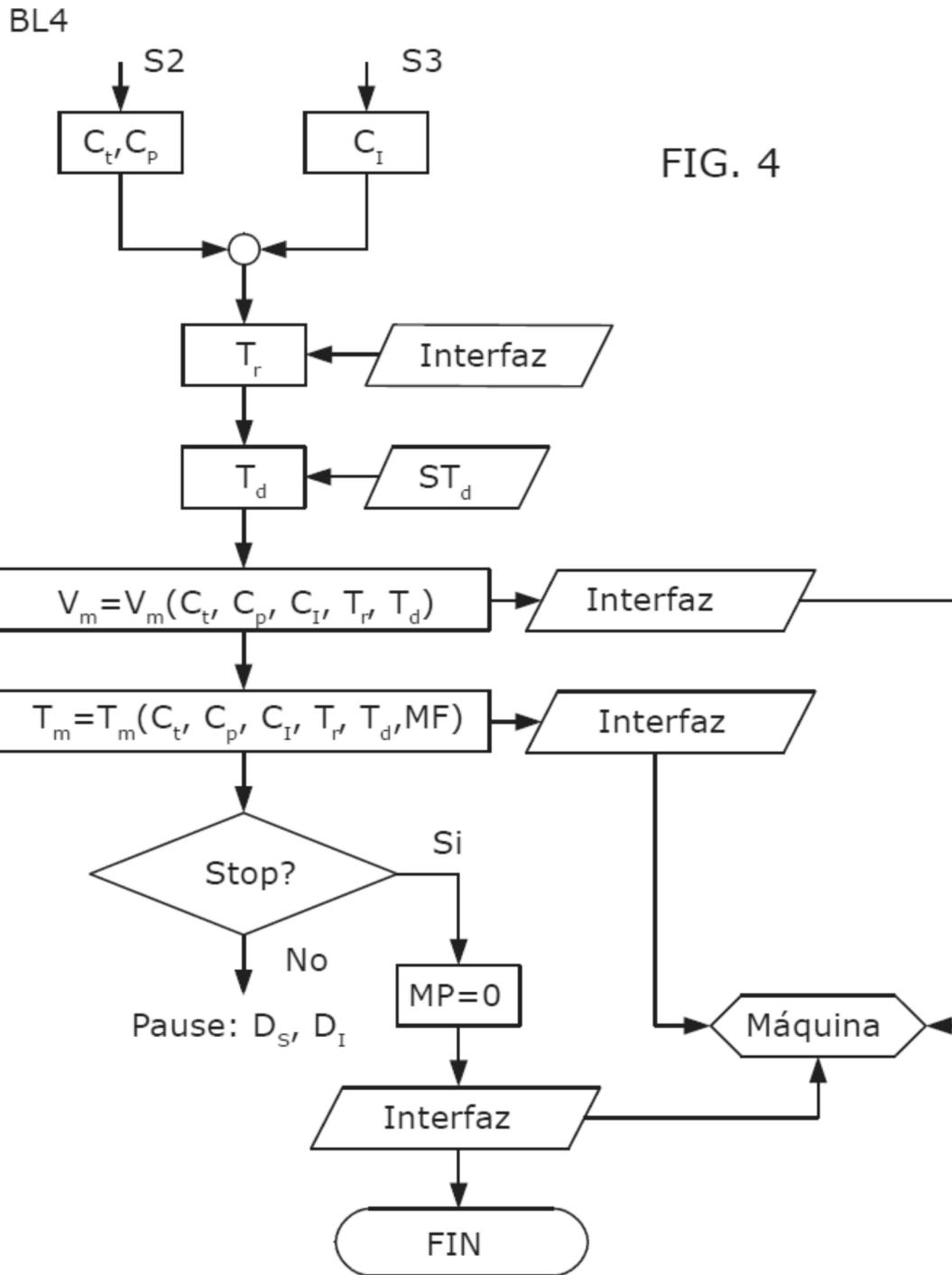


FIG. 1



BL3





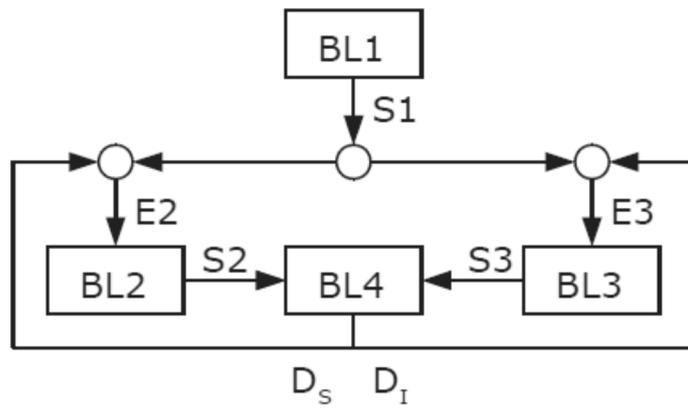


FIG. 5

Estado de la técnica

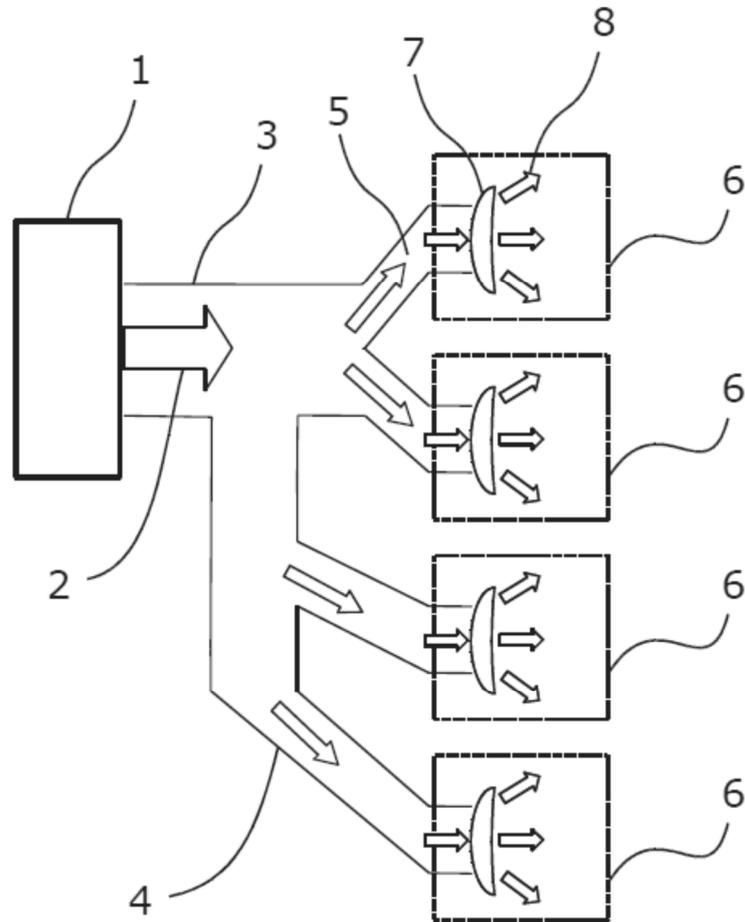


FIG. 6

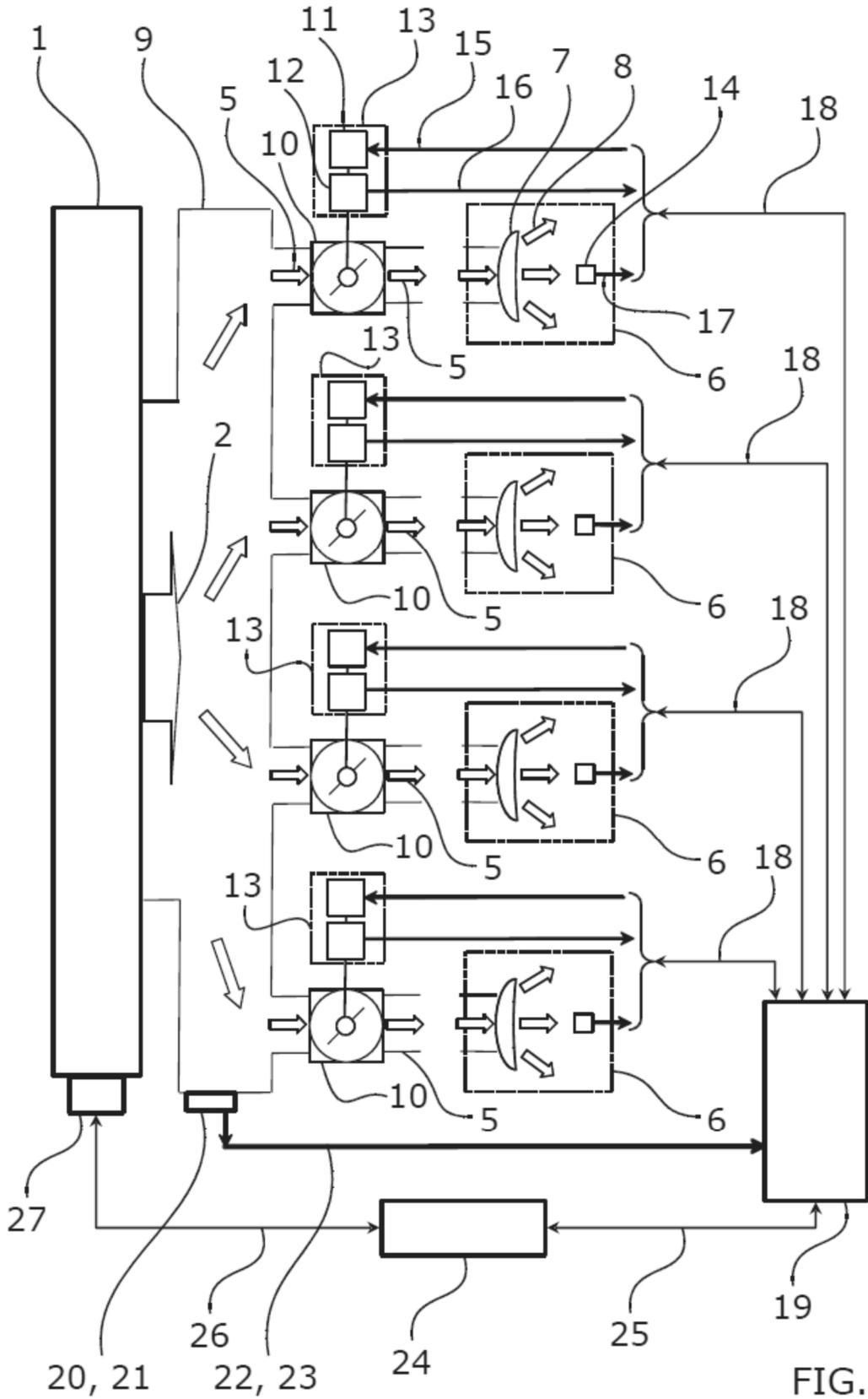


FIG. 7

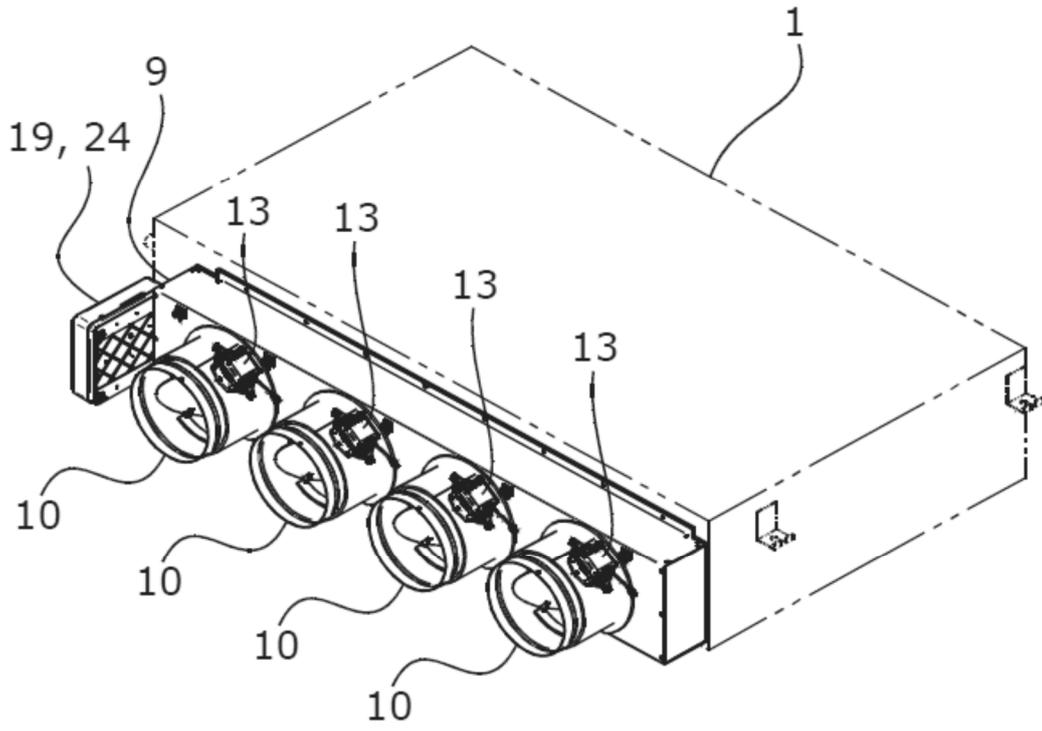


FIG. 8