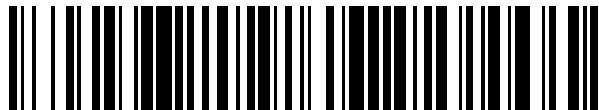


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 645**

51 Int. Cl.:

**B01D 53/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2011 PCT/BE2011/000008**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2011 WO11116434**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2011 E 11710109 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017 EP 2539046**

54 Título: **Método y dispositivo para secar un gas en frío**

30 Prioridad:

**24.02.2010 BE 201000122**

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

**17.07.2017**

73 Titular/es:

**ATLAS COPCO AIRPOWER, NAAMLOZE  
VENNOOTSCHAP (100.0%)**

**Boomssteenweg 957  
2610 Wilrijk, BE**

72 Inventor/es:

**BALTUS, FRITS CORNELIS A.**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 624 645 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Método y dispositivo para secar un gas en frío

5 [0001] La presente invención se refiere a un método para secar un gas en frío.

[0002] Más específicamente, la invención se refiere a un método para secar gas en frío donde el vapor de agua se condensa del gas guiando el gas a través de la parte secundaria de un intercambiador térmico, la parte primaria del cual forma el evaporador de un circuito de enfriamiento, dicho circuito de enfriamiento comprende un compresor controlado de velocidad para la circulación de un refrigerante en el circuito de enfriamiento, al igual que un condensador y medios de expansión, por lo cual los medios se aplican para determinar la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  y/o presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  y medios para medir la temperatura de gas mínima (LAT).

10 [0003] Como se sabe, el enfriamiento por secado se basa en el principio de que la humedad se condensa del gas por la reducción de la temperatura del gas, después de lo cual el agua condensada se separa en un separador de líquidos y después de lo cual el gas se calienta nuevamente de manera que este gas ya no está saturado.

[0004] El aire comprimido suministrado por un compresor, por ejemplo, en la mayoría de los casos está saturado con vapor acuoso o, en otras palabras, tiene una humedad relativa del 100 %.  
 20 Esto significa que la condensación se produce en caso de una caída de temperatura por debajo del denominado punto de condensación.  
 Como resultado del agua condensada, se producirá la corrosión en tuberías y herramientas, y el equipo puede presentar un desgaste prematuro.

25 [0005] Por esta razón, se seca el aire comprimido, que se puede hacer del modo anteriormente mencionado por secado en frío.  
 Otros gases también pueden secarse de esta manera.

[0006] Cuando el aire se comprime en seco, el aire en el intercambiador térmico no se debe enfriar demasiado, ya que de otro modo se podría congelar el condensado.  
 30 Típicamente, el aire comprimido seco tiene una temperatura igual a 20 grados Celsius por debajo de la temperatura ambiente, pero nunca menos de dos a tres de grados Celsius sobre cero.  
 Con este fin, la temperatura del refrigerante en el evaporador se mantiene entre 15 °C y -5 °C.

35 [0007] Para prevenir la congelación del condensado, como se conoce la velocidad del compresor se controla como una función de la temperatura de gas mínima medida LAT.  
 La LAT es la temperatura mínima que se produce del gas que se va a secar que se guía a través de la parte secundaria del intercambiador térmico anteriormente mencionado.

40 [0008] Si la LAT se reduce y el condensado amenaza con congelarse, por ejemplo, debido a una reducción del flujo de gas suministrado, la velocidad del compresor se reduce de manera que la LAT aumenta nuevamente.  
 Así se evita la congelación del condensado.

[0009] Si la LAT aumenta, por ejemplo, debido a una ascensión del flujo de gas suministrado, la velocidad del compresor aumenta de manera que la temperatura de evaporador disminuye y la LAT también disminuye.

50 [0010] La WO2007/022604 A1 divulga un concepto para el secado en frío de un gas mediante un circuito de enfriamiento que comprende un intercambiador térmico con un evaporador, un compresor y medios para medir la temperatura de gas mínima (LAT) y la temperatura del evaporador.

[0011] Una desventaja de un control basado en la LAT es que la temperatura del evaporador puede hacerse demasiado baja, de manera que la congelación se puede producir en el evaporador.

55 [0012] Un control basado en la presión del evaporador, en otras palabras, la presión en el evaporador, también se conoce.  
 En tal caso, la velocidad del compresor se controla de manera que la presión del evaporador se mantiene entre límites determinados.

60 [0013] Una desventaja del control anteriormente mencionado es que a una carga baja del circuito de enfriamiento o por ejemplo a un flujo bajo de gas suministrado, el condensado se puede congelar.

[0014] El fin de la presente invención es proporcionar una solución para una o más de las desventajas anteriormente mencionadas y/u otras desventajas mediante un método para secar un gas en enfriamiento donde el vapor acuoso se condensa fuera del gas por la guía del gas a través de la parte secundaria de un intercambiador térmico, la parte primaria de la cual forma el evaporador de un circuito de enfriamiento, dicho circuito de enfriamiento comprende un compresor controlado de velocidad para la circulación de un refrigerante en el circuito de enfriamiento, al igual que un medio condensador y de expansión, por lo cual los medios se aplican para determinar la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  y/o presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  y los medios para medir la temperatura de gas mínima (LAT) o el punto de condensación, por lo cual el método comprende las etapas siguientes durante el secado en frío:

- la determinación de la carga del circuito de enfriamiento basándose en la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  y/o presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  por una parte y la temperatura de gas mínima por otra (LAT);
- cálculo de un valor deseado para la temperatura del evaporador o presión del evaporador que se requiere para refrescar el gas suministrado a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) en la salida de la parte secundaria del intercambiador térmico, teniendo en cuenta la carga anteriormente mencionada; y
- control de la velocidad del compresor para hacer la temperatura del evaporador o presión del evaporador igual a o prácticamente igual al valor deseado anteriormente mencionado para la temperatura del evaporador o presión del evaporador.

[0015] Un método según la invención calcula un valor deseado para la temperatura del evaporador o presión del evaporador que se requiere para enfriar el gas suministrado a un caudal determinado a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP).

[0016] Si cambia un parámetro en el flujo anteriormente mencionado (cantidad, humedad, presión, temperatura, ...), luego en un método según la invención, el valor deseado calculado también cambia para la temperatura del evaporador o presión del evaporador que se necesita para enfriar el caudal de gas cambiado suministrado a la temperatura de gas establecida mínima (LATSP).

[0017] De esta manera, independientemente de la carga del circuito de enfriamiento, el gas se enfría para una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) de manera que el condensado no se puede congelar.

[0018] Lo anteriormente mencionado también implica que ninguna energía se consume innecesariamente, ya que la temperatura del evaporador o presión del evaporador no se mantiene inferior a lo requerido estrictamente.

[0019] De hecho, está claro que a una temperatura de gas mínima establecida determinada (LATSP), el valor deseado de la temperatura del evaporador o el valor deseado de la presión del evaporador aumenta, ya que el circuito de enfriamiento se carga menos o de otro modo, ya que se reduce el flujo de gas suministrado.

De esta manera, un método según la invención usa un mínimo de energía para enfriar un determinado índice de flujo de gas a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP).

[0020] Otra ventaja de un método según la invención es que la carga del circuito de enfriamiento se determina basándose en solo dos mediciones, preferiblemente de la temperatura de gas mínima (LAT) y de la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$ .

Datos externos tales como caudal, temperatura, presión, humedad relativa, agua libre y otros no se requieren para adaptar el circuito de enfriamiento a la carga.

[0021] Según una característica preferida de la invención, el circuito de enfriamiento siempre funciona a una temperatura del evaporador que es superior a una temperatura del evaporador permisible mínima.

[0022] Una ventaja de esto es que ninguna congelación se puede producir en el evaporador bajo cualquier circunstancia, ya que la temperatura del evaporador no puede ser menos de un valor admisible mínimo.

Se sabe que hay una conexión inequívoca entre la temperatura y la presión a un punto determinado del evaporador y consecuentemente en vez de un control basado en la temperatura del evaporador, es posible un control basado en la presión del evaporador.

[0023] La invención también se refiere a un dispositivo para el secado de un gas en frío, dicho dispositivo comprende un intercambiador térmico del cual la parte primaria forma el evaporador de un circuito de enfriamiento donde hay proporcionado sucesivamente un compresor controlado de velocidad, un condensador y medios de expansión, y por lo cual el intercambiador térmico anteriormente mencionado tiene una parte secundaria a la que un tubo se conecta para suministrar un gas para secar, y por lo cual abajo de esta parte secundaria del intercambiador térmico anteriormente mencionado se proporciona un separador de líquidos para eliminar el condensado, por lo cual el dispositivo anteriormente mencionado tiene medios para medir la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  y la temperatura de gas mínima (LAT) y que los medios se conecten a una unidad de control que está también conectada al

compresor anteriormente mencionado para controlar su velocidad de rotación basándose en mediciones de la temperatura de gas mínima y la presión del evaporador ( $p_{\text{evaporador}}$ ).

5 [0024] Las ventajas de tal dispositivo según la invención son similares a las ventajas vinculadas a un método según la invención.

10 [0025] Según una forma de realización preferida de un dispositivo según la invención, la unidad de control anteriormente mencionada tiene un algoritmo que determina la carga del circuito de enfriamiento basándose en la temperatura de gas mínima anteriormente mencionada (LAT) y la presión del evaporador medida  $p_{\text{evaporador}}$ ; y que, teniendo en cuenta la carga anteriormente mencionada, calcula un valor deseado ( $p_w$ ) para la presión del evaporador que se requiere para refrescar el gas suministrado a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) en la salida de la parte secundaria del intercambiador térmico; y que controla la velocidad del compresor de manera que la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  es igual o prácticamente igual al valor deseado anteriormente mencionado ( $p_w$ ) de la presión del evaporador.

15 [0026] Con la intención de mostrar mejor las características de la invención, un método según la invención para el secado de un gas en frío se describe de ahora en adelante por medio de un ejemplo, sin ninguna naturaleza de limitación, con referencia a los dibujos anexos, donde:

20 La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo que se puede usar en un método según la invención para secar un gas en frío;

La Figura 2 muestra valores deseados para la temperatura del evaporador y la presión del evaporador para enfriar un flujo determinado de gas suministrado a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) que se calculan con un método según la invención;

25 La Figura 3 muestra un diagrama de bloques de un algoritmo de control para la determinación de un valor deseado para la presión del evaporador ( $p_w$ );

La Figura 4 muestra un diagrama de control para controlar la velocidad del compresor.

30 [0027] El dispositivo 1 para el secado en frío, que se muestra esquemáticamente en la figura 1, contiene un intercambiador térmico 2, la parte primaria del cual forma el evaporador 3 de un circuito de enfriamiento donde hay sucesivamente también un compresor 4, un condensador 5 y un medio de expansión 6.

[0028] El circuito de enfriamiento se rellena con un refrigerante, por ejemplo R404a, del cual la dirección de flujo se indica por la flecha K.

35 [0029] La parte secundaria del intercambiador térmico 2 se conecta a un separador de líquidos 8 vía un tubo 7.

40 [0030] Una parte de este tubo 7 puede, antes de que este alcance el intercambiador térmico 2, extenderse parcialmente a través de un pre-refrigerador o recuperar el intercambiador térmico 9 y luego, después del separador de líquidos 8, extenderse nuevamente a través de la recuperación del intercambiador térmico 9, fluyendo a contracorriente a la parte anteriormente mencionada.

[0031] Además, el dispositivo 1 dispone de medios para medir la temperatura de gas mínima (LAT) y en este caso esos medios se construyen en forma de un primer elemento de medición 10 que se posiciona en el nivel de la parte secundaria del intercambiador térmico 2.

45 El dispositivo 1 también contiene medios para la determinación de la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  y/o la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$ , en este caso en forma de un segundo elemento de medición 11 que se coloca en el lado de baja presión del circuito de enfriamiento para medir la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$ .

50 [0032] En otras palabras, el segundo elemento de medición 11 se coloca abajo desde el medio de expansión anteriormente mencionado 6 y justo arriba del evaporador anteriormente mencionado.

[0033] El compresor 4 se conecta a una unidad de control 12 a la que el primer y segundo elemento de medición 10 y 11 también se conectan.

55 [0034] El método según la invención es muy simple y de la siguiente manera.

[0035] El gas o mezcla de gases para secar, en este caso, aire comprimido se guía a través de la parte secundaria del intercambiador térmico 2, preferiblemente fluyendo en la dirección opuesta al refrigerante en el evaporador 3 del circuito de enfriamiento.

60

[0036] En el intercambiador térmico anteriormente mencionado 2, se enfría el aire húmedo suministrado, por lo cual se forma el condensado que luego se separa en el separador de líquidos 8.

5 [0037] El aire frío, que contiene menos humedad después de este separador de líquidos 8 pero sin embargo tiene una humedad relativa de 100 %, se calienta en el intercambiador térmico de recuperación 9 de manera que la humedad relativa desciende al 50 % por ejemplo, mientras el aire suministrado para secar, ya se ha enfriado parcialmente en este intercambiador térmico de recuperación 9 antes de ser guiado al intercambiador térmico 2.

10 [0038] El aire en la salida de la parte secundaria del intercambiador térmico 2 es así más seco que en la entrada de la parte secundaria del intercambiador térmico 2.

[0039] Para evitar la congelación del condensado, el aire comprimido suministrado no se puede enfriar a menos de 2 a 3 °C en el intercambiador térmico 2.

15 [0040] Un método según la invención enfría el aire comprimido suministrado a una temperatura de gas mínima establecida LATSP por el cálculo de un valor deseado  $T_w$  o  $p_w$  para la temperatura del evaporador o presión del evaporador y el control de la velocidad de rotación  $n$  del compresor 4 de manera que la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  o presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  es igual a o prácticamente igual al valor deseado calculado anteriormente mencionado de la temperatura del evaporador  $T_w$  o la presión del evaporador  $p_w$ .

20 [0041] Cuanto mayor sea la temperatura de gas mínima establecida LATSP, más alto será el valor deseado calculado correspondiente.  
 Cuando el aire comprimido se seca en frío, la temperatura de gas mínima LATSP se establece típicamente a un valor que es 20 °C por debajo de la temperatura ambiente, preferiblemente, con la restricción de que la temperatura de gas mínima LATSP no se puede ajustar a menos de 2 a 3 °C.

25 [0042] Es esencial por la presente que un método según la invención calcule el valor deseado anteriormente mencionado para la temperatura  $T_w$  o presión  $p_w$  en el evaporador 3, teniendo en cuenta la carga C del circuito de enfriamiento.

30 [0043] La carga C del circuito de enfriamiento se determina basándose en los valores medidos de la temperatura de gas mínima (LAT) por una parte y la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  y/o temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  por otra.  
 En este caso, basándose en la temperatura de gas mínima (LAT) y la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$ , medida respectivamente por el primer y el segundo elemento de medición 10 y 11.

35 [0044] Como se ha mencionado anteriormente, el valor deseado  $p_w$  aumenta en la medida en que la temperatura de gas mínima LATSP se establece más alta.  
 En este caso, se asume una relación lineal entre la temperatura de gas mínima y la presión del evaporador.  
 40 La inclinación de la relación lineal anteriormente mencionada depende del tipo de refrigerador y está matemáticamente caracterizada por un gradiente R.

[0045] Cuando, como es el caso en este ejemplo, se mide la presión del evaporador ( $p_{\text{evaporador}}$ ), la carga se determina calculando un valor C según la fórmula:

45 
$$C = [ D1 * \ln (p_{\text{evaporador}}) - D2 ] - [ R * \text{LAT} ] + A - B$$

donde los valores D1 y D2 son constantes que dependen del refrigerante usado en el circuito de enfriamiento.

50 [0046] El valor A es el punto de condensación que se alcanza a una temperatura del evaporador mínima admisible o presión B.

[0047] A una temperatura del evaporador constante  $T_{\text{evaporador}}$ , el valor C aumenta en la medida en que la carga disminuye.  
 55 De hecho, tras una reducción del caudal de aire comprimido suministrado, la LAT disminuye de manera que C aumenta.  
 La inversa se aplica con un aumento de la carga de manera que la LAT aumenta y C disminuye.

60 [0048] En este ejemplo, el punto de condensación A de 3 °C se alcanza a una temperatura de evaporador mínima admisible de -5 °C.

5 [0049] Después de que la carga haya sido determinada por el cálculo del valor C, un valor deseado  $T_w$  para la temperatura del evaporador se puede calcular y derivar de este para la presión del evaporador  $p_w$  y este valor deseado  $T_w$  para la temperatura del evaporador se calcula basándose en la temperatura de gas mínima establecida LATSP con la fórmula siguiente:

$$T_w = R * LATSP - A + B + C.$$

10 [0050] La fórmula anteriormente mencionada se aplica si la temperatura de gas mínima medida (LAT) es superior que A o en este caso superior a 3 °C.

[0051] En todos los otros casos, un valor deseado  $T_w$  para la temperatura del evaporador se calcula según la fórmula:

$$T_w = B/A * LATSP.$$

15 [0052] Según una característica preferida de la invención, el circuito de enfriamiento siempre funciona a una temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  superior a B o en este caso superior a -5 °C.

20 [0053] Las fórmulas anteriormente mencionadas están gráficamente presentadas en la figura 2, que muestra un número de curvas que en este caso muestran la relación entre la temperatura de gas mínima LAT y la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$ .

[0054] La curva superior corresponde a la carga posible mínima del circuito de enfriamiento o en otras palabras con un valor máximo (Cmax) de C.

25 La curva inferior se usa si la carga es un máximo y corresponde a un valor mínimo C (Cmin).

[0055] Las curvas situadas entre la curva de parte superior y de fondo se calculan para una carga que varía entre la carga máxima y mínima del circuito de enfriamiento.

30 [0056] Dada la relación entre la temperatura y presión en el evaporador a un punto determinado, un valor deseado  $p_w$  para la presión de evaporador se puede derivar a partir de un valor deseado calculado  $T_w$  para la temperatura del evaporador.

La fórmula de abajo se puede utilizar para determinar el valor deseado  $p_w$  de la presión del evaporador basándose en el valor deseado  $T_w$  de la temperatura del evaporador:

$$35 \quad p_w = D3 * e^{(D4 * T_w)}$$

donde D3 y D4 son constantes cuyos valores dependen del refrigerante.

40 [0057] Típicamente, se da un valor a las constantes anteriormente mencionadas D1, D2, D3 y D4 que se determina de las curvas de presión/temperatura para el refrigerante, como se muestra en la tabla de abajo, pero se sobreentiende que la invención no es restringida como tal:

	D1	D2	D3	D4
R404a	27,462	43,793	4,9288	0,0363
R410a	28,658	55,216	6,869	0,0348

45 [0058] Los valores en la primera fila de este ejemplo se aplican si R404a se usa como un refrigerante, mientras la segunda fila contiene valores de ejemplo para las constantes D1 a D4 si R410a se usa como un refrigerante.

[0059] En consecuencia, la unidad de control 12 del compresor 4 controla la velocidad del compresor basándose en un valor deseado para la presión del evaporador.

50 [0060] La Figura 2 indica que el valor deseado  $T_w$  para la temperatura del evaporador, que se requiere para refrescar el gas suministrado a una temperatura de gas mínima establecida LATSP, cambia en función de la carga. Lo mismo se aplica al valor deseado  $p_w$  para la presión del evaporador.

55 [0061] Como se puede leer de las coordenadas de punto X en la curva superior, a una carga mínima del circuito de enfriamiento un valor deseado  $T_w$  de 11 °C se calcula para la temperatura del evaporador para refrescar el gas suministrado a una temperatura de gas mínima establecida LATSP de 12 °C.

[0062] Por otro lado, a una carga máxima del circuito de enfriamiento, un valor deseado  $T_w$  de 3 °C se calcula para la temperatura del evaporador para refrescar el gas suministrado en este caso a una temperatura de gas mínima establecida LATSP de 12 °C, como se puede leer de las coordenadas del punto Y situadas en la curva inferior.

5 [0063] La temperatura del evaporador admisible mínima B en este caso se fija igual a -5 °C.  
La curva inferior en la figura 2 se limita consecuentemente en la parte inferior de manera que un valor deseado  $T_w$  inferior a -5 °C para la temperatura del evaporador no se puede calcular bajo ninguna circunstancia.

10 [0064] De esta manera, se evita la congelación en el intercambiador térmico.

[0065] Si se mide la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$ , que no se excluye según la invención, la carga se determina según la fórmula:

15 
$$C = T_{\text{evaporador}} - [R * LAT] + A - B$$

donde

LAT = la temperatura de gas mínima medida.

A = el punto de condensación que se alcanza a una temperatura del evaporador mínima admisible B.

20 R = el gradiente que caracteriza la relación lineal entre la temperatura de gas mínima LAT y la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  para una temperatura de gas mínima medida mayor de A.

[0066] La carga reflejada por el valor C se calcula preferiblemente con un intervalo de tiempo TC.

Después del intervalo de tiempo TC, se toma una fotografía de la temperatura media.

25 Temperatura media aquí significa la temperatura media en el intercambiador térmico 2, por lo cual este intercambiador térmico 2 se puede construir de uno o más intercambiadores térmicos parciales conectados en paralelo y/o en serie.

[0067] El valor obtenido para C durante un intervalo de tiempo TC luego se usa para un intervalo de tiempo TC para controlar el circuito de enfriamiento y así el secador.

30 Después del término del intervalo de tiempo TC, el valor C se calcula nuevamente y luego sigue un nuevo valor consignado de presión del evaporador o de otro modo.

[0068] Cuanto menor sea el intervalo de tiempo TC, más rápida será la respuesta a una carga variable.

35 [0069] La Figura 3 muestra el algoritmo que se usa para la unidad de control 12 en este caso para determinar un valor deseado  $p_w$  para la presión del evaporador, por lo cual el algoritmo tiene en cuenta la carga del circuito de enfriamiento.

En este caso, la carga se determina basándose en la presión del evaporador medida, mostrada en la figura 3 por  $p_v$  y la temperatura de gas mínima medida LAT.

40 [0070] La Figura 4 muestra el diagrama de control, que en este caso se usa por la unidad de control 12 para controlar la velocidad de rotación n del compresor 4 después de que un determinado valor deseado  $p_w$  haya sido calculado para la presión del evaporador.

45 [0071] El diagrama de control compara el valor deseado  $p_w$  para la presión del evaporador, calculado según la figura 3, al valor medido de la presión del evaporador  $p_v$ .

El algoritmo de control luego continúa con la diferencia entre la presión del evaporador  $p_v$  y el valor deseado  $p_w$ .

La diferencia anteriormente mencionada está integrada por un integrador 13 y/o amplificada por un amplificador 14.

50 [0072] Luego la unidad de control 12 controla la velocidad de rotación n del compresor 4 en función de la diferencia entre el valor deseado anteriormente mencionado  $p_w$  y el valor medido de la presión del evaporador  $p_v$ .

## REIVINDICACIONES

1. Método para secar aire en frío donde el vapor de agua se condensa fuera del gas guiándolo a través de la parte secundaria de un intercambiador térmico (2), la parte primaria del cual forma el evaporador (3) de un circuito de enfriamiento, dicho circuito de enfriamiento comprende un compresor controlado de velocidad (4) para circular un refrigerante en el circuito de enfriamiento, al igual que un condensador (5) y un medio de expansión (6), por lo cual los medios se aplican para determinar la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  y/o presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  y medios para medir la temperatura de gas mínima (LAT) o el punto de condensación, **caracterizado por el hecho de que** el método comprende las etapas siguientes durante el secado en frío:

- determinar la carga del circuito de enfriamiento basándose en la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  y/o presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  por una parte y la temperatura de gas mínima (LAT) por otra;
- calcular un valor deseado para la temperatura del evaporador o presión del evaporador que se requiere para enfriar el gas suministrado a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) en la salida de la parte secundaria del intercambiador térmico (2), teniendo en cuenta la carga anteriormente mencionada; y
- controlar la velocidad del compresor (4) para hacer la temperatura del evaporador o presión del evaporador igual a o prácticamente igual al valor deseado anteriormente mencionado para la temperatura del evaporador o presión del evaporador.

2. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** este comprende la etapa de medir la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  y determinar la carga C del circuito de enfriamiento, por lo cual esta carga se calcula según la fórmula siguiente:

$$C = [D1 * \ln(p_{\text{evaporador}}) - D2] - [R * \text{LAT}] + A - B$$

donde

- LAT = la temperatura de gas mínima medida;
- A = el punto de condensación que se alcanza a una temperatura del evaporador mínima admisible B;
- R = el gradiente que caracteriza la relación lineal entre la temperatura de gas mínima y la temperatura del evaporador cuando la temperatura de gas mínima medida tiene un valor más alto que A;
- D1 y D2 = constantes cuyo valor depende del refrigerante.

3. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** este comprende la etapa de medir la temperatura del evaporador  $T_{\text{evaporador}}$  y calcular la carga C según la fórmula siguiente:

$$C = T_{\text{evaporador}} - [R * \text{LAT}] + A - B$$

donde

- LAT = la temperatura de gas mínima medida;
- A = el punto de condensación que se alcanza a una temperatura del evaporador mínima admisible B;
- R = el gradiente que caracteriza la relación lineal entre la temperatura de gas mínima y la temperatura del evaporador para una temperatura de gas mínima medida mayor de A.

4. Método, según la reivindicación 2 o 3, **caracterizado por el hecho de que** el valor C que refleja la carga se calcula con un intervalo de tiempo TC.

5. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** si la LAT medida es inferior a o igual que A, el valor deseado ( $T_w$ ) para la temperatura del evaporador para enfriar el gas a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) se calcula según la fórmula siguiente:

$$T_w = B/A * \text{LATSP}$$

donde

- A = el punto de condensación que se alcanza a una temperatura del evaporador mínima admisible B.

6. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado por el hecho de que** si la LAT medida es mayor de o igual que A, el valor deseado ( $T_w$ ) para la temperatura del evaporador para enfriar el gas a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) se calcula según la fórmula siguiente:

$$T_w = R * \text{LATSP} - A + B + C.$$

7. Método, según la reivindicación 5 y/o 6, **caracterizado por el hecho de que** el valor deseado ( $p_w$ ) para la presión del evaporador para enfriar el gas a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) se determina basándose en el valor deseado calculado para la temperatura del evaporador ( $T_w$ ) según la fórmula:



$$p_w = D3 * e^{(D4 * TW)}$$

donde D3 y D4 representan constantes con un valor que depende del refrigerante.

- 5
8. Método, según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por el hecho de que** el circuito de enfriamiento siempre funciona con una temperatura del evaporador mayor que B.
- 10
9. Método, según la reivindicación 2 o 3, **caracterizado por el hecho de que** cuando el aire se seca en frío, el punto de condensación A es típicamente 3 °C y la temperatura del evaporador permisible mínima B es típicamente -5 °C.
- 15
10. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** este comprende las etapas siguientes:
- medir la presión del evaporador ( $p_{\text{evaporador}}$ );
  - calcular un valor deseado ( $p_w$ ) para la presión del evaporador que se requiere para enfriar el gas suministrado a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) en la salida de la parte secundaria del intercambiador térmico (2), teniendo en cuenta la carga;
  - controlar la velocidad del compresor (4) para hacer la presión del evaporador ( $p_{\text{evaporador}}$ ) igual o prácticamente igual al valor deseado anteriormente mencionado ( $p_w$ ) para la presión del evaporador.
- 20
11. Dispositivo para secar un gas en frío, dicho dispositivo comprende un intercambiador térmico (2) la parte primaria del cual forma el evaporador (3) de un circuito de enfriamiento donde se proporcionan sucesivamente un compresor controlado de velocidad (4), un condensador (5) y un medio de expansión (6), y por lo cual el intercambiador térmico anteriormente mencionado (2) tiene una parte secundaria a la que se conecta un tubo para suministrar un gas que se va a secar, y por lo cual abajo de esta parte secundaria del intercambiador térmico anteriormente mencionado (2), se proporciona un separador de líquidos (8) para eliminar el condensado, **caracterizado por el hecho de que** el dispositivo anteriormente mencionado (1) tiene medios (11,10) para medir la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  y la temperatura de gas mínima (LAT), y que los medios se conectan a una unidad de control (12) que también se conecta al compresor anteriormente mencionado (4) para controlar su velocidad de rotación basándose en mediciones de temperatura de gas mínima (LAT) y la presión del evaporador ( $p_{\text{evaporador}}$ ).
- 25
- 30
12. Dispositivo, según la reivindicación 11, **caracterizado por el hecho de que** la unidad de control anteriormente mencionada (12) dispone de un algoritmo que determina la carga del circuito de enfriamiento basándose en la temperatura de gas mínima (LAT) anteriormente mencionada y la presión del evaporador medida  $p_{\text{evaporador}}$ ; y que, teniendo en cuenta la carga anteriormente mencionada, calcula un valor deseado ( $p_w$ ) para la presión del evaporador que se requiere para enfriar el gas suministrado a una temperatura de gas mínima establecida (LATSP) en la salida de la parte secundaria del intercambiador térmico (2); y que controla la velocidad de rotación del compresor (4) de manera que la presión del evaporador  $p_{\text{evaporador}}$  es igual o prácticamente igual al valor deseado anteriormente mencionado ( $p_w$ ) de la presión del evaporador.
- 35

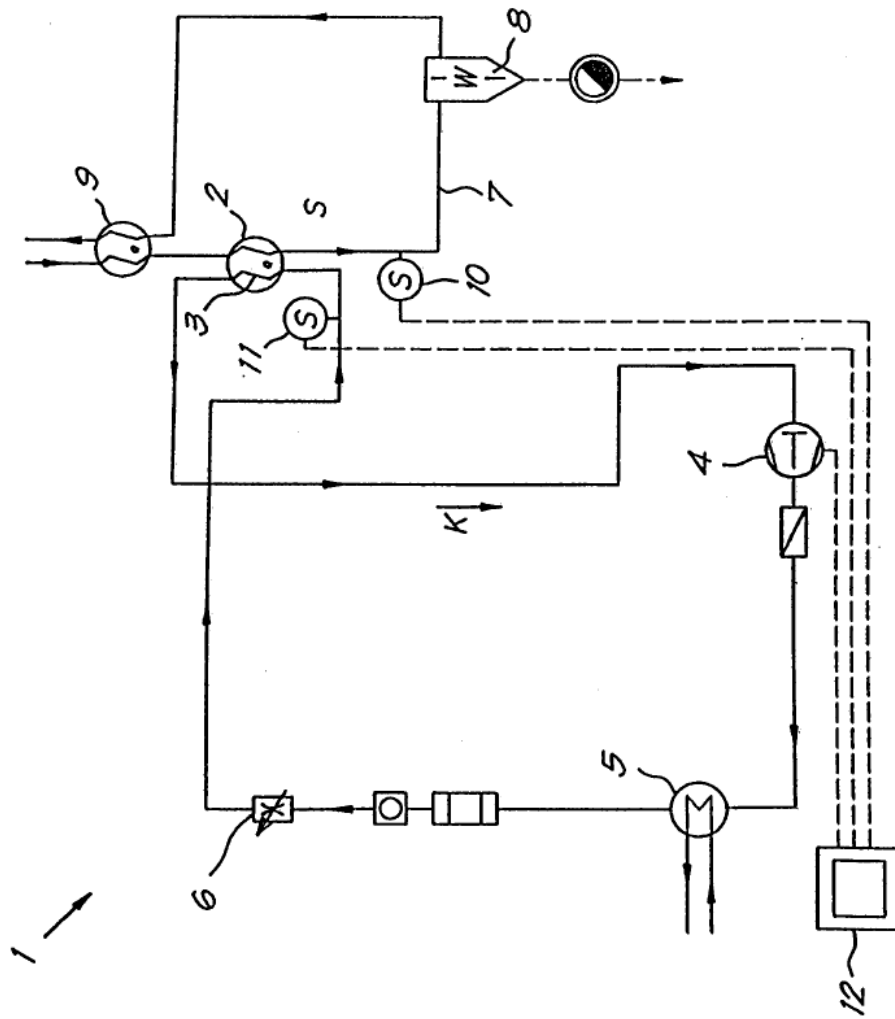
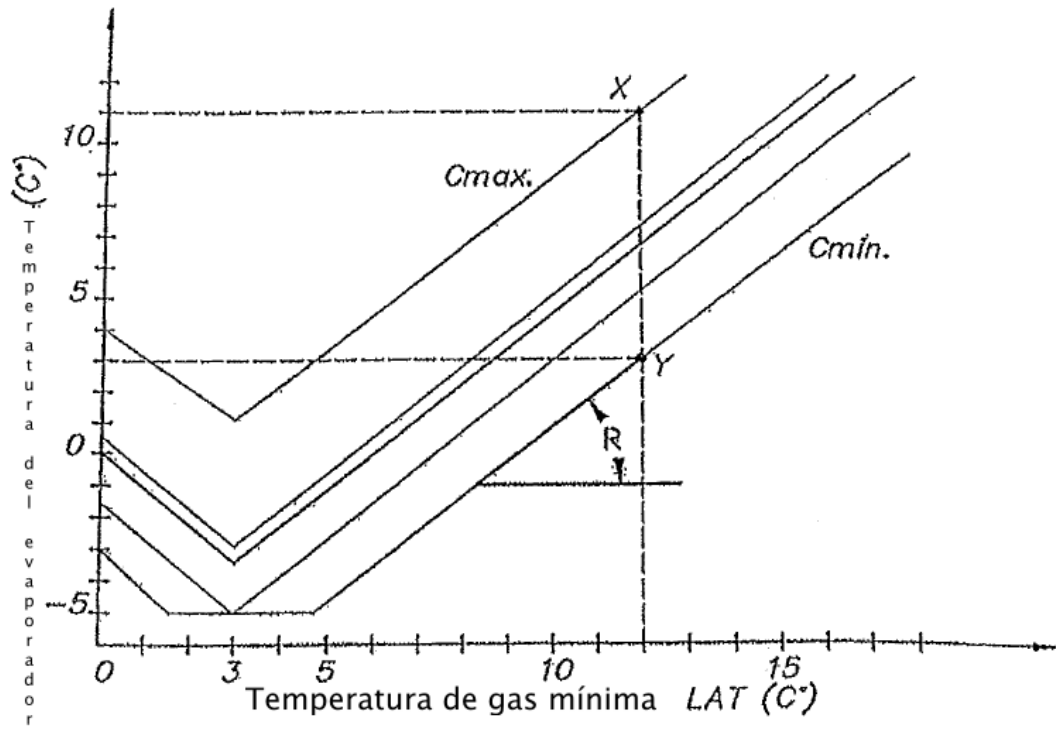
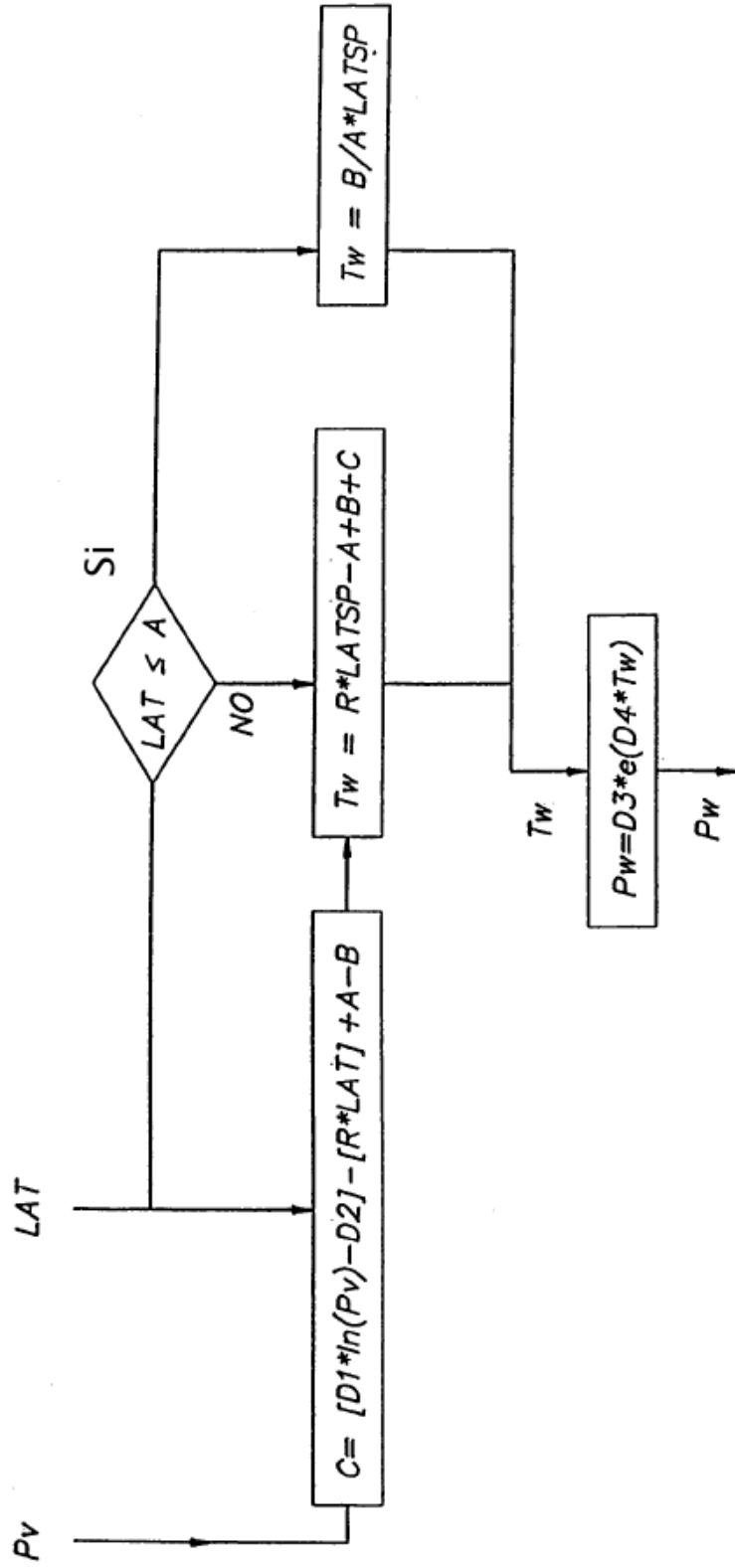


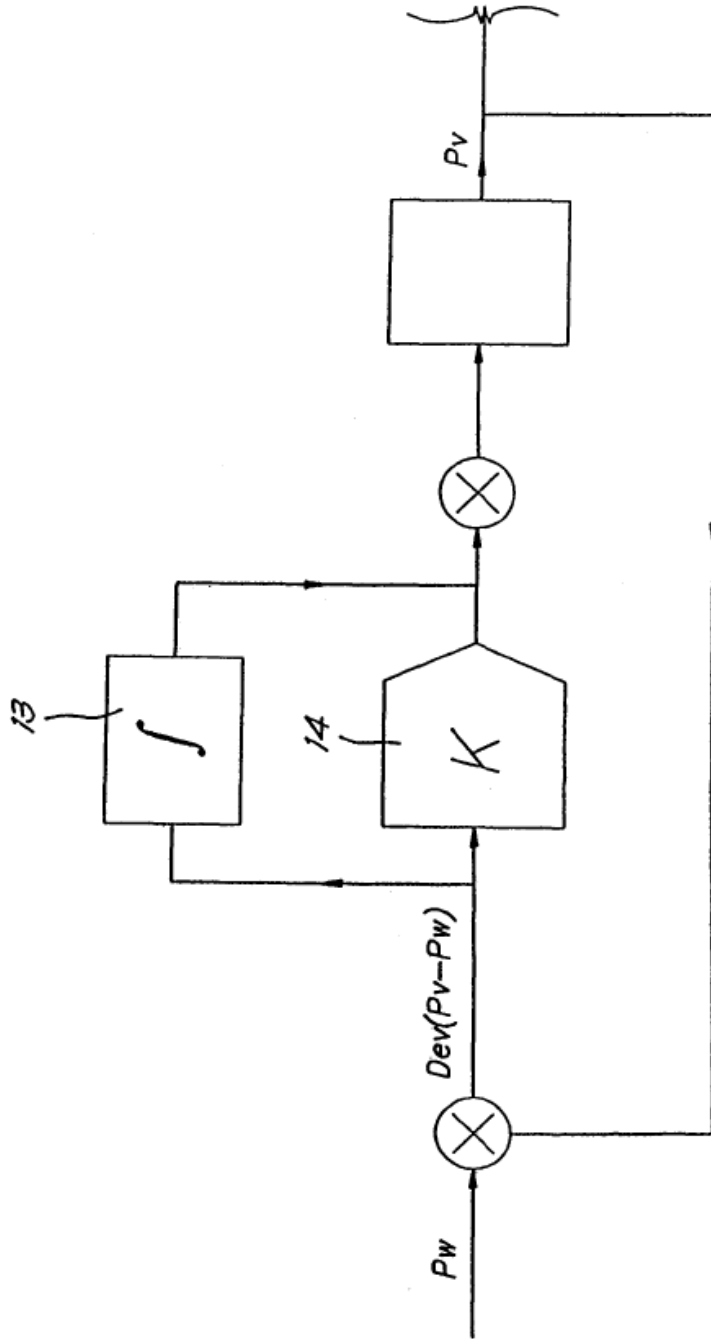
Fig. 1



*Fig. 2*



*Fig.3*



*Fig. 4*