



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 493**

51 Int. Cl.:  
**B60H 1/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08101473 .0**

96 Fecha de presentación : **11.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **1955882**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.08.2008**

54 Título: **Procedimiento para hacer funcionar un circuito frigorífico de una instalación de aire acondicionado para el espacio interior de un vehículo.**

30 Prioridad: **10.02.2007 DE 10 2007 006 676**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**08.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**08.04.2011**

73 Titular/es:  
**BEHR-HELLA THERMOCONTROL GmbH**  
**Mauserstrasse 3**  
**70190 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es: **Trapp, Ralph;**  
**Michalek, David y**  
**Frigge, Michael**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

**ES 2 356 493 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).

**DESCRIPCION**

Procedimiento para hacer funcionar un circuito frigorífico de una instalación de aire acondicionado para el espacio interior de un vehículo

5 La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar un circuito frigorífico de una instalación de aire acondicionado para el espacio interior de un vehículo.

Descripción del estado de la técnica

10 El proceso de circulación frigorífica de una instalación de aire acondicionado se determina mediante complejos procesos físicos entre el agente frigorífico, la instalación técnica, precisamente el circuito frigorífico, y el entorno. Para la climatización de vehículos de motor es predominante la potencia frigorífica del evaporador. En la potencia frigorífica tienen influencia todos los factores externos, como las cantidades de aire pasan que por encima de los transmisores de calor, y su estado (fundamentalmente temperatura y humedad del aire), así como el caudal másico de agente frigorífico transportado desde el compresor. Sobre la temperatura del aire después del evaporador y con ello la potencia frigorífica se actúa, en el caso de compresores de disco oscilante, a través de la activación de la válvula reguladora de compresor. Con ayuda de la válvula reguladora de compresor se ajusta en estas instalaciones, directa o indirectamente, la presión de cámara de propulsión. La relaciones de presión entre presión alta, de cámara de propulsión y baja determinan en último término la posición del disco oscilante y con ello el volumen de elevación del compresor. El volumen de elevación determina con la densidad de aspiración el caudal másico de agente frigorífico y tiene de este modo una influencia predominante en la posible potencia frigorífica del circuito frigorífico.

20 Regulación de la temperatura del aire en el lado de salida del evaporador en el caso de circulación frigorífica:

25 Para la regulación de la temperatura de evaporador en un circuito frigorífico conforme a la figura 1 la temperatura del aire real después del evaporador ( $T_{V\ IST}$ ), es decir en el lado de salida del evaporador, es la magnitud de regulación y la temperatura del aire nominal después del evaporador ( $T_{V\ SOLL}$ ), la magnitud guía. La magnitud de ajuste es la activación de válvula de compresor, que según el sistema puede ser una corriente o la relación impulso-pausa de una señal de potencia modulada en duración de impulso. Magnitudes de perturbación fundamentales con relación a la regulación de temperatura de evaporador, que influyen en el estado de la circulación frigorífica y de este modo conducen a variaciones de la temperatura del aire después del evaporador, son las cantidades de aire antes citadas a través de los transmisores de calor y sus estados así como el número de revoluciones del compresor. Con ello se prefija la temperatura del aire nominal ( $T_{V\ SOLL}$ ) mediante la regulación de temperatura del espacio interior superpuesta a la regulación de temperatura del evaporador (véase por ejemplo el documento DE-C-199 20 093, en el que se describe un procedimiento para la prefijación de la temperatura del aire nominal ( $T_{V\ SOLL}$ ) óptima).

35 Las actuales estrategias de regulación prevén un regulador PID sencillo para la regulación de la temperatura del aire después del evaporador. Este regulador puede estar compuesto, según la activación de la válvula reguladora de compresor, por un solo regulador con una señal de salida PWM y la desviación de magnitud de regulación de la temperatura de evaporador como señal de entrada, o bien presentar una estructura reguladora en cascada con regulador de corriente en cascada para la corriente de válvula de compresor. Asimismo se observan a través de sensores magnitudes críticas del sistema, como por ejemplo la presión (hasta 130 bar) y la temperatura del agente frigorífico comprimido. Si se alcanza un límite (por ejemplo límite de alta presión, gas caliente, congelación de evaporador, etc.), es necesario intervenir en el circuito de regulación, con lo que se modifica la estructura conforme a la figura 1. Esto puede realizarse de múltiples maneras, aunque aquí no se pretende tratar las mismas.

45 Con esta estrategia de regulación es posible básicamente seguir la magnitud guía y regular hasta el máximo todas las influencias de magnitudes de perturbación después de un tiempo finito, siempre que el sistema de circulación frigorífica se haga funcionar por fuera de un estado crítico para la seguridad. Debido a que la influencia de magnitudes de perturbación es sin embargo en parte considerable (por ejemplo el caudal másico de aire enviado por el soplador a través del evaporador), pueden producirse desviaciones claras entre magnitud de regulación y guía durante un periodo de tiempo mayor. Puede resultar de ayuda tener en cuenta las magnitudes de perturbación. Sin embargo, esto presupone que las magnitudes de perturbación dominantes según la tabla 1 son conocidas como prefijación o como magnitud de medición.

Tabla 1: magnitudes de perturbación dominantes de una circulación frigorífica de CO2

| Magnitudes de perturbación de la circulación frigorífica | Magnitud de influencia                      | Conocida/mesurable                  |
|--|---|-------------------------------------|
| Caudal másico de aire a través de evaporador $m_v$       | Potencia del soplador de aire acondicionado | Sí (prefijación aparato de control) |
|  | Posición de clapeta                         | Sí (prefijación aparato de control) |

|  |  |                                     |
|--|--|-------------------------------------|
|  |  | control)                            |
|  | Velocidad del vehículo   | Sí (medurable)                      |
| Caudal másico de aire a través de refrigerador de gas $m_{GC}$                                       | Potencia del soplador de refrigerador de gas                   | Sí (prefijación aparato de control) |
|  | Velocidad del vehículo   | Sí (medurable)                      |
| Temperatura del aire antes del evaporador $T_{L,VE}$   | Clapeta de aire de circulación (temperatura interior/exterior) | Sí (calculable de forma limitada)   |
|  | Temperaturas de canal  | No                                  |
| Humedad del evaporador $\Phi_{L,\zeta E}$  | Clapeta de aire de circulación (humedad interior/exterior)     | Sí (calculable de forma limitada)   |
| Número de revoluciones del compresor*  | Número de revoluciones del motor                               | Sí (medurable)                      |
| * sólo es válido en caso de plena carga o en compresores sin compensación del número de revoluciones |  |                                     |

5 Para magnitudes de perturbación conocidas puede establecerse, en un sistema real, una relación ligada al punto de trabajo entre cada magnitud de perturbación y la magnitud de ajuste. Ésta permite conforme a la figura 2 una compensación de la influencia de magnitud de perturbación correspondiente, por ejemplo mediante una conexión posterior aditiva a la señal de magnitud de perturbación. De aquí se deduce una menor desviación de magnitud de regulación respecto al valor nominal, tanto en importe absoluto como acumulado a lo largo del tiempo. El establecimiento de la relación entre cada magnitud de perturbación y la magnitud de ajuste debe designarse, sin embargo, como bastante complicado.

10 Del documento DE-A-10 2005 017 904 se conocen como siguiente estado de la técnica un procedimiento así como un dispositivo para la regulación de un circuito de agente frigorífico de una instalación de aire acondicionado para un vehículo.

15 En un circuito de regulación básico se fija con ello un valor nominal para la temperatura de evaporador, con base en el cual se establece una magnitud de ajuste para regular la temperatura de evaporador mediante un regulador de temperatura de evaporador. En este concepto de regulación se regulan hasta máximo entre otras magnitudes de perturbación, como por ejemplo la velocidad del vehículo.

20 Aparte de esto, del documento DE-A-100 51 582 se conoce una instalación de aire acondicionado con un circuito de agente frigorífico regulado, en el que se realiza una regulación corregida de la temperatura de evaporador a través de una señal de desplazamiento de compresor, a la que se añade un valor de corrección. El valor de corrección es una función de la temperatura de entrada y nominal del aire así como de la potencia del soplador.

Tarea de la invención

25 La tarea de la invención es crear un procedimiento para hacer funcionar un circuito frigorífico para una instalación de aire acondicionado para el espacio interior de un vehículo, en el que se simplifique la compensación de magnitudes de perturbación y el ajuste de los parámetros de regulador, que debe llevarse a cabo con este fin. Con la invención se pretende por lo tanto proponer una regulación de la circulación frigorífica con compensación de magnitudes de perturbación simplificada/mejorada.

Para resolver esta tarea se propone con la invención un procedimiento para hacer funcionar un circuito frigorífico para una instalación de aire acondicionado, para el espacio interior de un vehículo, conforme a la reivindicación 1.

30 Con la invención se propone simplificar la aplicación de parámetros de regulación mediante una única magnitud de referencia para la compensación de magnitudes de perturbación y para los parámetros de regulación. Esto se consigue conforme a la invención por medio de que la regulación de evaporador, en instalaciones de aire acondicionado de vehículos, se simplifica mediante la relación entre las compensación de magnitudes de perturbación y los parámetros de regulación y el requisito de potencia frigorífica. Para la invención es fundamental la simplificación de la regulación mediante la combinación de varias magnitudes de influencia en parámetros y magnitudes de perturbación, por medio de que se crea una nueva magnitud de referencia común como el requisito de potencia frigorífica o la carga de circulación frigorífica. Aquí la carga de

circulación frigorífica puede definirse como el producto entre el requisito de potencia frigorífica y la posibilidad de acarreo de calor.

5 Según la invención se establece en primer lugar el requisito actual de potencia frigorífica, y precisamente sobre la base condiciones ambientales o condiciones de funcionamiento detectadas con sensores y/o calculadas, como por ejemplo la temperatura y la humedad del aire antes del evaporador y el caudal de aire a través del evaporador. A las condiciones de funcionamiento y ambientales pertenece también, sin embargo, la irradiación solar, la velocidad del vehículo y el número de revoluciones del motor. La velocidad del vehículo repercute, junto con un soplador especial para el enfriamiento del gas comprimido, también como magnitud de perturbación en la regulación de temperatura del evaporador, como el número de revoluciones del motor que repercute en el número de revoluciones del compresor (sólo aplicable en caso de plena carga o en compresores sin compensación del número de revoluciones).

10 La humedad del aire se detecta con sensores y/o calcula /o se estima como valor medio con validez para fundamentalmente todos los casos de funcionamiento a esperar. El uso de una o varias magnitudes de referencia, que pueden determinarse a partir de las magnitudes de perturbación de circulación frigorífica fundamentales, para la compensación de magnitudes de perturbación y el ajuste de parámetros variable, es el núcleo de la invención.

A continuación se describe con más detalle la invención haciendo referencia al dibujo. Con ello muestran en detalle:

20 la fig. 1 un diagrama del sistema de regulación para la regulación de temperatura de evaporador de un circuito frigorífico de CO<sub>2</sub>,

la fig. 2 una representación esquemática de procedimientos conocidos para la compensación de magnitudes de perturbación de un circuito frigorífico de CO<sub>2</sub> y

la figura 3 un diagrama para aclarar la compensación de magnitudes de perturbación simplificada y la aplicación de parámetros de regulación según la invención.

25 Para una regulación óptima de la temperatura de evaporador en circulaciones frigoríficas es conveniente determinar los parámetros de regulación en función de diferentes magnitudes de influencia, como por ejemplo de la temperatura exterior o de la humedad del aire. Asimismo puede mejorarse notablemente la regulación si magnitudes de compensación, como por ejemplo la potencia de soplador, se tienen en cuenta durante la regulación en forma de una compensación de magnitudes de perturbación. La aplicación de los parámetros de regulación y de la compensación de magnitudes de perturbación para una circulación frigorífica puede simplificarse conforme a la invención si, en lugar de la multitud de magnitudes de influencia (en especial en el caso de circulaciones frigoríficas de CO<sub>2</sub> reguladas por caudal másico de agente refrigerante) se utiliza una magnitud central que reúne en sí misma las magnitudes de influencia dominantes. Con el requisito de potencia frigorífica o carga de circulación frigorífica existe una prefijación, que combina las magnitudes de influencia fundamentales y de este modo puede utilizarse como magnitud de referencia para los parámetros de regulación y para la compensación de magnitudes de perturbación.

Suplemento de potencia:

40 El comportamiento físico de una circulación frigorífica de CO<sub>2</sub> (RT44) varía en función del punto de trabajo y de la carga requerida. La carga de circulación frigorífica se obtiene de las condiciones de funcionamiento externas (temperatura exterior, humedad del aire, irradiación solar, velocidad de marcha, número de revoluciones del motor, etc.), del punto de trabajo buscado que se prefija mediante el valor nominal de la temperatura del aire después del evaporador, y del estado del conjunto de aire acondicionado, que se prefija mediante el aparato de control del aire acondicionado, ya sea mediante un programa automático o mediante el deseo del usuario (posiciones de clapeta, en especial aire de circulación o aire fresco y potencia del soplador).

45 Desde el punto de vista de la técnica de regulación varía el comportamiento de tramo del tramo de regulación (es decir de la circulación frigorífica), que se determina en especial mediante la dinámica del sistema así como mediante el refuerzo de tramo. Tanto la dinámica como el refuerzo de tramo son variables a lo largo del margen de funcionamiento de la circulación frigorífica. Esto conduce, en el caso de parámetros de regulación constantes, a una diferente calidad a lo largo del margen de funcionamiento posible. Para una regulación óptima con un regulador PID convencional es ventajoso tener en cuenta el comportamiento de tramo variable.

50 Una posibilidad de adaptar lo mejor posible el regulador convencional al comportamiento de tramo es utilizar un regulador con parámetros variables adaptados al punto de trabajo. Asimismo se ofrece la posibilidad de compensar lo mejor posible la influencia de magnitudes de perturbación de las magnitudes de perturbación conocidas de la tabla 1, a través de una magnitud central. La dificultad estriba en la elección de una magnitud de referencia apropiada para los parámetros de regulación variables así como para una compensación de magnitudes de perturbación con validez general.

En sistemas de circulación frigorífica ha podido observarse que el comportamiento del sistema varía con el requisito de potencia de ese momento. La carga de circulación frigorífica parece ser una magnitud de referencia favorable para la compensación de magnitudes de perturbación con validez general, así como para los parámetros de regulación variables, y puede calcularse de la forma siguiente.

5 Cálculo de la potencia frigorífica requerida:

La potencia frigorífica puede calcularse a través de un equilibrado del evaporador en el caso de un estado de entrada y de salida de aire en el evaporador según (1). La entalpía del aire húmedo no saturado a la entrada del evaporador en el lado del aire puede determinarse, si se conoce la humedad del aire y la temperatura del aire según (2). Aquí es necesario tener en cuenta que la humedad normalmente no se mide y por ello tiene que estimarse. Por ejemplo puede definirse una humedad promedio, que entregue buenos resultados para la mayoría de los casos de funcionamiento. A través de la humedad del aire a la entrada del evaporador puede calcularse la temperatura del punto de rocío. Si la temperatura del punto de rocío calculada es superior a la temperatura nominal del aire después del evaporador, se condensa agua durante el proceso de enfriamiento. Si se parte de que el aire sale con temperatura homogénea sobre la superficie del evaporador y el valor nominal de la temperatura del aire disminuye después del evaporador, puede calcularse también la entalpía del aire húmedo a la entrada del evaporador en el caso del aire húmedo saturado con agua condensada según (3). En caso contrario puede realizarse el cálculo de la entalpía del aire húmedo después del evaporador también según la ecuación (2).

$$\dot{Q}_V = \dot{m}_1 (h_{1,VA} - h_{1,VE}) \quad (1)$$

$$h_{1,VE} = c_{pl} (T - T_{ir}) + x [\Delta h_V (T_{ir}) + c_{pw} (T - T_{ir})] \quad (2)$$

$$h_{1,VA} = c_{pl}^0 (T - T_{ir}) + x_s [\Delta h_V (T_{ir}) + c_{pw}^0 (T - T_{ir})] + (x - x_s) c_{pw} (T - T_{ir}) \quad (3)$$

El cálculo mostrado de la potencia del evaporador exige como valores de entrada la humedad del aire antes del evaporador y la temperatura de la corriente de aire. Debido a que el aire antes del evaporador normalmente se compone como mezcla entre aire del espacio interior y aire fresco, puede determinarse el estado del aire mezclado con la relación de mezclado conocida, que se fija fundamentalmente mediante la posición de clapeta del aire de circulación. De este modo se obtiene la carga de agua resultante de la corriente de aire antes del evaporador según (4), a partir de la corriente de aire de circulación (índice 1) y la corriente de aire fresco (índice 2). El equilibrio energético según (5) puede resolverse adaptándose según la temperatura del aire a la entrada del evaporador, con lo que son conocidas todas las magnitudes necesarias para la determinación del requisito de potencia frigorífica.

$$x_{1,VE} = \frac{\dot{m}_1 x_1 + \dot{m}_2 x_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} \quad (4)$$

$$\dot{m}_{1,VE} h_{1,VE} = \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 \quad (5)$$

El requisito de potencia frigorífica calculado según (1) puede usarse a continuación según la figura (3) como magnitud de referencia para la compensación simplificada de magnitudes de perturbación. De este modo se reduce la complejidad para determinar la función de compensación  $f(\dot{Q}_V)$ , ya que sólo se dispone ya de una magnitud de influencia, precisamente el requisito de potencia frigorífica  $\dot{Q}_V$ , para la compensación de magnitudes de perturbación. Del mismo modo que la compensación de magnitudes de perturbación pueden indicarse a continuación los parámetros de regulación como función del requisito de potencia frigorífica.

**Nomenclatura:**

|    | <b>Símbolo</b>     | <b>Significado</b>           | <b>Unidad</b> |
|----|--------------------|------------------------------|---------------|
|    | $c_p$              | Capacidad térmica isobara    | J/(kgK)       |
|    | $h$                | Entalpía específica          | J/kg          |
| 5  | $\dot{m}$          | Caudal másico                | kg/s          |
|    | $\dot{Q}$          | Corriente térmica            | J/s           |
|    | $T$                | Temperatura                  | K             |
|    | $x$                | Carga de agua                | -             |
|    | $\Delta h(T_{tr})$ | Entalpía de evaporación agua | J/kg          |
| 10 | $\Phi$             | Humedad del aire             |               |

**Índices:**

|    | <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>  |
|----|----------------|---------------------|
|    | A              | Salida              |
| 15 | E              | Entrada             |
|    | L              | Aire                |
|    | S              | Saturación          |
|    | tr             | Punto triple agua   |
|    | V              | Evaporador          |
| 20 | W              | Agua                |
|    | x              | Carga del agua      |
|    | GC             | Refrigerador de gas |

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Procedimiento para hacer funcionar un circuito frigorífico de una instalación de aire acondicionado para el espacio interior de un vehículo, en donde el circuito frigorífico está dotado de un compresor activable para comprimir un agente frigorífico, un elemento de expansión para expandir el agente frigorífico y al menos un evaporador, en el que se encuentra el agente frigorífico expandido para enfriar el aire que pasa por el evaporador y debe alimentarse al espacio interior del vehículo, en donde un regulador de la temperatura del evaporador, que presenta al menos un parámetro de regulación variable como por ejemplo el factor de refuerzo, el tiempo de reajuste y/o el tiempo de predicción, regula hasta un valor nominal la temperatura del aire que sale del evaporador en el lado de salida, mediante la activación del compresor que se realiza con el fin de modificar la compresión del agente frigorífico, y esta regulación está influenciada por condiciones de funciones del circuito frigorífico, que son magnitudes de perturbación con relación a la regulación, en donde en el procedimiento
- 10 - mediante condiciones de funcionamiento detectadas y/o calculadas por sensores se determina la magnitud de la potencia frigorífica requerida en ese momento,
- 15 - se compensan las influencias de las magnitudes de perturbación sobre la regulación de la temperatura del aire que sale en el lado de salida del evaporador, sobre la base de la magnitud de la potencia frigorífica requerida en ese momento o de la carga de circulación frigorífica y
- el al menos un parámetro de regulación variable del regulador de temperatura del evaporador se prefija en función de la magnitud de la potencia frigorífica requerida en ese momento.
- 20 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las condiciones de funcionamiento son la temperatura, la humedad y el caudal del aire que debe alimentarse al evaporador y, de forma preferida, también la irradiación solar, la velocidad del vehículo y el número de revoluciones del motor.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la humedad del aire se detecta con sensores y/o se calcula y/o se estima como valor promedio con validez para fundamentalmente todos los casos de funcionamiento que cabe esperar.

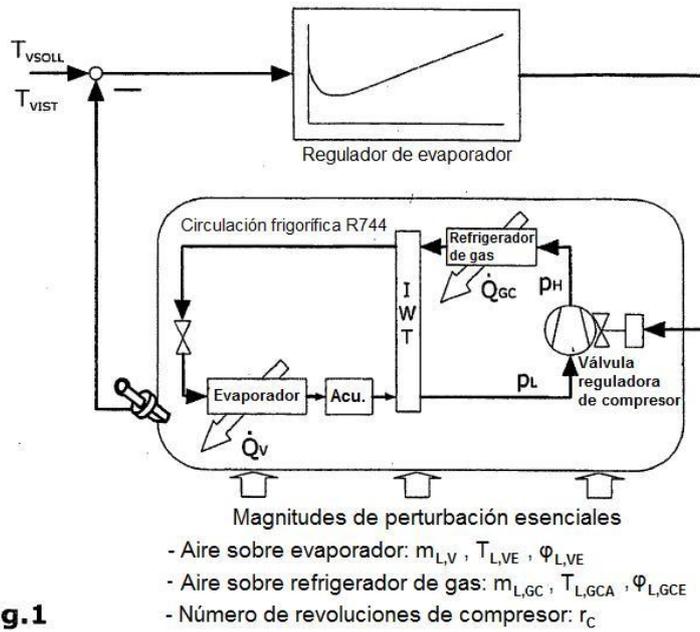


Fig.1

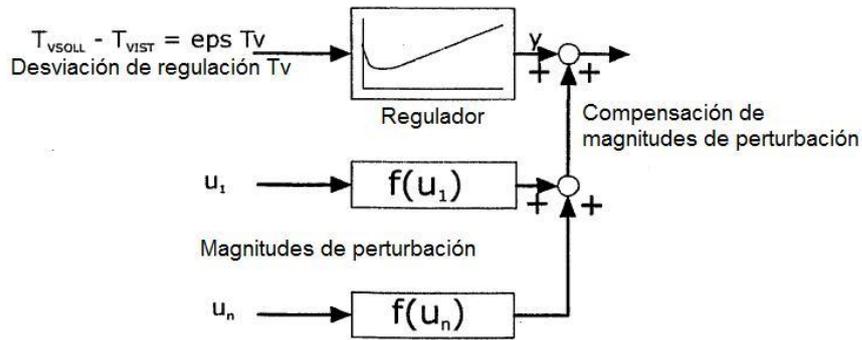
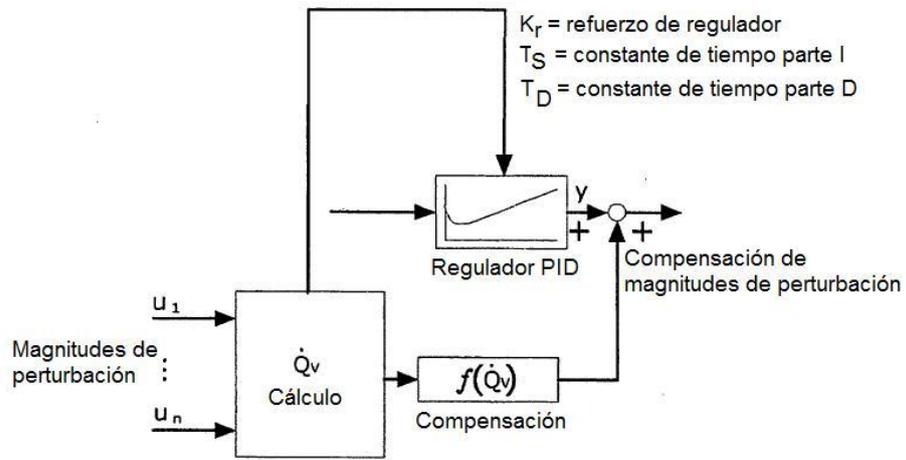


Fig.2



**Fig.3**