

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 032**

51 Int. Cl.:

F04C 28/00 (2006.01)

F04B 49/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2017 PCT/IB2017/054836**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.02.2018 WO18033827**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2017 E 17754491 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3500757**

54 Título: **Un método para controlar la temperatura de salida de un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite y el compresor o bomba de vacío con inyección de aceite que implementa dicho método**

30 Prioridad:

18.08.2016 US 201662376550 P
25.10.2016 US 201662412567 P
03.02.2017 BE 201705069

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.02.2021

73 Titular/es:

ATLAS COPCO AIRPOWER, NAAMLOZE
VENNOOTSCHAP (100.0%)
Boomsesteenweg 957
2610 Wilrijk, BE

72 Inventor/es:

COECKELBERGS, JOERI y
SHI, YUN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 805 032 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

Un método para controlar la temperatura de salida de un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite y el compresor o bomba de vacío con inyección de aceite que implementa dicho método

5 Esta invención se relaciona con un método para controlar la temperatura de salida de un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite que comprende un compresor o elemento de vacío con una entrada de gas, una salida de elemento y una entrada de aceite, donde dicho método comprende los pasos de: medir el temperatura de salida en la salida del elemento; y controlar la posición de una válvula reguladora con el fin de regular el flujo de aceite que fluye a través de una unidad de enfriamiento conectada a dicha entrada de aceite.

10 Se conoce la necesidad de mantener la temperatura a la salida de un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite por encima de un límite mínimo.

Los sistemas existentes típicamente usan un termostato de temperatura fija y un ventilador de velocidad fija que forman parte de una unidad de enfriamiento de modo que cuando la temperatura de salida alcanza el límite mínimo, el sistema detiene el ventilador hasta que la temperatura de salida aumenta.

15 Si estos sistemas permitieran que la temperatura de salida cayera por debajo de dicho límite, se formaría condensado dentro del sistema, lo que afectaría negativamente la capacidad de enfriamiento o lubricación del aceite y también tendría un efecto corrosivo, que reduce la vida útil de el sistema.

Un método para controlar la temperatura de salida de un compresor con inyección de aceite o bomba de vacío y un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite que implementa dicho método.

20 Al mismo tiempo, no se debe permitir que la temperatura de salida aumente por encima de un límite superior porque pueden ocurrir daños dentro del sistema, tales como la calidad del aceite que puede deteriorarse o incluso diferentes componentes del sistema que pueden sufrir deformaciones.

25 Las pruebas han demostrado que, cuando se usa un termostato de temperatura fija y un ventilador de velocidad fija, la solución implementada no siempre es energéticamente eficiente. Incluso si la temperatura de salida no excede significativamente el límite superior, el ventilador aún se encenderá a su velocidad fija y máxima, lo que hará que la temperatura baje rápidamente, típicamente por debajo del límite mínimo, lo que lleva al sistema a una situación con mayor riesgo de formación de condensado.

Además, debido a que el ventilador no tendría que funcionar durante un período de tiempo extenso, dicho ventilador se encendería y apagaría rápidamente, afectando el motor que lo impulsa.

30 Otros sistemas existentes usan un controlador de derivada integral proporcional (PID) y un ventilador de velocidad variable. Tales sistemas aplican circuitos de control separados para controlar el termostato y el ventilador.

Las pruebas han demostrado que tales sistemas pueden tener un comportamiento errático y oscilante porque los dos circuitos de control interfieren entre sí. La consecuencia de tal comportamiento es la ocurrencia de paradas de emergencia, daños de los componentes mecánicos y desgaste prematuro de los diferentes componentes del sistema.

35 Otro inconveniente de los sistemas que utilizan un controlador PID es el hecho de que dicha solución es adecuada para un tipo de análisis de entrada y salida, mientras que las pruebas han demostrado que el análisis realizado sobre dichos sistemas puede ser más complejo.

El documento EP 1 300 637 divulga un método para controlar la temperatura de un compresor, detectando así la posición de una válvula con el fin de regular una unidad de enfriamiento.

40 Teniendo en cuenta los inconvenientes mencionados anteriormente, es un objeto de la presente invención proporcionar un método para controlar la temperatura de salida de un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite y evitar la formación de condensado, evitando al mismo tiempo un comportamiento errático y oscilante.

El método de acuerdo con la presente invención tiene como objetivo proporcionar una solución eficiente en energía y fácil de implementar, incluso para los compresores o bombas de vacío existentes con inyección de aceite.

45 Además, la solución propuesta es adecuada para ser implementada para tipos de análisis de múltiples entradas - múltiples salidas.

La presente invención tiene como objetivo proporcionar una solución que se adapte continuamente a las condiciones ambientales cambiantes y al mismo tiempo aplicable a compresores o bombas de vacío ubicadas en cualquier parte del mundo.

50 La presente invención además tiene como objetivo proporcionar un compresor o bomba de vacío que tenga un número mínimo de componentes, un número mínimo de accesorios y tuberías, de modo que se pueda realizar mucho más fácilmente el proceso de mantenimiento. La presente invención resuelve al menos uno de los problemas anteriores

y/u otros proporcionando un método para controlar la temperatura de salida de un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite que comprende un compresor o elemento de vacío provisto con una entrada de gas, una salida de elemento y una entrada de aceite, donde dicho método comprende los pasos de:

- medir la temperatura de salida en la salida del elemento;

- 5 - controlar la posición de una válvula de regulación con el fin de regular el flujo de aceite que fluye a través de una unidad de enfriamiento conectada a dicha entrada de aceite;

por lo cual el paso de controlar la posición de la válvula de regulación implica aplicar un algoritmo de lógica difusa en la temperatura de salida medida; y porque el método comprende además el paso de controlar la velocidad de un ventilador que enfría el aceite que fluye a través de la unidad de enfriamiento mediante la aplicación del algoritmo de

10 lógica difusa y además con base en la posición de la válvula de regulación.

Al controlar la posición de la válvula de regulación con base en un algoritmo de lógica difusa, el método está adaptando continuamente la trayectoria del aceite dentro del compresor o bomba de vacío de modo que se adapte activamente la capacidad de enfriamiento con el fin de evitar la formación de condensado en el mismo. Además, debido a la aplicación de un algoritmo de lógica difusa que tiene en cuenta la temperatura de salida medida, se minimiza el riesgo

15 de formación de condensado, incluso si no se elimina.

Debido a que también se controla la velocidad del ventilador que enfría el aceite que fluye a través de la unidad de enfriamiento aplicando el algoritmo de lógica difusa y con base en la posición de la válvula de regulación, dicho ventilador se enciende solo cuando el aceite llega a la unidad de enfriamiento, y se controla la velocidad de tal manera que el compresor o la bomba de vacío funcionan con la máxima eficiencia, optimizando el consumo de energía y al

20 mismo tiempo adaptándose continuamente al estado actual del compresor o la bomba de vacío.

Como el método usa un algoritmo de lógica difusa que tiene como entrada la temperatura de salida medida para controlar la posición de la válvula de regulación y la velocidad del ventilador que enfría el aceite que fluye a través de la unidad de enfriamiento, se puede implementar fácilmente el método de acuerdo con la presente invención en sistemas existentes sin la necesidad de una intervención sustancial y sin impactar masivamente al usuario de dicho

25 compresor o bomba de vacío. Se montan típicamente tales sensores de temperatura y/o presión de entrada y/o salida dentro de un compresor o bomba de vacío.

Además, dado que el método utiliza la medición de la temperatura de salida, se adapta continuamente el método de acuerdo con la presente invención a las condiciones ambientales cambiantes, eliminando el riesgo de que aparezca condensado dentro del compresor o bomba de vacío y prolongando la vida útil del aceite utilizado en el mismo.

Además, si un usuario del compresor o bomba de vacío transportara la unidad de una ubicación geográfica a otra, podría usarla de inmediato, sin la necesidad de una intervención de un ingeniero especializado o una entrada manual de ciertos parámetros, ya que el compresor o la bomba de vacío se adaptarían inmediatamente y automáticamente a las especificidades de la nueva ubicación.

Otra ventaja del presente método es el hecho de que utiliza un algoritmo simple de entrada múltiple y salida múltiple que no requiere un alto poder de cómputo o componentes especializados.

35

Además, debido a que se controla la velocidad del ventilador con base en la posición de la válvula de regulación y la temperatura de salida medida, se elimina el riesgo de interferencias entre el control de la posición de la válvula de regulación y el control de la velocidad del ventilador.

Preferiblemente, el paso de controlar la posición de dicha válvula reguladora implica regular el flujo de aceite que fluye a través de dicha unidad de enfriamiento y a través de una tubería de desviación conectada fluidamente a dicha entrada de aceite, para evitar la unidad de enfriamiento.

40

Debido a que la ruta del aceite se elige entre una tubería de desviación y la unidad de enfriamiento, dicha unidad de enfriamiento solo se usa cuando la temperatura aumenta a un valor en el que aparece un riesgo de degradación del aceite o de los componentes que forman parte del compresor o la bomba de vacío. En consecuencia, el método de la presente invención permite una vida útil prolongada de los componentes, y mantiene la frecuencia para realizar intervenciones de mantenimiento y los costes asociados con ellos muy bajos.

45

Además, debido a que la ruta del aceite se elige entre una tubería de desviación y una unidad de enfriamiento antes de llegar a la entrada de aceite, aproximadamente el mismo volumen de aceite se reinyecta en el compresor o elemento de vacío en todo momento, manteniendo constante las propiedades de lubricación y sellado.

La presente invención se dirige además a un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite que comprende:

50

- un compresor o elemento de vacío que tiene una entrada de gas, una salida de elemento y una entrada de aceite;

- un separador de aceite que tiene una entrada de separador conectada fluidamente a la salida del elemento, una salida de separador y una salida de aceite conectada fluidamente a una entrada de aceite del compresor o elemento de vacío por medio de un conducto de aceite;
- 5 - una unidad de enfriamiento conectada a la salida de aceite del separador de aceite y la entrada de aceite del compresor o elemento de vacío;
- una tubería de desviación conectada fluidamente a la salida de aceite y a dicha entrada de aceite para evitar la unidad de enfriamiento;
- una válvula de regulación provista sobre la salida de aceite configurada para permitir que el aceite fluya desde el separador de aceite a través de la unidad de enfriamiento y/o a través de la tubería de desviación;
- 10 - un sensor de temperatura de salida ubicado en la salida del elemento;
- una unidad de control que controla la posición de dicha válvula de regulación;
- por lo que la unidad de refrigeración está provista con un ventilador y en la unidad de control se proporciona además con un algoritmo de lógica difusa para controlar la velocidad del ventilador con base en la posición de la válvula de regulación y la temperatura de salida medida, para mantener la temperatura de salida aproximadamente a un valor objetivo predeterminado
- 15 Como el compresor con inyección de aceite o la bomba de vacío tienen una estructura de este tipo, se utiliza un número mínimo de componentes, de tuberías y accesorios para obtener un sistema global eficiente.
- Se dirige también la presente invención a una unidad de control para controlar la temperatura de salida de un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite que comprende un compresor o elemento de vacío provisto con una entrada de gas, una salida de elemento y una entrada de aceite, donde dicha unidad de control comprende:
- 20 - una unidad de medición que comprende una entrada de datos configurada para recibir datos de temperatura de salida;
- una unidad de comunicación que comprende un primer enlace de datos para controlar la posición de una válvula de regulación; por lo cual
- 25 - la unidad de comunicación comprende además un segundo enlace de datos para controlar la velocidad de rotación de un ventilador que enfría el aceite que fluye a través de dicha unidad de enfriamiento; y en la que
- la unidad de control comprende además una unidad de procesamiento provista con un algoritmo de lógica difusa que determina la velocidad del ventilador con base en la posición de la válvula de regulación y la temperatura de salida medida.
- 30 En el contexto de la presente invención, debe entenderse que los beneficios presentados con respecto al método para mantener la temperatura en una salida del compresor o bomba de vacío por encima de un valor objetivo predeterminado también se aplican para el compresor o bomba de vacío con inyección de aceite y para la unidad de control.
- Además, debe entenderse que el beneficio presentado con respecto al compresor inyectado con aceite o la bomba de vacío también se aplica a la unidad de control.
- 35 Con la intención de mostrar mejor las características de la invención, a continuación, se describen algunas configuraciones preferidas de acuerdo con la presente invención a modo de ejemplo, sin ninguna naturaleza limitativa, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- La figura 1 representa esquemáticamente un compresor o bomba de vacío de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 40 La figura 2 representa esquemáticamente un compresor o bomba de vacío de acuerdo con otra realización de la presente invención;
- La figura 3 representa esquemáticamente una válvula de regulación de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 45 La figura 4 representa esquemáticamente una válvula de regulación de acuerdo con una realización de la presente invención;
- La figura 5 representa esquemáticamente la representación gráfica de las funciones de membresía asociadas con el error de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 6 representa esquemáticamente la representación gráfica de las funciones de membresía asociadas con la evolución del error de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 7 representa esquemáticamente la representación gráfica de las funciones de membresía asociadas con el cambio del ángulo de la válvula de regulación (Delta_RV) de acuerdo con una realización de la presente invención;

- 5 La figura 8 representa esquemáticamente la representación gráfica de las funciones de membresía asociadas con la posición de la válvula de regulación (RV) de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 9 representa esquemáticamente la representación gráfica de las funciones de membresía asociadas con la posición de la válvula de regulación (RV) de acuerdo con otra realización de la presente invención;

- 10 La figura 10 representa esquemáticamente la representación gráfica de las funciones de membresía asociadas con el cambio de la velocidad del ventilador (Delta_ventilador) de acuerdo con una realización de la presente invención; and

La figura 11 representa esquemáticamente un circuito de control del algoritmo de lógica difusa de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 1 ilustra una bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite que comprende una entrada 2 de gas de proceso y una salida 3.

- 15 La bomba 1 de compresor o vacío comprende un elemento 4 de compresor o vacío que tiene una entrada 5 de gas conectada fluidamente a la entrada 2 de gas de proceso y una salida 6 de elemento conectada fluidamente a la salida 3.

- 20 En el contexto de la presente invención, la bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite debe entenderse como la instalación completa del compresor o bomba de vacío, que incluye el elemento 4 de compresor o vacío, todas las tuberías y válvulas de conexión típicas, la carcasa de la bomba 1 de compresor o vacío y posiblemente el motor 7 que acciona el elemento 4 de compresor o vacío.

En el contexto de la presente invención, el elemento 4 de compresor o vacío debe entenderse como la carcasa del elemento compresor o de vacío en el que el proceso de compresión o vacío tiene lugar por medio de un rotor o mediante un movimiento alternativo.

- 25 En el contexto de la presente invención, se puede seleccionar dicho elemento 4 de compresor o vacío de un grupo que comprende: un tornillo, un diente, una paleta giratoria, un pistón, etc.

Si el sistema comprende un elemento compresor, la entrada 2 de gas de proceso está típicamente conectada a la atmósfera y la salida 3 está conectada de forma fluida a la red de un usuario (no mostrada) a través de la cual se proporciona gas comprimido limpio.

- 30 Si el sistema comprende una bomba de vacío, la entrada 2 de gas de proceso está típicamente conectada a la red de un usuario (no se muestra) y la salida 3 está típicamente conectada a la atmósfera o a una red externa (no se muestra), a través de la cual se evacua gas limpio y es posiblemente reutilizado.

Se acciona el elemento 4 de compresor o vacío por un motor 7 que puede ser un motor de velocidad fija o un motor de velocidad variable.

- 35 El gas que sale del elemento 4 de compresor o vacío se dirige a través de un separador 8 de aceite que tiene una entrada 9 de separación conectada fluidamente a la salida 6 de elemento y en el que el aceite previamente inyectado dentro del elemento 4 de compresor o vacío está separado del gas, antes de que el gas limpio sea guiado a través de una salida 10 de separador conectada fluidamente a la salida 3 de la bomba 1 de compresor o vacío.

- 40 Después de que el aceite se haya separado y recogido dentro de dicho separador 8 de aceite, se permite que fluya preferiblemente a través de una salida 11 de aceite conectada fluidamente a una entrada 12 de aceite del elemento 4 de compresor o vacío por medio de un conducto de aceite, a través de la cual dicho aceite se reinyecta dentro del elemento 4 de compresor o vacío.

- 45 Normalmente, debido al proceso de compresión o vacío, se genera calor, elevando la temperatura del aceite utilizado para inyección. En consecuencia, para enfriar el aceite cuando dicha temperatura alcanza o sube por encima de un valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , la bomba 1 de compresor o vacío comprende además una unidad 13 de enfriamiento conectada a la salida 11 de aceite del separador 8 de aceite y entrada 12 de aceite del elemento 4 de compresor o vacío.

Debido a que el aceite está alcanzando el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , solo después de un período de tiempo en el que el elemento 4 de compresor o vacío está funcionando, también se proporciona una tubería 14 de desviación.

- 50 Dicha tubería 14 de desviación está conectada de manera fluida a la salida 11 de aceite y a la entrada 12 de aceite del elemento 4 de compresor o vacío y que permite que el flujo de aceite pase por la unidad 13 de refrigeración y se reinyecte directamente dentro del entrada 12 de aceite.

En el contexto de la presente invención, debe entenderse que la tubería 14 de desviación y el conducto de fluido que permiten que el aceite llegue a la unidad 13 de refrigeración son dos tuberías similares, conectadas fluidamente a la salida 11 de aceite a través de, por ejemplo, un tipo T de accesorio, o dicha salida 11 de aceite, puede comprender dos tuberías separadas, uno de ellas es la tubería 14 de desviación y la otra es el conducto de fluido que permite que el aceite llegue a la unidad 13 de aceite.

De manera similar, no debe excluirse que dicha entrada 12 de aceite pueda comprender dos conductos de fluido (no mostrados) o dos puntos de inyección para el aceite que fluye a través de la salida 12 de aceite, donde un punto de inyección permite que el aceite fluya a través de la unidad 13 de refrigeración para reinyectarse en el elemento 4 de compresor o vacío, y donde un punto de inyección adicional permite que el aceite que fluye a través de la tubería 14 de desviación se reinyecte en el elemento 4 de compresor o vacío.

La bomba 1 de compresor o vacío está provista además con una válvula 15 de regulación provista sobre la salida 11 de aceite configurada para permitir que el aceite fluya a través de la unidad 13 de refrigeración.

Dependiendo de cómo se monte la válvula 15 de modulación dentro de la bomba 1 de compresor o vacío, puede configurarse adicionalmente para permitir que el aceite fluya a través de la tubería 14 de desviación.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, y dado que el volumen de aceite que fluye a través de la salida 11 de aceite debe mantenerse preferiblemente constante, se regula automáticamente el volumen de aceite que fluye a través de la tubería 14 de desviación con base en el volumen de aceite que se permite que fluya a través de la unidad 13 de enfriamiento.

Preferiblemente, se configura la válvula 15 de regulación para controlar el camino por el que fluye dicho aceite, antes de llegar a la entrada 12 de aceite.

En consecuencia, la válvula 15 de regulación puede ser una válvula de tres vías que permite una conexión fluida entre la entrada 12 de aceite y la tubería 14 de desviación y/o entre la entrada 12 de aceite y el conducto de fluido que permite que el aceite llegue a la unidad 13 de enfriamiento.

En consecuencia, la válvula 15 de regulación permite que el aceite fluya desde el separador 8 de aceite a través de la unidad 13 de refrigeración o a través de la tubería 14 de desviación o está dividiendo simultáneamente el flujo de aceite: parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento y parcialmente a través de la tubería 14 de desviación.

Para un control preciso del camino del aceite, la bomba 1 de compresor o vacío está provista además con un sensor 19 de temperatura de salida, ubicado en la salida 6 de elemento para medir la temperatura de salida, T_{salida} .

Preferiblemente, pero sin limitarse a esto, la bomba 1 de compresor o vacío comprende además un sensor 16 de temperatura de entrada y un sensor 17 de presión de entrada colocado en la entrada 5 de gas para medir la temperatura de entrada y la presión de entrada del gas, y un sensor 19 de presión de salida situado en el conducto de flujo de salida 6 de elemento y que mide la presión de salida del gas.

Por lo general, para controlar la posición de la válvula 15 de regulación, se proporciona una unidad 20 de control.

Dicha unidad 20 de control preferiblemente forma parte de la bomba 1 de compresor o vacío. Sin embargo, no debe excluirse que se pueda ubicar de forma remota dicha unidad 20 de control con respecto a la bomba 1 de compresor o vacío, comunicándose con una unidad de control local parte de la bomba 1 de compresor o vacío a través de una conexión por cable o inalámbrica.

En el contexto de la presente invención, la posición de la válvula 15 de regulación debe entenderse como la posición física real de manera que el aceite pueda fluir a través de la tubería 14 de desviación y/o a través de la unidad 13 de enfriamiento.

Dependiendo del tipo de válvula 15 de regulación utilizada, se puede modificar dicha posición mediante un movimiento giratorio, un tipo de acción de bloqueo o actuación o mediante cualquier otro tipo de acción que permita controlar un flujo como se explicó anteriormente.

Para enfriar eficientemente el aceite que fluye a través de la unidad 13 de enfriamiento, se proporciona preferiblemente un ventilador 21 cerca de dicha unidad 13 de enfriamiento.

Además, para mantener la eficiencia energética de la bomba 1 de compresor o vacío y para mantener la temperatura de salida, T_{salida} , aproximadamente a un valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , de modo que se minimice el riesgo de formación de condensado o incluso se elimine, la unidad 20 de control está provista además con un algoritmo de lógica difusa para controlar la velocidad del ventilador 21 con base en la posición de la válvula 15 de regulación y la temperatura de salida medida, T_{salida} .

En una realización preferida de acuerdo con la presente invención, la unidad 20 de control comprende además un enlace 22 de datos para recibir mediciones de cada uno de dichos sensores: sensor 16 de temperatura de entrada, sensor 17 de presión de entrada, sensor 18 de temperatura de salida y sensor 19 de presión de salida, donde dicha

unidad 20 de control está provista además con un algoritmo para calcular el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , considerando un punto de rocío atmosférico calculado, ADP, con base en las mediciones recibidas.

En el contexto de la presente invención, dicho enlace 22 de datos debe entenderse como un enlace de datos cableado o inalámbrico entre la unidad 20 de control y cada uno de dichos: sensor 16 de temperatura de entrada, sensor 17 de presión de entrada, sensor 18 de temperatura de salida y sensor 19 de presión de salida.

En una realización de acuerdo con la presente invención, para un cálculo aún más preciso de las condiciones de la bomba 1 de compresor o vacío, se coloca un sensor 23 de humedad relativa en la entrada 5 de gas, cuyas mediciones son preferiblemente enviadas a dicha unidad 20 de control a través de un enlace 22 de datos.

Alternativamente, la unidad 20 de control puede comprender medios para aproximar la humedad relativa, RH, del gas que fluye a través de la entrada 5 de gas, o se puede configurar adicionalmente la entrada de datos de dicha unidad 20 de control para recibir una medición de humedad relativa, RH, de un sensor externo de humedad relativa que no forma parte de la bomba 1 de compresor o vacío o de una red externa.

En una realización preferida de acuerdo con la presente invención, pero sin limitarse a ella, la unidad 20 de control comprende medios para controlar la velocidad del ventilador 21 con base en la posición actual de la válvula 15 de regulación y un primer error, e_1 , calculado restando el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , de una primera temperatura de salida medida, $T_{\text{salida},1}$, de:

$$e_1 = T_{\text{salida},1} - T_{\text{objetivo}} \quad (\text{ecuación 1}).$$

En el contexto de la presente invención, dichos medios para controlar la velocidad del ventilador 21 deben entenderse como una señal eléctrica generada por dicha unidad 20 de control a través de una conexión por cable o inalámbrica entre la unidad 20 de control y el ventilador 21. La señal eléctrica que permite un aumento o disminución de su velocidad de rotación.

Para un control más fácil y más preciso de la velocidad del ventilador 21, dicho ventilador 21 está provisto con un motor 24 de velocidad variable.

Más específicamente, dicha unidad 20 de control está generando una señal eléctrica a través del segundo enlace 33 de datos hasta un convertidor de frecuencia (no mostrado) del motor que acciona dicho ventilador 21. El motor comprende un eje conectado al eje del ventilador 21 o dicho eje es el eje de dicho ventilador 21.

Por consiguiente, el convertidor de frecuencia traduce la señal eléctrica de la unidad 20 de control en una señal que genera un aumento o disminución de la velocidad del motor, señal que influye en la velocidad de rotación del eje y, en consecuencia, en la velocidad de rotación con la que el ventilador está girando.

Preferiblemente, la unidad 20 de control comprende un módulo de memoria (no mostrado) para almacenar la posición actual de la válvula 15 de regulación.

La unidad 20 de control que recupera la última posición actual guardada de dicha válvula 15 de regulación del módulo de memoria, utiliza dicha posición actual en el algoritmo de lógica difusa y controla la velocidad del ventilador 21 de modo que la temperatura de salida (T_{salida}) se mantiene aproximadamente a un valor objetivo predeterminado (T_{objetivo}).

Si se cambia la posición de la válvula 15 de regulación, la unidad 20 de control guarda preferiblemente la posición cambiada como la última posición actual de dicha válvula 15 de regulación en dicho módulo de memoria.

Debe entenderse que también son posibles otras variantes, tal como, por ejemplo, y sin limitarse a las mismas, la unidad 20 de control puede comprender además un sensor de posición o un servomotor u otros medios para determinar la posición actual de la válvula 15 de regulación.

En otra realización de acuerdo con la presente invención y como se ilustra en la figura 2, para reutilizar el calor generado a través del proceso de compresión o vacío, la bomba 1 de compresor o vacío comprende además una unidad 25 de recuperación de energía conectada a la salida 11 de aceite y la entrada 12 de aceite.

Dicha unidad 25 de recuperación de energía puede transferir el calor capturado por el aceite a otro medio, como, por ejemplo: un medio gaseoso o líquido o un material de cambio de fase y utilizar el calor transferido o la energía generada para calentar un objeto o para calentar agua, dentro del sistema de calentamiento de una habitación, o para generar energía eléctrica, o similares.

Al incluir dicha unidad 25 de recuperación de energía, la huella energética de la bomba 1 de compresor o vacío se reduce aún más, ya que, en lugar de encender inmediatamente un ventilador, la transferencia de calor entre dos medios se implementa y se utiliza más, haciendo que el compresor o bomba de vacío de acuerdo con la presente invención sea amigable con el ambiente.

Solo con fines explicativos, y sin limitarse a los mismos, la válvula 15 de regulación de acuerdo con la presente invención es una válvula giratoria, como se ilustra en la figura 3. Dicha válvula 15 de regulación tiene cuatro canales

y un elemento 26 de rotación central que permite que dos o más canales estén bloqueados o parcialmente bloqueados, de modo que no se permita que el fluido fluya a través de ellos o se permita parcialmente que fluya a través de ellos.

Sin embargo, dicho diseño para una válvula 15 de regulación no debe considerarse limitante y debe entenderse que podría usarse aquí cualquier otro tipo de válvula capaz de bloquear o bloquear parcialmente dos o más canales de fluido.

Si la bomba 1 de compresor o vacío comprende una unidad 25 de recuperación de energía, la válvula 15 de regulación puede tener el diseño como se ilustra en la figura 3. Si la bomba 1 de compresor o vacío no comprende una unidad 25 de recuperación de energía, entonces la válvula 15 de regulación puede tener el diseño como se ilustra en la figura 4, en el que uno de los cuatro canales está preferiblemente bloqueado por un tapón 27.

Volviendo ahora a la figura 3, un primer canal 28 está en conexión fluida con la entrada 12 de aceite, un segundo canal 29 está en conexión fluida con la tubería 14 de desviación, un tercer canal 30 está en conexión fluida con la unidad 13 de recuperación y un cuarto canal 31 está en conexión fluida con la unidad 25 de recuperación de energía.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, para un control más preciso de la posición de la válvula 15 de regulación, la unidad 20 de control está provista además con medios para calcular una evolución del error, $d(\text{error})/dt$. Tal evolución del error, $d(\text{error})/dt$, determina si el error está disminuyendo o aumentando dentro de un intervalo de tiempo predeterminado.

En el contexto de la presente invención, se deben entender dichos medios para calcular la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, como un algoritmo con el que se proporciona dicha unidad 20 de control.

En consecuencia, para calcular dicha evolución del error, $d(\text{error})/dt$, la unidad 20 de control recibe preferiblemente dos mediciones de temperatura de salida posteriores, $T_{\text{salida},1}$ y $T_{\text{salida},2}$, y determina dos errores posteriores: un primer error, e_1 , y un segundo error, e_2 , restando el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , de la primera temperatura de salida medida, $T_{\text{salida},1}$, (e_1) y restando el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} de la temperatura de salida medida posterior, $T_{\text{salida},2}$, (e_2). Además, la unidad 20 de control resta el primer error calculado, e_1 , de un segundo error calculado posterior, e_2 y lo divide en el intervalo de tiempo, Δt , determinado entre el momento, t_1 , cuando se mide la primera temperatura de salida, $T_{\text{salida},1}$, y el momento, t_2 , cuando se mide la temperatura de salida posterior, $T_{\text{salida},2}$:

$$E_2 = T_{\text{salida},2} - T_{\text{objetivo}} \quad (\text{ecuación 2}).$$

$$d(\text{error}) / dt = \frac{e_2 - e_1}{\Delta t} \quad (\text{ecuación 3});$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (\text{ecuación 4}).$$

Por consiguiente, con base en la temperatura de salida medida, T_{salida} , y una evolución del error, $d(\text{error})/dt$, la unidad 20 de control comprende medios para modificar la posición de la válvula 15 de regulación de modo que se permita al aceite fluir a través de la unidad 25 de recuperación de energía.

En el contexto de la presente invención, debe entenderse que dicha unidad 20 de control es capaz de recibir mediciones, realizar cálculos, posiblemente enviar parámetros calculados a otros componentes que forman parte de la bomba 1 de compresor o vacío o a un ordenador externo y generar señales eléctricas para influir en las condiciones de trabajo de otros componentes que forman parte de la bomba 1 de compresor o vacío.

En consecuencia, la unidad 20 de control puede comprender una unidad de medición que comprende una entrada de datos configurada para recibir: datos de temperatura de entrada, datos de presión de entrada, y datos de presión de salida de los respectivos: sensor 16 de temperatura de entrada, sensor 17 de presión de entrada y sensor 19 de presión de salida.

La unidad 20 de control puede comprender además una unidad de comunicación que tiene un primer enlace 32 de datos para controlar la posición de una válvula 15 de regulación de modo que se permita que el aceite fluya a través de la unidad 13 de enfriamiento y/o a través de una tubería 14 de desviación y/o a través de la unidad 25 de recuperación de energía.

La unidad de control comprende además un segundo enlace 33 de datos para controlar la velocidad de rotación del ventilador 21 que enfría el aceite que fluye a través de dicha unidad 13 de refrigeración.

En el contexto de la presente invención, debe entenderse que dicho segundo enlace de datos 33 puede comunicarse con un módulo electrónico (no mostrado) colocado al nivel del ventilador 21 o puede comunicarse directamente con el motor 24 o con un módulo electrónico (no mostrado) al nivel del motor 24 que acciona dicho ventilador 21.

Preferiblemente, la unidad 20 de control comprende además una unidad de procesamiento provista con un algoritmo de lógica difusa para determinar la velocidad del ventilador 21 con base en la posición de la válvula 15 de regulación y la temperatura de entrada y/o salida medida (T_{entrada} , T_{salida}) y/o presión (P_{entrada} , P_{salida}).

Además, la unidad de procesamiento puede estar provista con un algoritmo para calcular el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , considerando un punto de rocío atmosférico calculado, ADP, con base en las mediciones recibidas de la unidad de medición.

- 5 En otra realización de acuerdo con la presente invención, se proporciona la unidad de procesamiento adicionalmente con un algoritmo para determinar el primer error, e_1 , aplicando la ecuación 1.

Además, para determinar el punto de rocío atmosférico, ADP, la unidad de procesamiento puede usar un valor de humedad predeterminado, RH, o una humedad relativa, RH, medición proporcionada por el sensor 23 de humedad relativa colocado en la entrada 5 de gas.

- 10 En otra realización de acuerdo con la presente invención, la unidad 20 de control puede aplicar un intervalo de tiempo predeterminado, Δt , también conocido como rata de muestreo, entre dos mediciones posteriores de temperatura, presión y/o humedad relativa.

En el contexto de la presente invención, debe entenderse que la rata de muestreo, Δt , puede elegirse para que sea la misma para todos los parámetros, o puede ser diferente para uno o más de los parámetros medidos, dependiendo de los requisitos de la red del usuario y la capacidad de respuesta necesaria para la bomba 1 de compresor o vacío.

- 15 Dependiendo de las capacidades de la unidad 20 de control, dicha rata de muestreo, Δt , puede ser cualquier valor seleccionado entre 1 milisegundo y 1 segundo. Preferiblemente, la rata de muestreo, Δt , se selecciona para ser inferior a 60 milisegundos, más preferiblemente inferior a 50 milisegundos.

Incluso más preferiblemente, la unidad de medición aplica una rata de muestreo de aproximadamente 40 milisegundos entre dos mediciones posteriores.

- 20 Las pruebas han demostrado que, si se mantiene la temperatura de salida medida, T_{salida} , aproximadamente al punto de rocío atmosférico determinado, ADP, o si dicho valor se supera en un valor relativamente pequeño, la bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite aún funciona de manera eficiente, y la calidad y vida útil del aceite o sus componentes no se ve afectada.

- 25 En consecuencia, la unidad 20 de control elige preferiblemente el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , al agregar una tolerancia predeterminada, $T_{\text{desviación}}$, al punto de rocío atmosférico determinado, ADP.

Se puede elegir dicha tolerancia predeterminada, $T_{\text{desviación}}$, dependiendo de los requisitos de la bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite y se puede insertar más manualmente en la unidad de control a través de, por ejemplo, una interfaz de usuario (no mostrada) o puede ser enviada a través de una conexión por cable o inalámbrica a dicha unidad 20 de control desde un ordenador en el sitio o fuera del sitio.

- 30 Debe entenderse adicionalmente que se puede cambiar el valor de la tolerancia predeterminada, $T_{\text{desviación}}$, e implícitamente del valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , durante la vida útil de la bomba 1 de compresor o vacío, dependiendo de los requisitos del usuario red.

El método para controlar la temperatura de salida, T_{salida} , de la bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite es muy simple y es el siguiente.

- 35 Dicho valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , puede ser un valor precalculado que puede introducirse o enviarse a la bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite, o puede ser determinado por el sistema.

- 40 En otra realización de acuerdo con la presente invención, dicho valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , puede determinarse midiendo la temperatura de entrada, T_{entrada} , y la presión de entrada, P_{entrada} , a través de un sensor 16 de temperatura de entrada y un sensor 17 de presión de entrada, y midiendo la temperatura de salida, T_{salida} y la presión de salida, P_{salida} , en la salida 6 de elemento a través de un sensor 18 de temperatura de salida y un sensor 19 de presión de salida.

- 45 El método de acuerdo con la presente invención tiene como objetivo mantener la temperatura en una salida 3 de la bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite a aproximadamente el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , controlando la posición de la válvula 15 de regulación con el fin de regular el flujo de aceite a través de la unidad 13 de enfriamiento.

Por lo cual el paso de controlar la posición de la válvula 15 de regulación implica aplicar un algoritmo de lógica difusa en la temperatura de salida medida, T_{salida} , y posiblemente en uno o más de los siguientes: temperatura de entrada medida, T_{entrada} , presión de entrada medida, P_{entrada} y presión de salida medida, P_{salida} .

- 50 En una realización de acuerdo con la presente invención y sin limitarse a esta, se puede determinar el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , calculando el punto de rocío atmosférico, ADP.

Un método para calcular dicho punto de rocío atmosférico, ADP, es aplicando la siguiente fórmula:

$$ADP = \frac{T_n}{\left[\frac{m}{\log_{10}\left(\frac{P_{presa}}{A}\right)} - 1 \right]} \quad (\text{ecuación 5}).$$

En la que, A, m y T_n son constantes determinadas empíricamente y se pueden elegir de la Tabla 1, de acuerdo con el intervalo de temperatura específico en el que funciona la bomba 1 de compresor o vacío.

5

Tabla 1:

	A	m	T _n	Error máximo	Intervalo de temperatura
Agua	6.116.441	7.591.386	2.407.263	0.083%	(-20°C a +50°C)
	6.004.918	7.337.936	2.293.975	0.017%	(+50°C a +100°C)
	5.856.548	727.731	2.251.033	0.003%	(+100°C a +150°C)
	6.002.859	7.290.361	2.271.704	0.007%	(+150°C a +200°C)
	9.980.622	7.388.931	2.631.239	0.395%	(+200°C a +350°C)
	6.089.613	733.502	2.303.921	0.368%	(0°C a +200°C)
Hielo	6.114.742	9.778.707	2.731.466	0.052%	(-70°C a 0°C)

Dichas constantes determinadas empíricamente que tienen las siguientes unidades de medida: A, por ejemplo, representa la presión de vapor de agua a 0 °C y tiene como unidad de medida en la Tabla 1: hectopascal (hPa), m es una constante de ajuste sin una unidad de medida, mientras que T_n es también una constante de ajuste que tiene grados Celsius (°C) como unidad de medida.

10

p_{presa} de la ecuación 5 representa la presión de vapor de agua convertida a condiciones atmosféricas y puede calcularse aplicando la siguiente fórmula:

$$P_{presa} = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \cdot RH \cdot P_{ws} \quad (\text{ecuación 6});$$

15

donde P_{salida} es la presión de salida medida, P_{entrada} es la presión de entrada medida, RH es la humedad relativa aproximada o medida (si el sistema comprende un sensor 23 de humedad relativa) y p_{ws} representa la presión de saturación del vapor de agua.

Si el sistema no comprende un sensor 23 de humedad relativa, la humedad relativa aproximada, RH, puede seleccionarse como aproximadamente 100% o inferior.

20

Alternativamente, la bomba 1 de compresor o vacío puede recibir una medición de humedad relativa, HR, desde un sensor colocado en las proximidades del compresor o bomba de vacío o puede recibir dicha medición desde una red externa.

25

Preferiblemente, si el sistema comprende un compresor, la humedad relativa, RH, es la humedad relativa del aire de ambiente si la entrada 2 de gas está conectada a la atmósfera o es la característica de humedad relativa para una red externa si la entrada 2 de gas está conectada a dicha red externa.

Además, preferiblemente, si el sistema comprende una bomba de vacío, la humedad relativa, RH, es la humedad relativa del proceso al que está conectada la entrada 2 de gas, siendo el proceso la red del usuario.

La presión de saturación de vapor de agua, p_{ws}, se puede calcular aplicando la siguiente fórmula:

$$p_{ws} = A \cdot 10^{\frac{m \cdot T_{entrada}}{T_{entrada} + T_n}} \quad (\text{ecuación 7});$$

en la que $T_{entrada}$ es la temperatura de entrada medida y A, m y T_n son las constantes determinadas empíricamente que se encuentran en la Tabla 1.

En el contexto de la presente invención, el método identificado anteriormente para calcular el punto de rocío atmosférico, ADP, no debe considerarse limitante y debe entenderse que puede aplicarse cualquier otro método de cálculo sin apartarse del alcance de la presente invención.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, se determina el valor objetivo predeterminado, $T_{objetivo}$, considerando una temperatura máxima a la que diferentes componentes que son parte de la bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite pueden funcionar en parámetros normales, como la temperatura máxima dependiendo de los materiales utilizados para su fabricación o sus propiedades y cómo cambian esas propiedades con el aumento de la temperatura.

Dicha temperatura máxima puede ser, por ejemplo: la temperatura máxima del aceite a la que se mantienen su viscosidad, estabilidad y degradación del aceite a lo largo del tiempo dentro de los valores deseados, o la temperatura máxima a la que la válvula de regulación puede funcionar sin riesgo de deformación debido al material utilizado para su fabricación, o la temperatura máxima que puede soportar la carcasa del elemento 4 de compresor o vacío o el propio elemento 4 de compresor o vacío sin el riesgo de deformaciones del material, o la temperatura máxima que cualquier rodamiento o sello montado dentro del compresor o la bomba de vacío puede soportar, o la temperatura máxima a la que los sensores de temperatura y/o presión pueden funcionar sin riesgo de degradación, o una característica de temperatura máxima para un funcionamiento normal de las tuberías y accesorios parte de la bomba 1 de compresor o vacío, o similares.

En otra realización más de acuerdo con la presente invención y sin limitarse a la misma, el método comprende además el paso de comparar el valor objetivo predeterminado calculado, $T_{objetivo}$, con la característica más baja de las temperaturas máximas para los diferentes componentes, como se definió anteriormente, y si el valor objetivo predeterminado calculado, $T_{objetivo}$, es mayor que dicha temperatura máxima más baja, entonces el método considerará dicha temperatura máxima más baja como el valor objetivo predeterminado calculado, $T_{objetivo}$.

Alternativamente, el método usará para comparaciones y cálculos adicionales, el valor objetivo predeterminado calculado, $T_{objetivo}$.

Dependiendo de los requisitos y la capacidad de respuesta de la bomba 1 de compresor o vacío, se puede elegir el valor objetivo predeterminado calculado, $T_{objetivo}$, para que sea igual al punto de rocío atmosférico calculado, ADP, o el método de acuerdo con la presente invención adicionalmente comprende el paso de agregar una tolerancia, $T_{desviación}$, a dicho punto de rocío atmosférico calculado, ADP.

Tal tolerancia, $T_{desviación}$, puede ser cualquier valor seleccionado entre 1 °C y 10 °C, más preferiblemente entre 1 °C y 7 °C, incluso más preferiblemente, entre 2 °C y 5 °C.

Las pruebas han demostrado que, si la tolerancia no excede los valores mencionados anteriormente, se mantiene la eficiencia de la bomba 1 de compresor o vacío, se asegura la calidad del aceite y la estabilidad del sistema en general.

Preferiblemente, pero sin limitarse a ello, para evitar aún más la formación de condensado y mantener la eficiencia energética de la bomba 1 de compresor o vacío, se mantiene preferiblemente el valor objetivo predeterminado, $T_{objetivo}$, entre un límite mínimo, $T_{objetivo,mín}$ y a límite máximo, $T_{objetivo,máx}$.

En consecuencia, el valor objetivo predeterminado, $T_{objetivo}$, se compara con el límite mínimo, $T_{objetivo,mín}$, y si el valor objetivo predeterminado, $T_{objetivo}$, es inferior al límite mínimo, $T_{objetivo,mín}$, el valor objetivo predeterminado, $T_{objetivo}$, se selecciona como igual al límite mínimo, $T_{objetivo,mín}$. Del mismo modo, si el valor objetivo predeterminado, $T_{objetivo}$, es mayor que el límite máximo, $T_{objetivo,máx}$, el valor objetivo predeterminado, $T_{objetivo}$, se selecciona como igual al límite máximo, $T_{objetivo,máx}$.

Como ejemplo, si el sistema comprende un elemento de vacío, se puede seleccionar el límite mínimo, $T_{objetivo,mín}$, como cualquier valor comprendido entre 60 °C y 80 °C, preferiblemente entre 70 °C y 80 °C, incluso más preferiblemente, se puede seleccionar el límite mínimo a aproximadamente 75 °C o menos y el límite máximo, $T_{objetivo,máx}$, se puede seleccionar a aproximadamente 100 °C o menos.

Además, si el sistema comprende un elemento compresor, se puede seleccionar el límite mínimo, $T_{objetivo,mín}$, como cualquier valor comprendido entre 50 °C y 70 °C, preferiblemente entre 55 °C y 65 °C, incluso más preferiblemente, se puede seleccionar el límite mínimo a aproximadamente 60 °C o menos y se puede seleccionar el límite máximo, $T_{objetivo,máx}$, a aproximadamente 110 °C o menos.

Además, el algoritmo de lógica difusa implementado por el método de acuerdo con la presente invención comprende el paso de determinar un primer error, e_1 , restando el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , de una primera temperatura de salida medida, $T_{\text{salida}, 1}$.

Además, el algoritmo de lógica difusa comprende el paso de determinar un segundo error, e_2 , restando el valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , de una temperatura de salida medida posterior, $T_{\text{salida}, 2}$.

Para una determinación precisa de la condición del sistema global, el algoritmo de lógica difusa comprende además el paso de calcular la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, sobre la rata de muestreo, calculando la derivada del error sobre el tiempo. En consecuencia, el segundo error, e_2 , se resta del primer error, e_1 , y el resultado se divide sobre la frecuencia de muestreo, Δt . Dicha rata de muestreo, Δt , debe entenderse como un intervalo de tiempo, Δt , calculado entre el momento, t_1 , cuando se mide la primera temperatura de salida, $T_{\text{salida}, 1}$, y el momento, t_2 , cuando se mida la temperatura de salida posterior, $T_{\text{salida}, 2}$.

Preferiblemente, pero sin limitarse a ello, la rata de muestreo se elige a 40 milisegundos.

Preferiblemente, el algoritmo de lógica difusa comprende además el paso de determinar la dirección hacia la cual la posición de la válvula 15 de regulación debería cambiar de acuerdo con el primer error, e_1 , o el segundo error, e_2 , y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$.

Más preferiblemente, el algoritmo de lógica difusa comprende además el paso de determinar la rata de velocidad con la que se debe cambiar la posición de la válvula de regulación con base en el primer error (e_1) o el segundo error (e_2), y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$).

En otra realización de acuerdo con la presente invención, para lograr una bomba 1 de compresor o vacío más estable, el algoritmo de lógica difusa puede comprender además al menos un filtro, tal como por ejemplo un Filtro de Paso Bajo (LPF), para el filtrado de fluctuaciones de temperatura a corto plazo.

Dicho LPF está diseñado para ignorar las fluctuaciones de temperatura que duran, por ejemplo, durante menos de un segundo o menos de aproximadamente cinco segundos, más preferiblemente el LPF está diseñado para ignorar las fluctuaciones de temperatura que duran menos de dos segundos, incluso más preferiblemente, el LPF está diseñado para ignorar las fluctuaciones de temperatura que duran menos de aproximadamente tres segundos.

En otra realización más de acuerdo con la presente invención, el algoritmo de lógica difusa asigna funciones de pertenencia para determinar la salida lógica y para seguir utilizando el primer error calculado, e_1 , o el segundo error, e_2 , y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$.

Un ejemplo para una representación gráfica de tales funciones de membresía se ilustra en la figura 5, para el error, y en la figura 6, para la evolución del error, $d(\text{error})/dt$. El error se representa como un valor difuso correspondiente en función de la temperatura, T , que tiene grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) como unidad de medida. Mientras que la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, se representa como un valor difuso correspondiente en función de la temperatura, T , sobre segundos, s , que tiene grados Celsius sobre segundos ($^{\circ}\text{C}/s$) como unidad de medida. Dichas funciones de pertenencia se identifican como N, Z y P para los gráficos ilustrados en la figura 5, en la que N representa Negativo, Z representa Cero, para el cual la temperatura de salida medida, T_{salida} , es igual o aproximadamente igual al valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , y P significa Positivo.

De la misma manera, las funciones de pertenencia se identifican como N y P para los gráficos ilustrados en la figura 6, en la que N representa negativo y P representa positivo.

El intervalo de temperatura $[-\Delta T; +\Delta T]$ se elige de acuerdo con las especificidades de la bomba 1 de compresor o vacío y dicho parámetro puede cambiarse. Como ejemplo y no limitativo al mismo, $-\Delta T$ puede ser cualquier valor seleccionado entre -10°C y -1°C , más preferiblemente, $-\Delta T$ puede ser cualquier valor seleccionado entre -8°C y -5°C , incluso más preferiblemente, $-\Delta T$ se puede seleccionar como aproximadamente -8°C .

De la misma manera, $+\Delta T$ puede ser cualquier valor seleccionado entre $+1^{\circ}\text{C}$ y $+10^{\circ}\text{C}$, más preferiblemente, $+\Delta T$ puede ser cualquier valor seleccionado entre $+5^{\circ}\text{C}$ y $+8^{\circ}\text{C}$, incluso más preferiblemente, $+\Delta T$ se puede seleccionar como aproximadamente $+5^{\circ}\text{C}$.

En el contexto de la presente invención, los valores seleccionados para $-\Delta T$ y $+\Delta T$ deben considerarse solo como un ejemplo y la presente invención no debe limitarse a estos valores particulares, se pueden seleccionar otros valores sin afectar la lógica del método de acuerdo con la presente invención.

En consecuencia, si el error calculado tiene un valor negativo, dicho valor se debe representar dentro del gráfico N de la figura 5 a la temperatura de salida correspondiente. Si el error calculado es aproximadamente igual a cero y la temperatura de salida medida, T_{salida} , es aproximadamente igual al valor objetivo predeterminado, T_{objetivo} , dicho valor se representará dentro del gráfico Z a la temperatura correspondiente. Alternativamente, si el error calculado es positivo, dicho valor se representará dentro del gráfico P, a la temperatura correspondiente.

De la misma manera, si la evolución del error es negativa, dicho valor debe representarse dentro del gráfico N de la figura 6, mientras que, si la evolución del error es positiva, dicho valor debe representarse dentro del gráfico P. Dichos valores se representan a una temperatura correspondiente $T_{salida,2} - T_{salida,1}$ sobre la diferencia de tiempo Δt .

En consecuencia, los valores difusos determinados con respecto al error y la evolución del error, $d(error)/dt$, se utilizan adicionalmente por el algoritmo de lógica difusa para determinar la dirección en la que se debe cambiar la válvula 15 de regulación. Dichos valores difusos son cualquier número real seleccionado dentro del intervalo [0; 1] y de acuerdo con el error calculado o la evolución del error, $d(error)/dt$.

En consecuencia, si el segundo error, e_2 , es negativo, N, o si el segundo error, e_2 , es aproximadamente igual a cero, representados en el gráfico Z como se explicó anteriormente, y la evolución del error, $d(error)/dt$, es negativa, N, lo que significa que la temperatura del aceite está disminuyendo, de modo que puede reinyectarse dentro del compresor o elemento de vacío, la dirección en la que se debe cambiar la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permita que fluya más aceite a través de la tubería 14 de desviación.

Alternativamente, si el segundo error, e_2 , es positivo, P, o si el segundo error, e_2 , es aproximadamente igual a cero, se representa en el gráfico Z, y la evolución del error, $d(error)/dt$, es positiva, P, lo que significa que la temperatura del aceite muestra un aumento entre dos mediciones de temperatura de salida posteriores, $T_{salida,1}$ y $T_{salida,2}$, la dirección en la que se debe cambiar la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permita que fluya más aceite a través de la unidad 13 de enfriamiento.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, el algoritmo de lógica difusa determina la rata de velocidad con la que debe cambiarse la posición de la válvula 15 de regulación. Dependiendo del error y la evolución del error y dependiendo de la capacidad de respuesta requerida del sistema general, el algoritmo de lógica difusa podría considerar diferentes ratas de velocidades para cambiar la posición de la válvula 15 de regulación. Sin embargo, no deben excluirse las ratas de velocidad iguales.

Por consiguiente, si el segundo error, e_2 , es negativo, N, y la evolución del error, $d(error)/dt$, es negativa, N, se puede cambiar la posición de la válvula 15 de regulación en una primera rata de velocidad predeterminada, -L; o si el segundo error, e_2 , es negativo, N, y la evolución del error, $d(error)/dt$ es positivo, P, se puede cambiar la posición de la válvula 15 de regulación a una segunda rata de velocidad predeterminada, -M; o si el segundo error, e_2 , es aproximadamente igual a cero, Z, y la evolución del error, $d(error)/dt$, es negativa, N, se puede cambiar la posición de la válvula 15 de regulación en una tercera rata de velocidad predeterminada, -S; o si el segundo error, e_2 , es aproximadamente igual a cero, Z, y la evolución del error, $d(error)/dt$, es positiva, P, se puede cambiar la posición de la válvula 15 de regulación en una cuarta rata de velocidad predeterminada, + S; o si el segundo error, e_2 , es positivo, P, y la evolución del error, $d(error)/dt$, es negativa, N, se puede cambiar la posición de la válvula 15 de regulación a una quinta rata de velocidad predeterminada, + M; o si el segundo error, e_2 , es positivo, P, y la evolución del error, $d(error)/dt$, es positiva, P, se puede cambiar la posición de la válvula 15 de regulación a una sexta rata de velocidad predeterminada, + L.

Como un ejemplo, y no limitativo, la dirección en la que se debe cambiar la válvula 15 de regulación y la velocidad con la que se debe realizar dicho cambio, puede regirse por la Tabla 2, en la que P1 a P6 son las funciones de membresía como se ilustra en la figura 7. Dichas funciones de membresía se representan en la figura 7 como los valores difusos correspondientes y en función de la velocidad con la que se debe realizar el cambio, representado en porcentaje por segundo, %/s, por lo que el porcentaje representa el ángulo de rotación

Tabla 2:

Delta RV		error		
		N	Z	P
$d(error)/dt$	N	P1 (-L)	P3 (-S)	P5 (+M)
	P	P2 (-M)	P4 (+S)	P6 (+L)

En una realización de acuerdo con la presente invención, las funciones de pertenencia P1 a P6 se pueden elegir de modo que, por ejemplo, se puedan asignar P1 a P3 para la situación en la que la temperatura del aceite no es lo suficientemente alta como para que no se deba permitir que fluya un volumen adicional de aceite a través de la unidad 13 de enfriamiento, mientras que se puede asignar P4 a P6 para la situación en la que la temperatura del aceite es lo suficientemente alta como para justificar que se permita que fluya un volumen adicional de aceite a través de la unidad 13 de enfriamiento.

En consecuencia, se pueden asociar las funciones de pertenencia P1 a P3 con el cambio de posición de la válvula 15 de regulación de manera que se permita que el aceite fluya a través de la tubería 14 de desviación, mientras que se pueden asociar las funciones de pertenencia P4 a P6 con el cambio de la posición de la válvula 15 de regulación de manera que se permita que el aceite fluya a través de la unidad 13 de regulación.

En el ejemplo particular ilustrado en la figura 4, el cambio de la posición de la válvula 15 de regulación debe entenderse como rotativo del elemento 26 de rotación central, pero dicho ejemplo no debe considerarse limitativo.

En otra realización más de acuerdo con la presente invención, el valor absoluto de la primera rata de velocidad predeterminada, -L, es igual al valor absoluto de la sexta rata de velocidad predeterminada, +L, el valor absoluto de la segunda rata de velocidad predeterminada, -M, es igual al valor absoluto de la quinta rata de velocidad predeterminada, +M, y/o el valor absoluto de la tercera rata de velocidad predeterminada, -S, es igual al valor absoluto de la cuarta rata de velocidad predeterminada, +S.

En otra realización más, el valor absoluto de la primera rata de velocidad predeterminada, -L, puede ser menor que el valor absoluto de la sexta rata de velocidad predeterminada, +L, y/o el valor absoluto de la segunda rata de velocidad predeterminada, -M, puede ser menor que el valor absoluto de la quinta rata de velocidad predeterminada, +M, y/o el valor absoluto de la tercera rata de velocidad predeterminada, -S, puede ser menor que el valor absoluto del valor absoluto de la cuarta rata de velocidad predeterminada, +S.

Como un ejemplo, y sin limitarse al mismo, se puede seleccionar el valor absoluto de la primera rata de velocidad predeterminada, -L, y/o el valor absoluto de la sexta rata de velocidad predeterminada, +L, como cualquier valor dentro del intervalo [0,5; 1.5] %/s, tal como por ejemplo aproximadamente 0.8%/s, o aproximadamente 0.9%/s, o incluso aproximadamente 1.4%/s. De manera similar, se puede seleccionar el valor absoluto de la segunda rata de velocidad predeterminada, -M, y/o el valor absoluto de la quinta rata de velocidad predeterminada, +M, como cualquier valor dentro del intervalo (0; 1]%/s tal como, por ejemplo, aproximadamente 0.2%/s, o aproximadamente 0.3%/s, o incluso aproximadamente 0.8%/s. De manera similar, se puede seleccionar el valor absoluto de la tercera rata de velocidad predeterminada, -S, y/o de la cuarta rata de velocidad predeterminada, +S, como cualquier valor dentro del intervalo (0; 0.5]%/s, tal como por ejemplo aproximadamente 0.1%/s, o aproximadamente 0.2%/s, o incluso aproximadamente 0.4%/s.

En el contexto de la presente invención, tales ejemplos no deben considerarse limitantes de ninguna manera, y debe entenderse que pueden seleccionarse otros valores para las ratas de velocidad respectivas, sin apartarse del alcance de la presente invención.

Para determinar con cuánto se debería cambiar el grado de apertura de dicha válvula 15 de regulación, hacia la tubería 14 de desviación o la unidad 13 de reducción, o para el ejemplo particular de la figura 4, para determinar el ángulo con el que se debe cambiar la posición de la válvula 15 de regulación, el algoritmo de lógica difusa aplica una primera función de control, CTR_válvula, y determina el mínimo entre el valor 1 y el resultado de sumar el valor difuso asociado con el segundo error, e_2 , multiplicado por un primer coeficiente, f_1 , al valor difuso asociado con la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, multiplicado por un segundo coeficiente, f_2 :

$$\text{CTR_válvula} = \text{MIN} [f_1 \cdot \text{FV}(e_2) + f_2 \cdot \text{FV}(d(\text{error})/dt); 1] \quad (\text{ecuación 8})$$

donde $\text{FV}(e_2)$ representa el valor difuso asociado con el segundo error, e_2 , y $\text{FV}(d(\text{error})/dt)$ representa el valor difuso asociado con la evolución del error, $d(\text{error})/dt$.

Dicho primer coeficiente, f_1 , y dicho segundo coeficiente, f_2 se pueden elegir de modo que la unidad 20 de control pueda responder más rápidamente o menos rápidamente a los cambios en el error y/o en la evolución del error, $d(\text{error})/dt$.

En consecuencia, si el segundo coeficiente, f_2 , se selecciona como un valor relativamente mayor que el primer coeficiente, f_1 , el algoritmo de lógica difusa indicará a la unidad 20 de control que cambie la posición de la válvula 15 de regulación cada vez que se detecta un cambio relativamente pequeño de temperatura de salida, T_{salida} . Una bomba 1 de compresor o vacío que implemente dicho método respondería muy bien a pequeños cambios en las temperaturas de salida, T_{salida} , pero también sería menos estable.

Por otro lado, si el segundo coeficiente, f_2 , se selecciona como un valor relativamente menor que el primer coeficiente, f_1 , el algoritmo de lógica difusa instruirá a la unidad 20 de control para cambiar la posición de la válvula 15 de regulación cada vez que se detecta un cambio más significativo de la temperatura de salida, T_{salida} . Una bomba 1 de compresor o vacío que implemente dicho método respondería menos a pequeños cambios en las temperaturas de salida, T_{salida} , pero sería más estable.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, el primer coeficiente, f_1 , y el segundo coeficiente, f_2 , pueden ser cualquier número real seleccionado entre el intervalo (0; 1].

Preferiblemente, pero sin limitarse al mismo, el primer coeficiente, f_1 , puede ser cualquier número real seleccionado entre [0,5; 1], y el segundo coeficiente, f_2 , puede ser cualquier número real seleccionado entre (0; 0.5].

Como ejemplo, pero sin limitarse al mismo, para lograr una bomba 1 de compresor o vacío muy eficiente y estable, se puede seleccionar dicho primer coeficiente f_1 como igual al valor uno, y se puede seleccionar el segundo coeficiente, f_2 , como igual al valor cero punto dos (0.2). En consecuencia, la ecuación 8 se convierte en:

$$\text{CTR_válvula} = \text{MIN}[1 \cdot \text{FV}(e_2) + 0.2 \cdot \text{FV}(d(\text{error})/dt); 1] \quad (\text{ecuación 9}).$$

En otra realización de acuerdo con la presente invención, para determinar el ángulo con el que se va a cambiar la posición de la válvula 15 de regulación, el algoritmo de lógica difusa determina el máximo entre el resultado de multiplicar el valor difuso asociado con el segundo error, e_2 , y un primer coeficiente, f_1 , y el resultado de multiplicar el valor difuso asociado con la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, y un segundo coeficiente, f_2 :

$$\text{CTR_válvula} = \text{MAX}[f_1 \cdot \text{FV}(e_2); f_2 \cdot \text{FV}(d(\text{error})/dt)] \quad (\text{ecuación 10}).$$

En el contexto de la presente invención, si la válvula de regulación comprende un elemento 26 de rotación central, al determinar el ángulo con el que se va a cambiar la posición de la válvula 15 de regulación, se debe entender como determinar el ángulo con el cual se debe rotar el elemento 26 de rotación central.

En otra realización más de acuerdo con la presente invención, el algoritmo de lógica difusa determina el ángulo con el que debe cambiarse la posición de la válvula 15 de regulación, ya sea determinando el mínimo entre el valor difuso asociado con el segundo error, e_2 , y el valor difuso asociado con la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, o determinando el máximo entre el valor difuso asociado con el segundo error, e_2 , y el valor difuso asociado con la evolución del error, $d(\text{error})/dt$. Las pruebas han demostrado que tal enfoque conduciría ya sea a una bomba 1 de compresor o vacío menos receptiva pero estable, o a una bomba 1 de compresor o vacío menos sensible y menos estable, respectivamente.

Volviendo ahora a la figura 7, sería preferible que cada función de membresía P1 a P6 se asigne para una combinación entre el error y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$.

Por consiguiente, si el segundo error, e_2 , es negativo, N, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, se debe representar el resultado de la primera función de control, CTR_válvula, dentro del gráfico P1; mientras que si el segundo error, e_2 , es negativo, N, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, se debe representar el resultado de la primera función de control, CTR_válvula, dentro del gráfico P2; mientras que si el segundo error, e_2 , es aproximadamente igual a cero, Z, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, se debe representar el resultado de la primera función de control, CTR_válvula, dentro del gráfico P3; mientras que si el segundo error, e_2 , es aproximadamente igual a cero, Z, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, se debe representar el resultado de la primera función de control, CTR_válvula, dentro del gráfico P4; mientras que si el segundo error, e_2 , es positivo, P, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, se debe representar el resultado de la primera función de control, CTR_válvula, dentro del gráfico P5; mientras que si el segundo error, e_2 , es positivo, P, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, se debe representar el resultado de la primera función de control, CTR_válvula, dentro del gráfico P6.

Además, para determinar un ángulo con el que se debe cambiar la válvula 15 de regulación, el algoritmo de lógica difusa comprende preferiblemente el paso de determinar el centro de gravedad del gráfico determinado después de que el resultado de la primera función de control, CTR_válvula, sea interpuesto con la función de membresía respectiva de la figura 7, donde dicho centro de gravedad se proyecta aún más en el eje %/s.

Donde dicho eje %/s representa el ángulo con el que la válvula 15 de regulación debe cambiarse durante un segundo.

Si el centro de gravedad proyectado en el eje %/s cae en el intervalo entre $(0; +x]$ o superior, el ángulo de la válvula 15 de regulación debe cambiarse de modo que se permita que un mayor volumen de aceite fluya a través de la unidad 13 de enfriamiento y a una tasa de velocidad que corresponda a la función de membresía respectiva.

Si el centro de gravedad proyectado en el eje %/s cae en el intervalo entre $[-x; 0)$ o menos, el ángulo de la válvula 15 de regulación debe cambiarse de manera que se permita que fluya un mayor volumen de aceite a través de la tubería 14 de desviación y a una tasa de velocidad correspondiente a la función de membresía respectiva.

En una realización de acuerdo con la presente invención, dependiendo de la capacidad de respuesta requerida del sistema global, los valores de $-x$ y $+x$ pueden ser cualquier valor seleccionado entre por ejemplo $[-0.5; -20]$ y $[+0.5; +20]$ respectivamente, más preferiblemente, los valores de $-x$ y $+x$ pueden ser cualquier valor seleccionado entre $[-1; -10]$ y $[+1; +10]$ respectivamente; incluso más preferiblemente, se puede seleccionar $-x$ como aproximadamente -5 , mientras que se puede seleccionar $+x$ como aproximadamente $+5$.

Además, dependiendo de las especificaciones del diseñador, se pueden definir los valores intermedios $-x_1$, $-x_2$ dentro del intervalo $[-x; 0)$ y se pueden definir $+x_1$, $+x_2$ dentro del intervalo $(0; +x]$.

Como ejemplo, y sin limitarse al mismo, se puede seleccionar $-x_1$ como aproximadamente -1 , mientras que se puede seleccionar $-x_2$ como aproximadamente -2 . Del mismo modo, se puede seleccionar $+x_1$ como aproximadamente $+1$, mientras que se puede seleccionar $+x_2$ como aproximadamente $+2$.

Debe entenderse que se pueden determinar tales valores experimentalmente, y la presente invención no debe limitarse a los ejemplos particulares definidos anteriormente.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, el algoritmo de lógica difusa comprende además el paso de determinar una posición de la válvula 15 de regulación aplicando el ángulo calculado, o el centro de gravedad proyectado en el eje %/s, a una posición actual de la válvula 15 de regulación preferiblemente a una rata de velocidad correspondiente a la función de acoplamiento respectiva.

- 5 En consecuencia, la figura 8 ilustra la posición actual de la válvula 15 de regulación a la que se aplica el resultado determinado previamente con respecto a la figura 7.

Las funciones de membresía de la figura 8 se representan como los valores difusos correspondientes y como una función del ángulo de rotación, representado en porcentaje, %.

- 10 Preferiblemente, pero sin limitarse al mismo, si aplicando el resultado determinado con respecto a la figura 7, la válvula 15 de modulación alcanza una posición en la que el aceite fluye principalmente a través de la tubería 14 de desviación, el resultado debe representarse dentro del gráfico Q1.

Además, si aplicando el resultado determinado con respecto a la figura 7, la válvula 15 de modulación alcanza una posición en la que el aceite fluye parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de refrigeración, entonces el resultado debe representarse dentro del gráfico Q2.

- 15 Mientras que, si aplicando el resultado determinado con respecto a la figura 7, la válvula 15 de modulación alcanza una posición en la que el aceite fluye principalmente a través de la unidad 13 de refrigeración, el resultado debe representarse en el gráfico Q3.

- 20 En otra realización de acuerdo con la presente invención, la capacidad de respuesta del sistema puede verse influenciada por el control cuando se inicia el ventilador 21. En consecuencia, para un sistema más receptivo, si uno de los gráficos Q1 a Q3, o incluso todos, se desplazan hacia el lado izquierdo, en el eje % en la figura 8, el ventilador 21 se inicia antes, mientras que, si uno de o incluso todos los gráficos Q1 a Q3 se desplazan hacia el lado derecho, en el eje % de la figura 8, el ventilador 21 se inicia más tarde. Si el compresor o la bomba de vacío comprenden una unidad 25 de recuperación de energía, la posición actual de la válvula 15 de regulación a la que se aplica el resultado determinado previamente con respecto a la figura 7, se representa dentro de la figura 9.

- 25 Las funciones de pertenencia de la figura 9 se representan como los valores difusos correspondientes y como una función del ángulo de rotación, representado en porcentaje, %.

En consecuencia, si aplicando el resultado determinado con respecto a la figura 7, la válvula 15 de modulación alcanza una posición en la que el aceite fluye principalmente a través de la tubería 14 de desviación, el resultado debe representarse dentro del gráfico Q1'.

- 30 Además, si aplicando el resultado determinado con respecto a la figura 7, la válvula 15 de modulación alcanza una posición en la que el aceite fluye parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, el resultado debe representarse dentro del gráfico Q2'.

- 35 De manera similar, si aplicando el resultado determinado con respecto a la figura 7, la válvula 15 de modulación alcanza una posición en la que el aceite fluye principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, el resultado debe representarse dentro del gráfico Q3'.

Si aplicando el resultado determinado con respecto a la figura 7, la válvula 15 de modulación alcanza una posición en la que el aceite fluye parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de refrigeración, el resultado deber estar representado dentro del gráfico Q4'.

- 40 Mientras que, si aplicando el resultado determinado con respecto a la figura 7, la válvula 15 de modulación alcanza una posición en la que el aceite fluye principalmente a través de la unidad 13 de refrigeración, el resultado debe representarse dentro del gráfico Q5'.

- 45 Preferiblemente, cuando se inicia la bomba 1 de compresor o vacío, la válvula 15 de regulación está preferiblemente en una posición predeterminada caracterizada por un ángulo de rotación cero, como se ilustra en la figura 3 y en la figura 4, caso en el que el aceite preferiblemente fluye principalmente a través de la tubería 14 de desviación. A medida que la temperatura del aceite aumenta gradualmente, el ángulo de rotación se modifica, permitiendo gradualmente un flujo parcial de aceite a través de la tubería 14 de desviación y un flujo parcial de aceite a través de la unidad 13 de refrigeración, hasta alcanzar un ángulo de rotación máximo de cien por ciento, caso en el que el petróleo fluye principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento.

- 50 Si la bomba 1 de compresor o vacío no comprende una unidad 25 de recuperación de energía, entonces el ángulo de rotación del cien por ciento corresponde preferiblemente a una rotación física de 90° de la válvula 15 de regulación. Como se ilustra en la figura 4, la rotación física de 90° de la válvula 15 de regulación correspondería a una rotación del elemento 26 de rotación central de acuerdo con la flecha AA', llevando el eje I sobre el eje II. En consecuencia, para volver a la posición inicial del ángulo de rotación cero, el elemento 26 de rotación central necesitaría girar de acuerdo con la flecha AA' pero en la dirección opuesta, llevando el eje II sobre el eje I.

En otras palabras, para permitir que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de refrigeración o principalmente a través de la unidad 13 de refrigeración, el elemento 26 de rotación central debe rotarse según la flecha AA' en sentido antihorario, mientras que si desde esa posición el elemento 26 de rotación central necesitaría colocarse en una posición intermedia o en el ángulo de rotación inicial cero, dicho elemento 26 de rotación central debería rotarse de acuerdo con la flecha AA' en una dirección en el sentido horario.

Si la bomba 1 de compresor o vacío comprende una unidad 25 de recuperación de energía, entonces el ángulo de rotación del cien por ciento corresponde a un ángulo de rotación física de 180° de la válvula 15 de regulación. Como se ilustra en la figura 3, el ángulo de rotación física de 180° de la válvula 15 de regulación correspondería a una rotación del elemento 26 de rotación central de acuerdo con la flecha BB', llevando el eje I sobre el eje III. En consecuencia, para volver a la posición inicial del ángulo de rotación cero, el elemento 26 de rotación central necesitaría girar de acuerdo con la flecha BB' pero en la dirección opuesta, llevando el eje III sobre el eje I.

En otras palabras, para permitir que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o parcialmente a través de la unidad 13 de refrigeración y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o principalmente a través de la unidad 13 de recuperación, el elemento 26 de rotación central debe rotarse de acuerdo con la flecha BB' en sentido antihorario, mientras que desde esa posición el elemento 26 de la rotación central necesitaría colocarse en una posición intermedia o en el ángulo de rotación inicial cero, donde dicho elemento 26 de rotación central debería rotar de acuerdo con la flecha BB' en el sentido horario.

Debe entenderse además que cuando se cambia la posición de la válvula 15 de regulación, el ángulo calculado se aplica al ángulo actual de la válvula 15 de regulación, de acuerdo con la flecha AA' o BB' y modificando ya sea la rotación del elemento 26 de rotación central en sentido horario o en sentido antihorario.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, el algoritmo de lógica difusa está determinando si la velocidad del ventilador 21 debe aumentarse o disminuirse con base en la posición determinada de la válvula 15 de regulación, el segundo error, e_2 , y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$.

Debido a que el algoritmo de lógica difusa tiene como parámetro de entrada la posición de la válvula 15 de regulación, se modifica la velocidad del ventilador 21 de acuerdo con el volumen de fluido que llega a la unidad 13 de reducción, que aumenta la eficiencia energética de la bomba 1 de compresor o vacío y que prolonga la vida útil del ventilador 21 y del motor 24.

Dependiendo del segundo error, e_2 , y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, la velocidad del ventilador 21 posiblemente tendría que cambiarse a una tasa más rápida o más lenta.

Por consiguiente, en una realización de acuerdo con la presente invención, el algoritmo de lógica difusa determina además la tasa a la que se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 aplicando uno o más de los siguientes pasos y verificaciones: si el error es negativo, N, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces la velocidad del ventilador se reducirá a una primera tasa de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces la velocidad del ventilador 21 se reducirá a una segunda tasa de velocidad, MS; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de reducción, entonces la velocidad del ventilador 21 se reducirá a una segunda tasa de velocidad, MS.

Además, si el error es negativo, N, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera tasa de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces la velocidad del ventilador 21 debe cambiarse a una tercera tasa de velocidad, M; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces la velocidad del ventilador 21 se debe cambiar a una tercera tasa de velocidad, M.

Además, si el error es aproximadamente igual a cero, Z, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, N, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que el aceite se deja que fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se reduce la velocidad del ventilador 21 a una primera tasa de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de refrigeración, entonces se debe reducir la velocidad del ventilador 21 a una primera tasa de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de reducción, entonces se debe reducir la velocidad del ventilador 21 a una primera tasa de velocidad, S.

Además, si el error es aproximadamente igual a cero, Z, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que el aceite se deja que fluya principalmente a través de la tubería

14 de desviación, entonces se debe reducir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de refrigeración, entonces se debe aumentar la velocidad del ventilador 21 a una cuarta rata de velocidad, F; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de regulación, entonces se debe aumentar la velocidad del ventilador 21 a una cuarta rata de velocidad, F.

Además, si el error es positivo, P, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de refrigeración, entonces se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 a una tercera rata de velocidad, M; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de limitación, entonces se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 a una tercera rata de velocidad, M.

Además, si el error es positivo, P, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que el aceite se deja que fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de refrigeración, entonces se debe aumentar la velocidad del ventilador 21 a una cuarta rata de velocidad, F; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de reducción, entonces se debe aumentar la velocidad del ventilador 21 a una quinta rata de velocidad, MF.

Como ejemplo y no limitativo al mismo, la rata a la que se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 se rige por la Tabla 3, en la que RV representa la posición de la válvula de regulación y F1 a F5 son las funciones de membresía como se ilustra en la figura 10.

Tabla 3:

delta_VENTILADOR		[error;d(error)/dt]					
		[N; $\dot{N}$]	[N; $\dot{P}$]	[Z; $\dot{N}$]	[Z; $\dot{P}$]	[P; $\dot{N}$]	[P; $\dot{P}$]
RV	Q1 (Z)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)
	Q2 (M)	F1 (MS)	F3 (M)	F2 (S)	F4 (F)	F3 (M)	F4 (F)
	Q3 (L)	F1 (MS)	F3 (M)	F2 (S)	F4 (F)	F3 (M)	F5 (MF)

En otra realización de acuerdo con la presente invención, si la bomba 1 de compresor o vacío comprende una unidad 25 de recuperación de energía, el algoritmo de lógica difusa determina además la rata a la que se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 aplicando uno o más de los siguientes pasos y verificaciones: si el error es negativo, N, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una segunda rata de velocidad, MS; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una segunda rata de velocidad, MS.

Adicionalmente, si el error es negativo, N, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, entonces si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía

y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe cambiar la velocidad del ventilador a una tercera rata de velocidad, M; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 a una tercera rata de velocidad, M.

Adicionalmente, si el error es aproximadamente igual a cero, Z, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, N, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad.

Adicionalmente, si el error es aproximadamente igual a cero, Z, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, P, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe aumentar la velocidad del ventilador a una cuarta rata de velocidad, F; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe aumentar la velocidad del ventilador a una cuarta rata de velocidad, F.

Adicionalmente, si el error es positivo, P, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, N, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 a una tercera rata de velocidad, M; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 a una tercera rata de velocidad, M.

Adicionalmente, si el error es positivo, P, y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positivo, P, entonces: si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe disminuir la velocidad del ventilador 21 a una primera rata de velocidad, S; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe aumentar la velocidad del ventilador a una cuarta rata de velocidad, F; o si la posición de la válvula 15 de regulación es tal que se permite que el aceite fluya principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe incrementar la velocidad del ventilador 21 a una quinta velocidad, MF.

Como un ejemplo y no limitativo al mismo, si el compresor o la bomba de vacío comprenden una unidad 25 de recuperación de energía, la velocidad a la que se debe cambiar la velocidad del ventilador 21 se rige por la Tabla 4, en la que RV representa la posición de la válvula de regulación y F1 a F5 son las funciones de membresía como se ilustra en la figura 10.

Tabla 4:

-	$\Delta_{\text{VENTILADOR (ER)}}$	$\frac{d(\text{error})}{dt}$					
		$[N;\dot{N}]$	$[N;\dot{P}]$	$[Z;\dot{N}]$	$[Z;\dot{P}]$	$[P;\dot{N}]$	$[P;\dot{P}]$
RV	Q1'	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)
	Q2'	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)
	Q3' (M)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)	F2 (S)
	Q4' (L)	F1 (MS)	F3 (M)	F2 (S)	F4 (F)	F3 (M)	F4 (F)
	Q5' (VL)	F1 (MS)	F3 (M)	F2 (S)	F4 (F)	F3 (M)	F5 (MF)

En otra realización de acuerdo con la presente invención, pero sin limitar a la misma, el valor absoluto de la segunda rata de velocidad, MS, es menor o igual que el valor absoluto, S, el valor absoluto de la primera rata de velocidad, S, es menor o igual que el valor absoluto de la tercera rata de velocidad, M, el valor absoluto de la tercera rata de velocidad, M, es menor o igual que el valor absoluto de la cuarta rata de velocidad, F, el valor absoluto de la cuarta rata de velocidad, F, es menor o igual que el valor absoluto de la quinta rata de velocidad, MF.

En el contexto de la presente invención, debe entenderse que otras relaciones entre la primera rata de velocidad, S, la segunda rata de velocidad, MS, la tercera rata velocidad, M, la cuarta rata de velocidad, F y la quinta rata de velocidad, MF, todavía son posibles sin apartarse del alcance de la presente invención.

Además, en otra realización de acuerdo con la presente invención, tales ratas de velocidades pueden ser iguales. En consecuencia, $MS = S = M = F = MF$.

En otra realización más de acuerdo con la presente invención, el valor absoluto de la segunda rata de velocidad, MS, puede ser igual al valor absoluto de la quinta rata de velocidad, MF, y/o el valor absoluto de la primera rata de velocidad, S, puede ser igual al valor absoluto de la cuarta rata de velocidad, F.

En una realización adicional de acuerdo con la presente invención, la segunda rata de velocidad, MS, puede ser igual en el módulo con la quinta rata de velocidad, MF, y/o la primera rata de velocidad, S, puede ser igual en el módulo con la cuarta rata de velocidad, F.

Preferiblemente, pero sin limitarse al mismo: $|-MS| = |MF|$ y/o $|-S| = |F|$.

En otra realización más de acuerdo con la presente invención, la tercera rata de velocidad, M, puede ser muy pequeña o incluso insignificante. Más preferiblemente, la tercera rata velocidad, M, es aproximadamente cero.

Preferiblemente, pero sin limitarse a la misma, la segunda rata de velocidad, MS, y/o la primera rata de velocidad, S, es/son negativas, lo que significaría que la velocidad real del ventilador 21 disminuiría; mientras que la cuarta rata de velocidad, F, y/o la quinta rata de velocidad, MF, es/son positivas, lo que significaría que la velocidad real del ventilador 21 aumentaría.

Como ejemplo, pero sin limitarse al mismo, si se considera que la velocidad del ventilador 21 puede variar entre cero y cien revoluciones por minuto durante un segundo (RPM/s), la primera rata de velocidad, S y la segunda rata de velocidad, se puede elegir MS como cualquier valor comprendido entre -1 y -100 RPM/s; mientras que la cuarta rata de velocidad, F, y la quinta rata de velocidad, MF, se pueden elegir como cualquier valor comprendido entre +1 y +100 RPM/s.

Más preferiblemente, la primera rata de velocidad, S, y la segunda rata de velocidad, MS, se pueden elegir como cualquier valor comprendido entre -5 y -50 RPM/s; mientras que la cuarta rata de velocidad, F, y la quinta rata de velocidad, MF, pueden elegirse como cualquier valor comprendido entre +5 y +50 RPM/s, o más preferiblemente entre +5 y +40 RPM/s.

Incluso más preferiblemente, la primera rata de velocidad, S, y la segunda rata de velocidad, MS se pueden elegir como cualquier valor comprendido entre -10 y -30 RPM/s; mientras que la cuarta rata de velocidad, F, y la quinta rata de velocidad, MF, se pueden elegir como cualquier valor comprendido entre +10 y +30 RPM/s.

Como ejemplo, pero sin limitarse al mismo, la primera rata de velocidad, S, se puede elegir como aproximadamente -15 RPM/s, la segunda rata de velocidad, MS, se puede elegir como aproximadamente -40 RPM/s, la cuarta rata de velocidad, F, se puede elegir como aproximadamente +5 RPM/s, y la quinta rata de velocidad, MF, se puede elegir como aproximadamente +15 RPM/s.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, el algoritmo de lógica difusa comprende el paso de determinar la velocidad real con la que se debe cambiar el ventilador aplicando una segunda función de control,

CTR_ventilador, y determinando el valor de: el valor difuso asociado con el ángulo real de la posición de la válvula 15 de regulación multiplicado por el resultado de: el valor difuso asociado con el error multiplicado por un tercer coeficiente, f3, al cual el valor difuso asociado con la evolución del error, d (error)/dt, multiplicado por un cuarto coeficiente, f4, se agrega:

$$CTR_ventilador = FV(RV) \cdot [f3 \cdot FV(error) + f4 \cdot FV(d(error)/dt)] \quad (\text{ecuación 11}).$$

El tercer coeficiente, f3, y el cuarto coeficiente, f4 se seleccionan de la misma manera que el primer coeficiente, f1, y el segundo coeficiente, f2, de la ecuación 7, y dependiendo de si la unidad 20 de control debería responder más rápidamente o menos rápidamente a los cambios en el error y/o la evolución del error, d(error)/dt.

En consecuencia, el tercer coeficiente, f3, y el cuarto coeficiente, f4, pueden seleccionarse como cualquier valor real comprendido dentro del intervalo (0; 1].

Preferiblemente, pero sin limitarse al mismo, el tercer coeficiente, f3, puede seleccionarse como cualquier valor real comprendido dentro del intervalo [0,5; 1], mientras que el cuarto coeficiente, f4, puede seleccionarse como cualquier valor real comprendido dentro del intervalo (0; 0.5].

Como ejemplo, y sin limitarse al mismo, el tercer coeficiente, f3, puede seleccionarse como aproximadamente cero punto siete (0.7) y el cuarto coeficiente, f4, puede seleccionarse como aproximadamente cero punto tres (0.3). En consecuencia, la ecuación 11 se convierte en:

$$CTR_ventilador = FV(RV) \cdot [0.7 \cdot FV(error) + 0.3 \cdot FV(d(error) / dt) + 0.3 \cdot FV(d(error)/dt)] \quad \text{ecuación (12)}$$

El resultado de dicha ecuación preferiblemente se interpone adicionalmente con el gráfico de la figura 10, en el que, las funciones de membresía F1 a F5 se asignan preferiblemente para una combinación entre el error y la evolución del error, d (error)/dt, y considerando además la posición actual de la válvula 15 de regulación.

Por consiguiente, si el error es negativo, N, la evolución del error, d(error)/dt, es negativa, Ñ, y si la válvula 15 de regulación permite un flujo del aceite principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador dentro de la gráfica F2; mientras, si la válvula 15 de regulación permite un flujo del aceite ya sea parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento o principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F1.

Si el error es negativo, N, la evolución del error, d(error)/dt, es positiva, P, y si la válvula 15 de regulación permite un flujo del aceite principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador dentro de la gráfica F2; mientras si la válvula 15 de regulación permite un flujo del aceite ya sea parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento o principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F3.

Si el error es aproximadamente igual a cero, Z, la evolución del error, d(error)/dt, es negativa, Ñ, y la válvula 15 de regulación permite un flujo de aceite ya sea principalmente a través de la tubería 14 de desviación, o parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, o principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F2.

Si el error es aproximadamente igual a cero, Z, la evolución del error, d(error)/dt, es positiva, P, y si la válvula 15 de regulación permite el flujo del aceite principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador dentro de la gráfica F2; mientras si la válvula 15 de regulación permite el flujo del aceite ya sea parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, o principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F4.

Si el error es positivo, P, la evolución del error, d(error)/dt, es negativa, Ñ, y la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F2; mientras, si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo del aceite ya sea parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, o completamente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F3.

Si el error es positivo, P, la evolución del error, d(error)/dt, es positiva, P, y si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite principalmente a través de la tubería 14 de desviación, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F2; mientras, si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad

13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F4; mientras si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F5.

5 En otra realización de acuerdo con la presente invención, si la bomba 1 de compresor o vacío con inyección de aceite comprende una unidad 25 de recuperación de energía, entonces el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, preferiblemente se interpone adicionalmente con el gráfico de la figura 10, en el que, las funciones de pertenencia F1 a F5 se asignan preferiblemente para una combinación entre el error y la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, como se explicará adicionalmente.

10 Si el error es negativo, N, la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, y la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo del aceite ya sea principalmente a través de la tubería 14 de desviación, o parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador dentro de la gráfica F2; mientras, si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite ya sea parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, o principalmente a través de la unidad de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F1.

Si el error es negativo, N, la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, y si la válvula 15 de regulación permite un flujo de aceite ya sea principalmente a través de la tubería 14 de desviación, o parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F2; mientras, si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite ya sea parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento o principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F3.

Si el error es aproximadamente igual a cero, Z, la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, y la válvula 15 de regulación permite un flujo de aceite ya sea principalmente a través de la tubería 14 de desviación, o parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, o principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador dentro de la gráfica F2.

Si el error es aproximadamente igual a cero, Z, la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, y si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite ya sea principalmente a través de la tubería 14 de desviación, o parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador dentro de la gráfica F2; mientras, si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite ya sea parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento o principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F4.

Si el error es positivo, P, la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es negativa, $\dot{N}$, y si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite ya sea principalmente a través de la tubería 14 de desviación, o parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador dentro de la gráfica F2; mientras, si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite ya sea parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, o principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F3.

Si el error es positivo, P, la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, es positiva, $\dot{P}$, y la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite ya sea principalmente a través de la 14 de desviación, o parcialmente a través de la tubería 14 de desviación y parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, o principalmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía, entonces se debe representar la segunda función de control, CTR_ventilador dentro de la gráfica F2; mientras, si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite parcialmente a través de la unidad 25 de recuperación de energía y parcialmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F4; mientras, si la válvula 15 de regulación está permitiendo un flujo de aceite principalmente a través de la unidad 13 de enfriamiento, entonces se debe representar el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador, dentro de la gráfica F5.

En una realización adicional de acuerdo con la presente invención, después de que la segunda función de control, CTR_ventilador, se ha interpuesto con el gráfico de la figura 10, el algoritmo de lógica difusa preferiblemente calcula el centro de gravedad del gráfico resultante y lo proyecta sobre el eje RPM/s (revoluciones por minuto/segundo).

5 En consecuencia, el algoritmo de lógica difusa determina la velocidad real con la que se debe cambiar la velocidad del ventilador 21.

Si se necesitara disminuir dicha velocidad, el centro de gravedad proyectado en el eje RPM/s sería un valor comprendido entre cero y un valor mínimo, Mín. Preferiblemente, dicho valor está comprendido dentro del intervalo [-100; 0] RPM/s.

10 Si fuera necesario aumentar la velocidad, el centro de gravedad proyectado sobre el eje RPM/s sería un valor comprendido entre cero y un valor máximo, Máx. Preferiblemente, dicho valor está comprendido dentro del intervalo (0; 100] RPM/s.

15 En consecuencia, la unidad 20 de control aumenta o disminuye la velocidad del ventilador 21 de acuerdo con el resultado de la velocidad real determinada y de acuerdo con la rata de velocidad asociada a la función de membresía respectiva correspondiente a la segunda función de control, CTR_ventilador, cuando se interpone con la gráfica de la figura 10.

20 En el contexto de la presente invención, el centro de gravedad de un gráfico debe entenderse como la posición media de todos los puntos que forman parte de dicho gráfico y en todas las direcciones de coordenadas. En otras palabras, el centro de gravedad de un gráfico representa el punto de equilibrio de dicho gráfico, o el punto en el que un recorte infinitamente delgado de la forma podría estar en perfecto equilibrio en la punta de un alfiler, suponiendo una densidad uniforme del recorte, dentro de un campo gravitacional uniforme.

Debe entenderse además que el algoritmo de lógica difusa puede aplicar cualquier método para determinar dicho centro de gravedad, y la presente invención no debe limitarse a ningún método particular.

25 Como un ejemplo, pero sin limitarse al mismo, el centro de gravedad se puede calcular considerando los posibles picos de la representación de la primera función de control, CTR_válvula, o la segunda función de control, CTR_ventilador, respectivamente, interpuesta con los gráficos respectivos. Dichos picos se caracterizan por dos coordenadas (A; B), donde A es parte del eje %/s de la figura 7, o eje RPM/s de la figura 10; y B es parte del eje de valores y está comprendido entre [0; 1] de la figura 7 o la figura 10 respectivamente.

30 Considerando tales coordenadas para cada uno de los picos dentro de las funciones de membresía respectivas, se puede calcular el centro de gravedad para tener las coordenadas: media A y media B, por lo que la media A representa el promedio de todas las coordenadas A de todos los picos, y la media B representa el promedio de todas las coordenadas B de todos los picos.

En otra realización de acuerdo con la presente invención, el algoritmo de lógica difusa puede calcular el centro de gravedad de cada gráfico correspondiente a cada función de membresía: para P1 a P6, o para F1 a F5. El resultado es cinco o seis centros de gravedad.

35 Además, el algoritmo de lógica difusa puede determinar el ángulo real con el que la posición de la válvula 15 de modulación debe cambiar aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum_{i=1}^6 CTR_{válvula} * G_i}{\sum_{i=1}^6 CTR_{válvula_i}} \quad (\text{ecuación 13}),$$

en la que G_i representa el centro de gravedad respectivo, y en la que $CTR_{válvula_i}$ representa la primera función de control aplicada para las funciones de membresía respectivas, P1 a P6.

40 De manera similar, el algoritmo de lógica difusa puede determinar la velocidad real con la que la velocidad del ventilador 21 debería cambiar aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum_{i=1}^5 CTR_{ventilador_i} * G_i}{\sum_{i=1}^5 CTR_{ventilador_i}} \quad (\text{ecuación 14}),$$

en la que G_i representa el centro de gravedad respectivo, y en donde $CTR_{ventilador_i}$ representa la segunda función de control aplicada para las funciones de membresía respectivas, F1 a F5.

- En el contexto de la presente invención, "parcialmente" debe entenderse como cualquier volumen de aceite seleccionado entre un volumen mínimo aproximadamente igual a cero y un volumen máximo aproximadamente igual al cien por ciento, tal como por ejemplo y sin limitarse a los mismos: aproximadamente treinta por ciento, o aproximadamente cuarenta por ciento o incluso aproximadamente sesenta por ciento. Más preferiblemente, 'parcialmente' debe entenderse como un volumen de aceite que representa aproximadamente la mitad, o cincuenta por ciento, del volumen de aceite que fluye a través de la salida 11 de aceite y finalmente llega a la entrada 12 de aceite. Debe entenderse que dicho volumen puede variar de acuerdo con los requisitos de la bomba 1 de compresor o vacío, tal como por ejemplo entre el veinticinco por ciento y el setenta y cinco por ciento.
- Además, 'principalmente' debe entenderse como aproximadamente el volumen completo, o aproximadamente el cien por ciento del volumen de aceite que fluye a través de la salida 11 de aceite y finalmente llega a la entrada 12 de aceite.
- Como un ejemplo y sin limitarse al mismo, la figura 11 ilustra un circuito de control aplicado por el algoritmo de lógica difusa.
- En consecuencia, la temperatura de salida medida, T_{salida} , proporcionada por el sensor 18 de temperatura de salida se recibe en el bloque 100, comparándose dicha temperatura de salida recibida, T_{salida} , con el valor objetivo predeterminado calculado, T_{objetivo} , del bloque 101. El error se determina con la ayuda del bloque 102.
- Además, el algoritmo de lógica difusa calcula la evolución del error, $d(\text{error})/dt$, en el bloque 103, y antes de alcanzar el bloque 104 de lógica difusa, donde las pequeñas fluctuaciones de temperatura se filtran por los LPF 105 y 106.
- En consecuencia, el bloque 104 de lógica difusa recibe como entrada: por un lado, valores filtrados del error, y, por otro lado, valores filtrados de la evolución de tales errores, $d(\text{error})/dt$. Además, el bloque 104 de lógica difusa representa tales valores dentro de los gráficos ilustrados en la figura 5 y la figura 6, de acuerdo con las funciones de membresía respectivas y como se explicó anteriormente.
- Para una mayor estabilidad del sistema global, el circuito de control filtra aún más los valores resultantes con la ayuda de los filtros en los bloques 107 y 108 respectivamente, por lo que se ignoran las fluctuaciones muy pequeñas.
- En un paso posterior, el bloque 104 de lógica difusa determina la dirección en la que se debe cambiar la válvula 15 de regulación y la rata de velocidad a la que se debe cambiar dicha válvula 15 de regulación usando el gráfico de la figura 7 y la primera función de control, $\text{CTR}_{\text{válvula}}$.
- De acuerdo con el método descrito aquí, el resultado de la primera función de control, $\text{CTR}_{\text{válvula}}$, se interpone preferiblemente con la función de pertenencia respectiva de la figura 7, y el centro de gravedad del gráfico resultante se calcula y proyecta sobre el eje %/s. Representando dicho centro de gravedad proyectado en el eje %/s en el bloque 109 como una salida del bloque 104 de lógica difusa.
- Además, el algoritmo de lógica difusa agrega el centro de gravedad determinado proyectado en el eje %/s a la posición actual de la válvula 15 de regulación con la ayuda del bloque 110 y el circuito 111, y determina la nueva posición actual de dicha válvula 15 de regulación en el bloque 112.
- Preferiblemente, pero sin limitarse al mismo, para un sistema global aún más estable, el circuito de control puede comprender los bloques 113 y 114, por lo que a través del bloque 113, se considera la temperatura de salida medida, T_{salida} .
- El bloque 114 determina una posición mínima de la válvula 15 de modulación de acuerdo con la temperatura de salida, T_{salida} . Preferiblemente, en el bloque 114, se carga un gráfico determinado experimentalmente en el que se representa una posición mínima de la válvula a las temperaturas de salida respectivas, T_{salida} .
- En consecuencia, si después de agregar el centro de gravedad determinado proyectado en el eje %/s a la posición actual de la válvula 15 de regulación con la ayuda del bloque 110 y el circuito 111, una posición recién determinada tendría un ángulo menor que el determinado en el gráfico del bloque 114 para la temperatura de salida respectiva, T_{salida} , entonces el algoritmo de lógica difusa seleccionará el valor extraído de dicho gráfico y determinará la nueva posición actual de dicha válvula 15 de regulación en el bloque 112. De lo contrario, el algoritmo de lógica difusa procedería como se explicó anteriormente.
- Al aplicar estas verificaciones, el algoritmo de lógica difusa ayuda a evitar que la bomba 1 de compresor o vacío experimente excesos de temperatura, que pueden resultar perjudiciales. En consecuencia, los bloques 113 y 114 ayudan a evitar la situación en la que la bomba 1 de compresor o vacío funcionaría a una velocidad muy baja del motor 7 y la temperatura en la salida, T_{salida} , sería muy alta.
- Además, si la temperatura en la salida, T_{salida} , aumentara a valores muy altos, la unidad 20 de control no permitiría que el aceite fluyera a través de la tubería 14 de desviación, o solo una cantidad muy pequeña de aceite sería permitido fluir a través de esta.

Dicha nueva posición actual de la válvula 15 de regulación es una entrada del bloque 104 de lógica difusa, con la ayuda del circuito 115.

5 Usando dicha nueva posición actual, dicho bloque 104 de lógica difusa determina además cómo se debe cambiar la rata de velocidad del ventilador 21 y la rata a la que se debe cambiar dicha velocidad, usando el gráfico de la figura 10 y la segunda función de control, CTR_ventilador.

En consecuencia, el resultado de la segunda función de control, CTR_ventilador se interpone preferiblemente con la función de pertenencia respectiva de la figura 10, y el centro de gravedad del gráfico resultante se calcula y proyecta en el eje RPM/s. Dicho centro de gravedad proyectado en el eje RPM/s se representa en el bloque 116 como otra salida del bloque 104 de lógica difusa.

10 Además, el algoritmo de lógica difusa aplica la suma entre el valor actual de la velocidad del ventilador 21 y el centro de gravedad proyectado en el eje RPM/s, con la ayuda del bloque 117 y el circuito 118, y determina la nueva velocidad actual del ventilador 21 en el bloque 119.

15 La nueva posición actual de la válvula 15 de regulación del bloque 110 y la nueva velocidad actual del ventilador 21 del bloque 115 son utilizadas además por la unidad 20 de control como valores establecidos con los que la posición de la válvula 15 de regulación está influenciado a través del primer enlace 32 de datos y con el cual la velocidad del ventilador 21 está influenciada a través del segundo enlace 33 de datos.

En el contexto de la presente invención, debe entenderse que las características técnicas presentadas aquí pueden usarse en cualquier combinación sin apartarse del alcance de la invención.

20 La presente invención no se limita de ninguna manera a las realizaciones descritas como un ejemplo y mostradas en los dibujos, sino que dicho compresor o bomba de vacío con inyección de aceite puede realizarse en todo tipo de variantes, sin apartarse del alcance de la invención. De manera similar, la invención no se limita al método para mantener la temperatura a la salida de un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite debajo de un valor objetivo predeterminado descrito como un ejemplo, sin embargo, dicho método puede realizarse de diferentes maneras sin dejar de permanecer dentro del alcance de la invención.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar la temperatura de salida de un compresor o bomba (1) de vacío con inyección de aceite que comprende un compresor o elemento (4) de vacío provisto con una entrada (5) de gas, una salida (6) de elemento y una entrada (12) de aceite, donde dicho método comprende los pasos de:

5 - medir la temperatura de salida (T_{salida}) en la salida (6) del elemento;

- controlar la posición de una válvula (15) de regulación con el fin de regular el flujo de aceite que fluye a través de una unidad (13) de enfriamiento conectada a dicha entrada (12) de aceite;

10 **caracterizado porque** el paso de controlar la posición de la válvula (15) de regulación implica aplicar un algoritmo de lógica difusa en la temperatura de salida medida (T_{salida}); y porque el método comprende además el paso de controlar la velocidad de un ventilador (21) que enfría el aceite que fluye a través de la unidad (13) de enfriamiento aplicando el algoritmo de lógica difusa y con base además en la posición de la válvula (15) de regulación.

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además el paso de medir la temperatura de entrada (T_{entrada}), la presión de entrada (P_{entrada}) en la entrada (5) de gas y la presión de salida (P_{salida}) en la salida (6) del elemento.

15 3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** el control de la posición de la válvula de regulación implica aplicar dicho algoritmo de lógica difusa más sobre la temperatura de entrada medida (T_{entrada}), la presión de entrada (P_{entrada}) y la presión de salida (P_{salida}).

20 4. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el paso de controlar la posición de dicha válvula (15) de regulación implica regular el flujo de aceite que fluye a través de dicha unidad (13) de enfriamiento y a través de una tubería (14) de desviación conectada fluidamente a dicha entrada de aceite (12), para sobrepasar la unidad (13) de enfriamiento.

25 5. Método de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, **caracterizado porque** el método comprende además el paso de mantener la temperatura de salida (T_{salida}) a aproximadamente un valor objetivo predeterminado (T_{objetivo}), calculando dicho valor objetivo predeterminado (T_{objetivo}) determinando el punto de rocío de atmósfera (ADP) con base en lo medido: temperatura de entrada (T_{entrada}), presión de entrada (P_{entrada}) y presión de salida (T_{salida}) y una humedad relativa (RH) estimada o medida del gas que fluye a través de la entrada (5) de gas.

30 6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el algoritmo de lógica difuso comprende el paso de determinar un primer error (e_1) restando el valor objetivo predeterminado (T_{objetivo}) de una primera temperatura de salida medida ($T_{\text{salida, 1}}$) y determinando un segundo error (e_2) restando el valor objetivo predeterminado (T_{objetivo}) de una temperatura de salida medida posterior ($T_{\text{salida, 2}}$).

35 7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el algoritmo de lógica difuso comprende además el paso de calcular una evolución del error ($d(\text{error})/dt$), calculando la derivada del error en el tiempo, restando el segundo error (e_2) del primer error (e_1), y dividiéndolo en un intervalo de tiempo (Δt), calculado entre el momento en que se mide la primera temperatura de salida ($T_{\text{salida, 1}}$) y el momento en que se mide la temperatura de salida posterior ($T_{\text{salida, 2}}$).

8. Método de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** el algoritmo de lógica difuso comprende además el paso de determinar la dirección hacia la cual se debe cambiar la posición de la válvula de regulación con base en el primer error (e_1) o el segundo error (e_2), y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$).

40 9. Método de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, **caracterizado porque** el algoritmo de lógica difuso comprende además el paso de determinar la tasa de velocidad con la que se debe cambiar la posición de la válvula de regulación con base en el primer error (e_1) o el segundo error (e_2), y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$).

10. Método de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** el algoritmo de lógica difuso determina la dirección en la que se debe cambiar la válvula (15) de regulación aplicando:

45 - si el segundo error (e_2), es negativo (N) o si el segundo error (e_2) es aproximadamente igual a cero (Z), y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$) es negativa (N), la dirección en la que se debe cambiar la válvula (15) de regulación es tal que más aceite está fluyendo a través de la tubería (14) de desviación; o

- si el segundo error (e_2) es positivo (P) o si el segundo error (e_2) es aproximadamente igual a cero (Z), y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$), es negativa ($\dot{P}$), la dirección en la que se debe cambiar la válvula (15) de regulación es tal que más aceite está fluyendo a través de la unidad (13) de enfriamiento.

50

11. Método de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** el algoritmo de lógica difusa determina la rata de velocidad con la que se debe cambiar la válvula (15) de regulación de acuerdo con uno o más de los siguientes pasos:

- 5 - si el segundo error (e_2) es negativo (N) y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$) es negativa ($\dot{N}$), se debe cambiar la válvula (15) de regulación a una primera rata de velocidad predeterminada (-L);
- si el segundo error (e_2) es negativo (N) y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$) es positiva (P), se debe cambiar la válvula (15) de regulación a una segunda rata de velocidad predeterminada a una segunda rata de velocidad predeterminada (-M);
- 10 - si el segundo error (e_2) es aproximadamente igual a cero (Z) y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$), es negativa ($\dot{N}$), se debe cambiar la válvula (15) de regulación a una tercera rata de velocidad predeterminada (-S);
- si el segundo error (e_2) es aproximadamente igual a cero (Z) y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$) es positiva ($\dot{P}$), se debe cambiar la válvula (15) de regulación a una cuarta rata de velocidad predeterminada (+S);
- si el segundo error (e_2) es positivo (P) y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$) es negativa ($\dot{N}$), se debe cambiar la válvula (15) de regulación a una quinta rata de velocidad predeterminada (+M);
- 15 - si el segundo error (e_2) es positivo (P) y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$) es positiva ($\dot{P}$), se debe cambiar la válvula (15) de regulación a una sexta rata de velocidad predeterminada (+L).

12. Método de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** si la válvula (15) de regulación comprende un elemento (26) giratorio central, el algoritmo de lógica difusa determina el ángulo con el que se debe cambiar la válvula (15) de regulación, aplicando una primera función de control (CTR_válvula) y determinando el mínimo entre uno y el resultado de agregar un valor difuso asociado con el segundo error, (e_2) multiplicado por un primer coeficiente (f_1) a un valor difuso asociado con la evolución del error ($d(\text{error})/dt$) multiplicado por un segundo coeficiente (f_2).

13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** el algoritmo de lógica difusa comprende además el paso de determinar la posición de la válvula (15) de regulación aplicando el ángulo calculado a una posición actual de la válvula (15) de regulación.

25 14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** el algoritmo de lógica difusa esta determinando si la velocidad del ventilador (21) debe aumentarse o disminuirse con base en la posición determinada de la válvula (15) de regulación, el segundo error (e_2) y la evolución del error ($d(\text{error})/dt$).

15. Un compresor o bomba de vacío con inyección de aceite que comprende:

- 30 - un elemento (4) de compresor o vacío que tiene una entrada (5) de gas, un elemento (6) de salida y una entrada (12) de aceite;
- un separador (8) de aceite que tiene una entrada (9) de separador conectada de manera fluida al elemento (6) de salida, un separador (10) de salida y una salida (11) de aceite conectada de manera fluida a una entrada (12) de aceite del elemento (4) de compresor o vacío por medio de un conducto de aceite;
- 35 - una unidad (13) de enfriamiento conectada a la salida (11) de aceite del separador (8) de aceite y la entrada (12) de aceite del elemento (4) de compresor o vacío;
- una tubería (14) de desviación conectada de manera fluida a la salida (11) de aceite y a dicha entrada (12) de aceite evitando la unidad (13) de enfriamiento;
- una válvula (15) de regulación proporcionada sobre la salida (11) de aceite configurada para permitir que el aceite fluya desde el separador (8) de aceite a través de la unidad (13) de enfriamiento y/o a través de la tubería (14) de desviación;
- 40 - un sensor (18) de temperatura de salida ubicado en el elemento (6) de salida;
- una unidad (20) de control que controla la posición de dicha válvula (15) de regulación;

45 **caracterizado porque** la unidad (13) de enfriamiento está provista con un ventilador (21) y porque la unidad (20) de control está provista además con un algoritmo de lógica difusa para controlar la velocidad del ventilador (21) con base en la posición de la válvula (15) de regulación y la temperatura de salida medida, para mantener la temperatura de salida (T_{salida}) aproximadamente a un valor objetivo predeterminado (T_{objetivo}).

16. Compresor o bomba de vacío con inyección de aceite de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende además un sensor (16) de temperatura de entrada y un sensor (17) de presión de entrada colocado en la entrada (5) de gas y que además comprende un sensor (19) de presión de salida colocado en el elemento (6) de salida.

- 5 17. Compresor o bomba de vacío con inyección de aceite de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado porque** dicha unidad (20) de control comprende un enlace (22) de datos para recibir mediciones de cada uno de dichos: sensor (16) de temperatura de entrada, sensor (17) de presión de entrada, sensor (18) de temperatura de salida y sensor (19) de presión de salida, donde dicha unidad (20) de control se proporciona además con un algoritmo para calcular el valor objetivo predeterminado (T_{objetivo}) considerando un punto de rocío atmosférico calculado (ADP) con base en Las medidas recibidas.
- 10 18. Compresor o bomba de vacío con inyección de aceite de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, **caracterizado porque** el compresor o bomba (1) de vacío comprende un sensor (23) de humedad relativa y porque la unidad (20) de control comprende además un enlace (22) de datos para recibir mediciones de un sensor (23) de humedad relativa colocado en la entrada (5) de gas o comprende medios para aproximar la humedad relativa (RH) del gas al nivel de la entrada (5) de gas .
- 15 19. Compresor o bomba de vacío con inyección de aceite de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, **caracterizado porque** la unidad (20) de control comprende medios para controlar la velocidad del ventilador (21) con base en la posición de la válvula (15) de regulación y un error, calculado restando el valor objetivo predeterminado (T_{objetivo}) de la temperatura de salida medida (T_{salida}).
- 20 20. Una unidad de control para controlar la temperatura de salida (T_{salida}) de un compresor o bomba (1) de vacío con inyección de aceite que comprende un elemento (4) de compresor o vacío provisto con una entrada (5) de gas, un elemento (6) de salida, y una entrada (12) de aceite, donde dicha unidad (20) de control comprende:
- una unidad de medición que comprende una entrada de datos configurada para recibir datos de temperatura de salida;
 - una unidad de comunicación que comprende un primer (32) enlace de datos para controlar la posición de una válvula de aceite (15) de regulación;
- caracterizado porque**
- 25 - la unidad de comunicación comprende además un segundo enlace (33) de datos para controlar la velocidad de rotación de un ventilador (21) que enfría el aceite que fluye a través de dicha unidad (13) de enfriamiento; y en la que
- la unidad de control (20) comprende además una unidad de procesamiento provista con un algoritmo de lógica difusa que determina la velocidad del ventilador (21) con base en la posición de la válvula (15) de regulación y la temperatura de salida medida (T_{salida}).

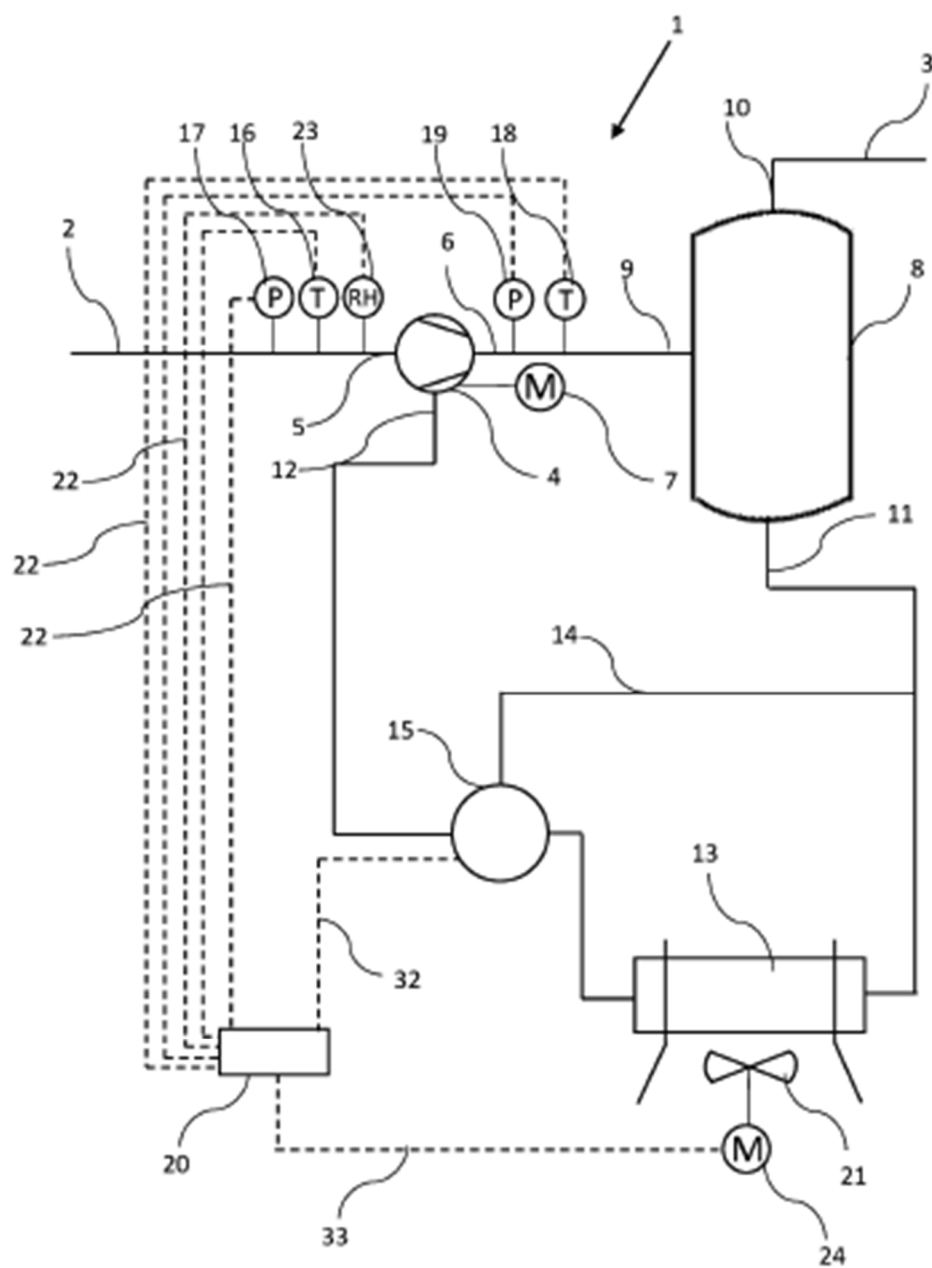


Figura 1

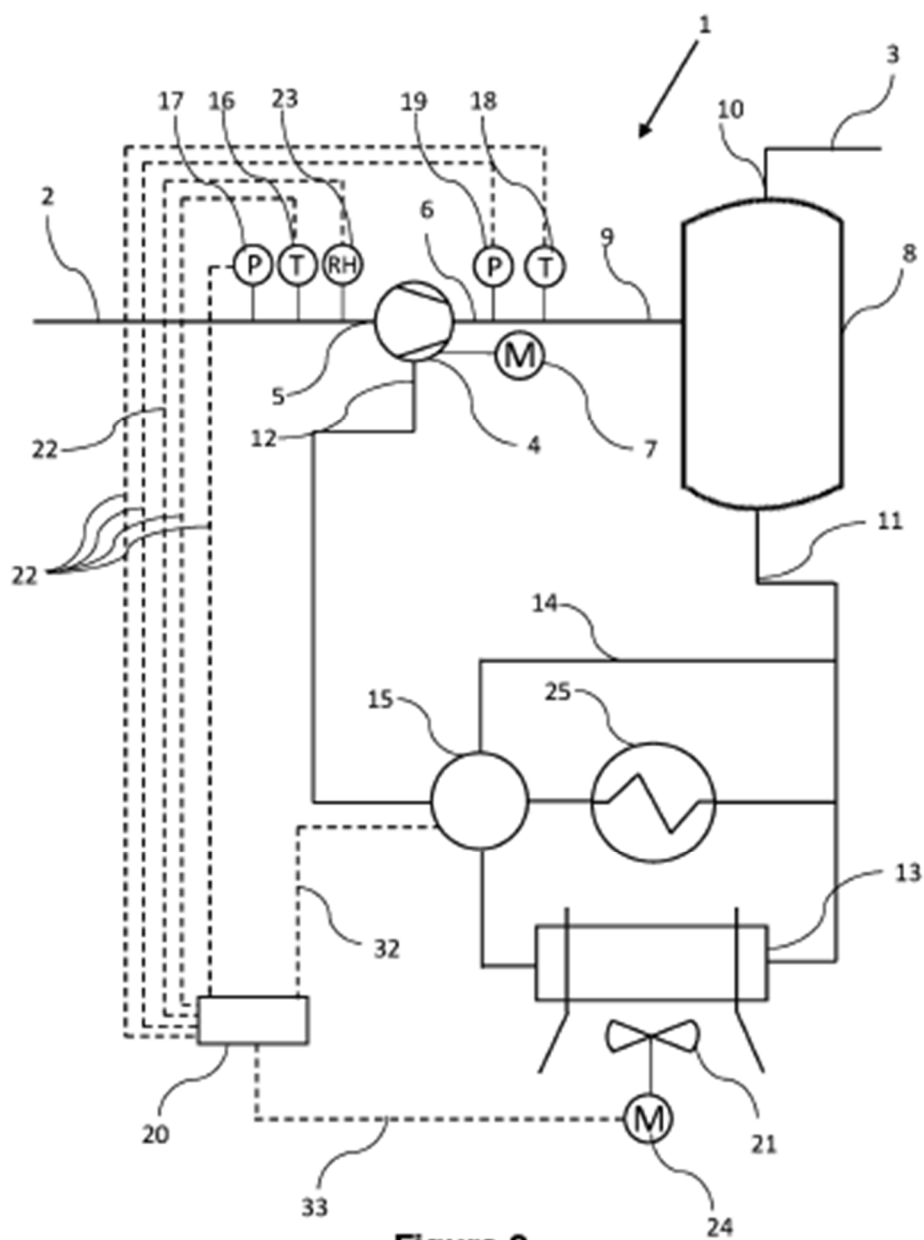


Figura 2

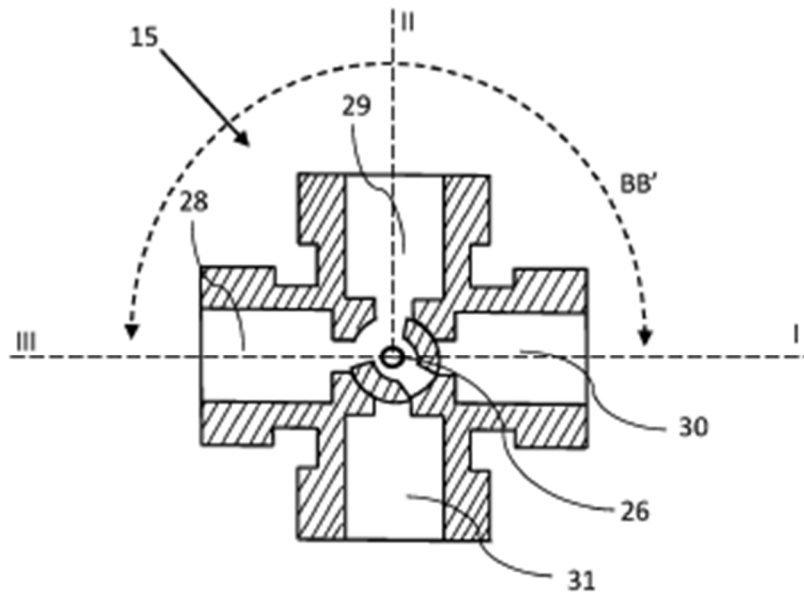


Figura 3

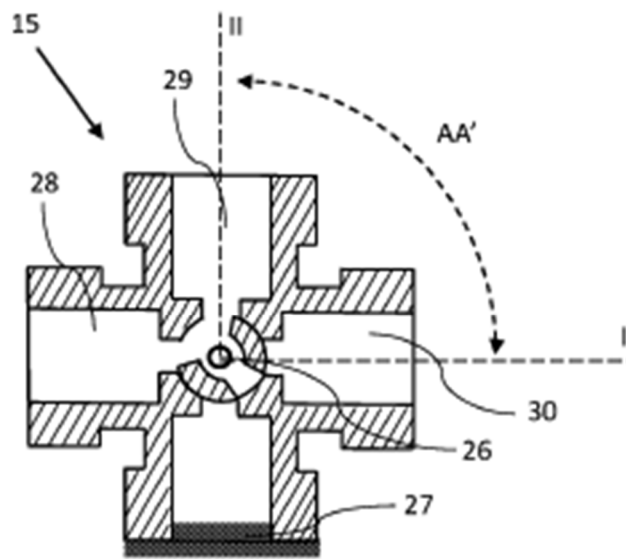


Figura 4

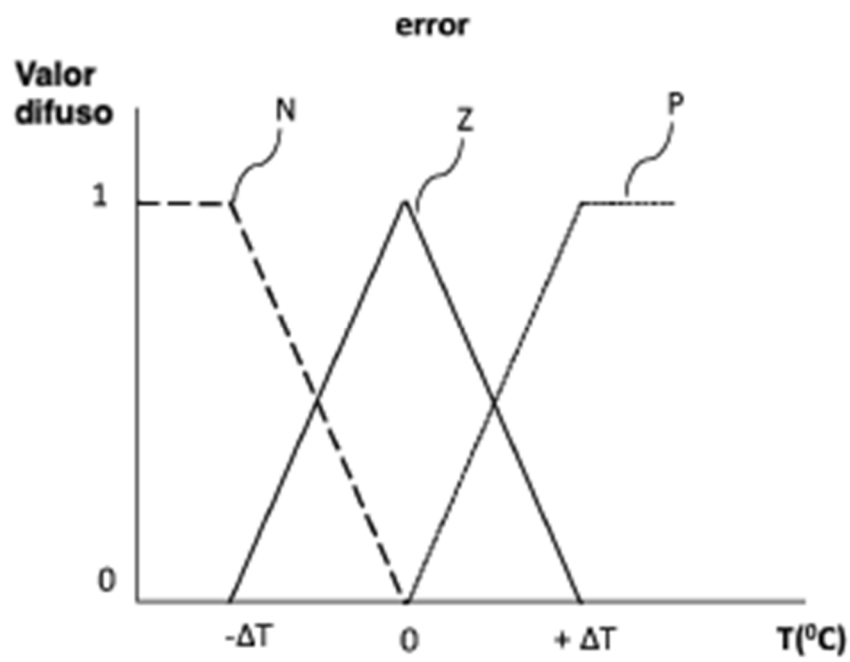


Figura 5

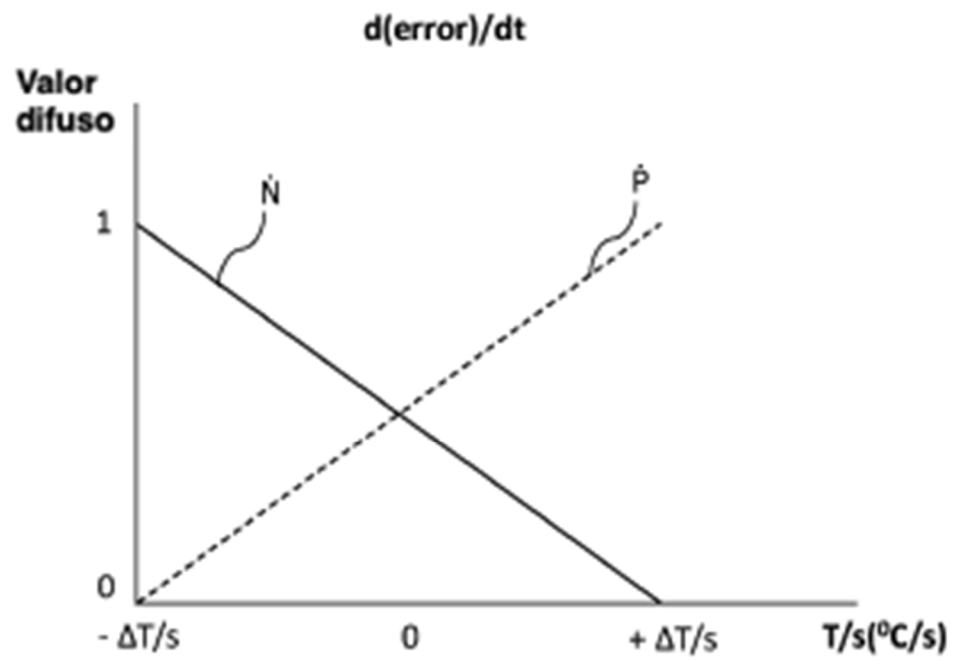


Figura 6

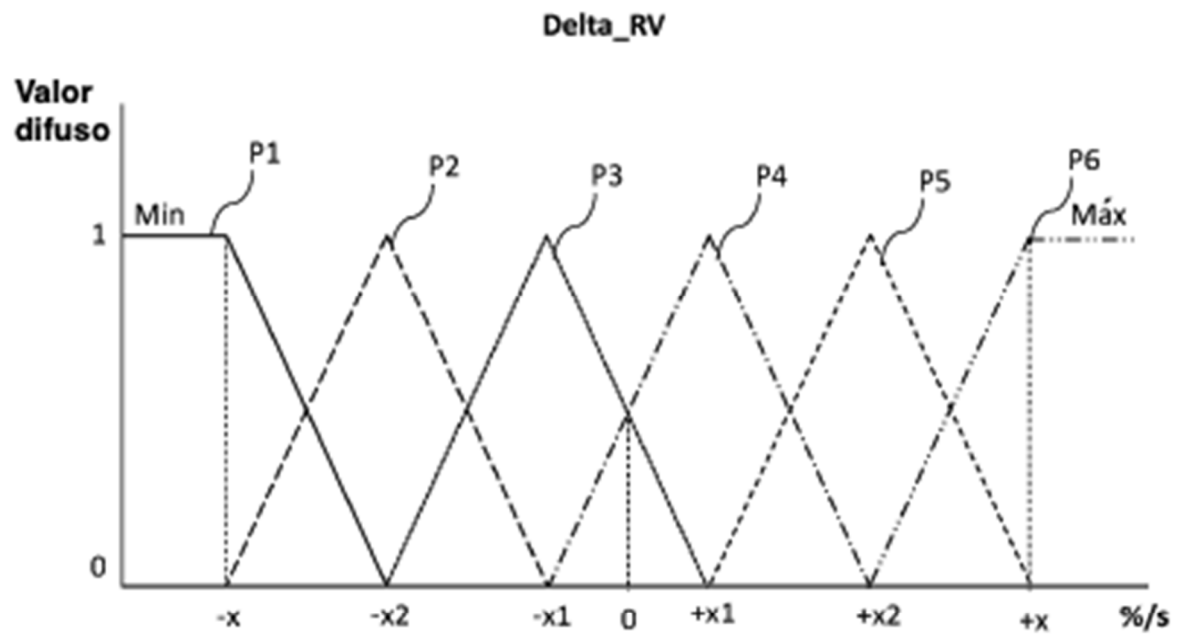


Figura 7

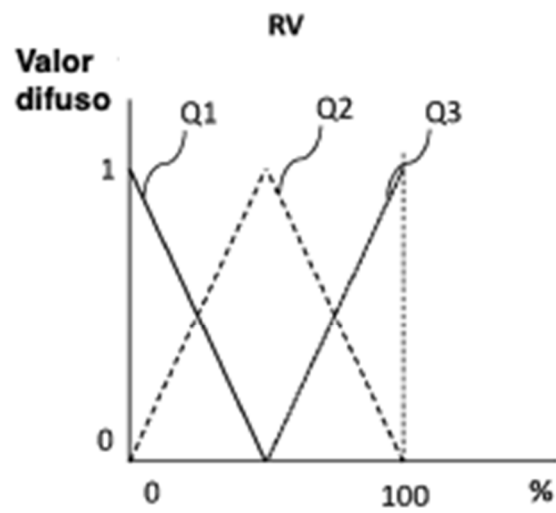


Figura 8

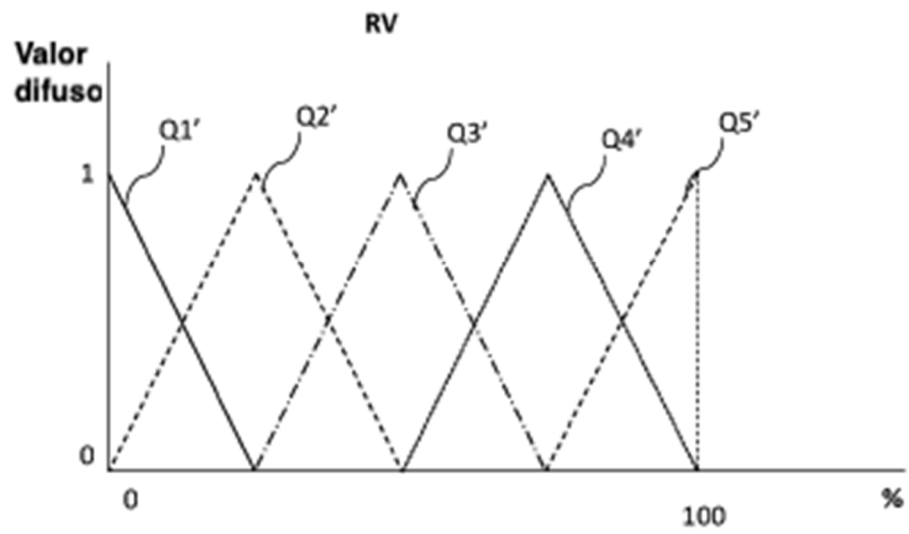


Figura 9

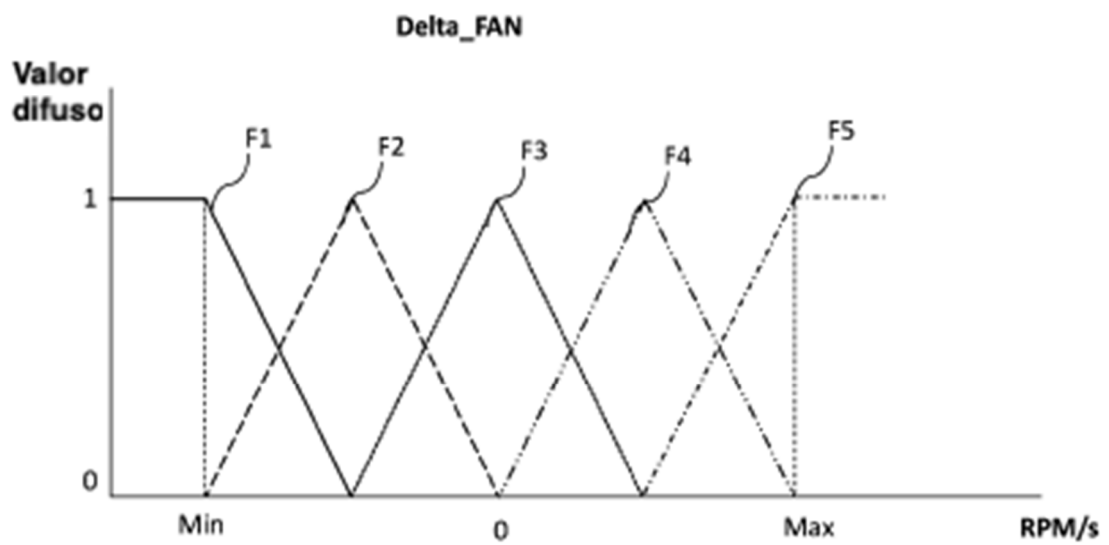


Figura 10

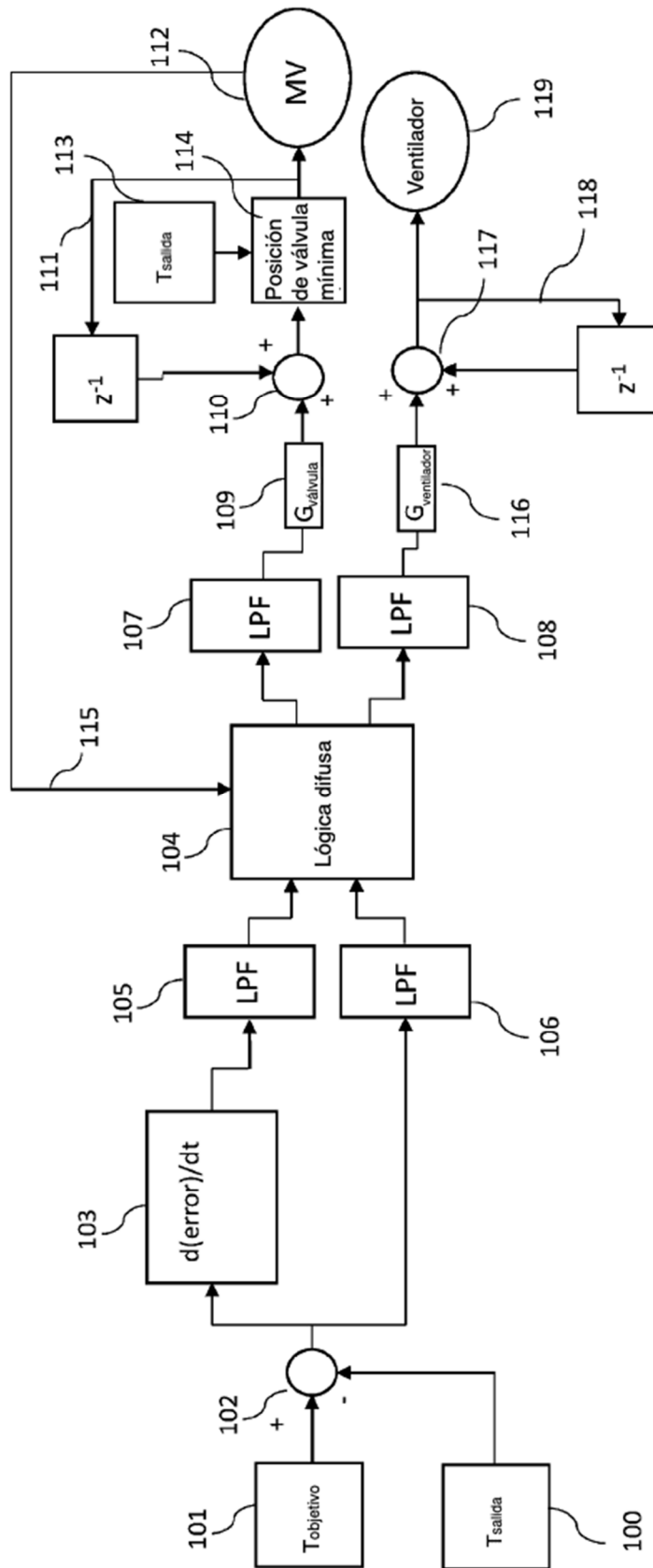


Figura 11