



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 344 432**

(51) Int. Cl.:
F25B 17/08 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **07114127 .9**

(96) Fecha de presentación : **09.08.2007**

(97) Número de publicación de la solicitud: **2026020**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **18.02.2009**

(54) Título: **Unidad refrigeradora de absorción de aire enfriado a baja temperatura en dos etapas.**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.08.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.08.2010

(73) Titular/es: **Millenium Energy Industries Inc.
Walkers SPV Limited Walker House
87 Mary Street, George Town
Grand Cayman KY1-9002, KY**

(72) Inventor/es: **Al-Maaitah, Ayman Adnan Salim y
Al-Maaitah, Adnan Ayman**

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 344 432 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

Unidad refrigeradora de absorción de aire enfriado a baja temperatura en dos etapas.

5 **Campo técnico**

La presente invención está relacionada con una unidad refrigeradora que es aplicable a un refrigerador de adsorción de baja calidad accionado por calor, utilizando un ciclo que permite el uso de agua a baja temperatura ambiente y agua "caliente" a temperatura relativamente baja para crear un efecto refrigerante con una eficiencia relativamente alta cuando se compara con ciclos anteriores.

Técnica anterior

El principio de generar un efecto refrigerante utilizando calor es muy conocido y el tradicional ciclo de absorción está basado en este principio. Sin embargo, debido a los muchos problemas asociados con los tradicionales ciclos de absorción, la atención se está desviando hacia la adsorción. La adsorción no requiere una solución líquida para funcionar en el ciclo, lo cual lo simplifica drásticamente y los recientes avances en los mecanismos electrónicos de control hacen más fácil funcionar en régimen estable incluso con un suministro de calor variable.

Los usos propuestos previamente de la adsorción en el acondicionamiento y enfriamiento del aire tienen diversas formas. Ejemplos de ello pueden encontrarse en los documentos US5806323, US7082781, US4219341, US5806323, US20050103615 A1, JP2002250573, JP4291751, WO03046449, WO2004/094948 A1, CN 1266168 y US6170279.

Las técnicas descritas en los documentos US5806323, US7082781, US4219341, JP4291751 y US5806323 están basadas en el principio de deshumidificación del aire (efecto desecante), el cual permite la eliminación de la humedad del aire de forma tal que se puede realizar subsiguientemente el enfriamiento evaporativo. Aunque la eliminación de la humedad del aire es un principio de adsorción, tiene ciertos problemas. El efecto desecante funciona para el aire húmedo y no puede generar agua refrigerada. No se considera un proceso activo de enfriamiento porque se necesita el enfriamiento evaporativo para rebajar la temperatura del aire en el acondicionamiento de aire y no puede utilizarse para aplicaciones industriales. Incluso para el acondicionamiento de aire residencial tiene dos desventajas principales: la primera es la incapacidad de funcionar en zonas secas, mientras que la segunda es la necesidad de añadir humedad para rebajar la temperatura del aire que puede llegar a ser inconfortable y consumir agua.

En el mercado hay disponibles máquinas de adsorción activa basadas en gel de sílice y funcionamiento de una sola etapa. Estas máquinas utilizan agua como refrigerante y el gel de sílice tiene la capacidad de adsorber el vapor de agua para generar agua refrigerada. Sin embargo, tales máquinas sufren la necesidad de ser enfriadas por aire, y como el agua al nivel requerido de vacío no puede ser condensada a temperaturas del aire ambiente de 35°C o 40°C, se necesita una torre de refrigeración para crear una temperatura de enfriamiento del agua por debajo de la atmosférica. Tales máquinas son también voluminosas en tamaño debido a la baja capacidad de adsorción del gel de sílice y consecuentemente son costosas. El documento WO2004/094928 divulga una modificación del refrigerador de adsorción de gel de sílice que funciona con una buena eficiencia y una temperatura del agua caliente "baja". Sin embargo, la máquina sigue siendo enfriada por agua, ya que necesita una temperatura de refrigeración por debajo de 30°C. Utiliza un núcleo giratorio para eliminar el mecanismo de intercambio que se utiliza normalmente en las máquinas de adsorción

El documento JP2002250573 describe un dispositivo de refrigeración/calefacción asistido por energía solar, en el cual se utiliza un refrigerador de adsorción accionado por energía solar para rebajar la temperatura del refrigerador tradicional basado en compresor en el verano, y proporcionar calor como bomba de calor en el ciclo inverso durante el invierno, aumentando así la eficiencia del refrigerador tradicional. Como el refrigerador de adsorción no necesita proporcionar baja temperatura y solamente necesita reducir la temperatura del condensador por debajo de la atmosférica, se puede utilizar un refrigerador de adsorción de gel de sílice que funcione a una presión relativamente alta que no necesite una temperatura baja del agua refrigerante y por tanto no se necesita la torre de refrigeración. Sin embargo, ese dispositivo no puede generar un efecto refrigerante por sí mismo y necesita estar conectado a un ciclo de refrigeración normal de compresión de vapor para generar cualquier refrigeración requerida.

Para evitar la necesidad de una torre de refrigeración, se puede seleccionar una pareja diferente de sorbente-refrigerante distinta al agua-sílice. Por tanto, el refrigerante puede ser condensado a temperaturas más altas que las que necesita el refrigerador de adsorción de gel de sílice y se puede eliminar la necesidad de la torre de refrigeración. Utilizando el mismo ciclo de una sola etapa de los refrigeradores de adsorción de gel de sílice, las técnicas descritas en los documentos US20050103615, WO03046449, CN 1266168 y US6170279 utilizan adsorbentes tales como el carbón activado, zeolita y cloruro de calcio. Los refrigerantes utilizados son amoníaco y metanol. Aunque estas técnicas utilizan diversas técnicas para utilizar distintas fuentes de calor y métodos para transferir el calor, básicamente todas utilizan el mismo ciclo de funcionamiento basado en la compresión de una sola etapa de los gases refrigerantes en el proceso de desorción. El principal inconveniente de tal ciclo es que toda la adsorción del refrigerante del material absorbente tiene lugar a baja presión, mientras que toda la desorción tiene lugar a alta presión. O bien se necesita una alta temperatura para el proceso de desorción o bien se consigue solamente un bajo nivel de eficiencia. Los documentos US20050103615 y WO03046449 describen sistemas que utilizan colectores solares concentrados para conseguir temperaturas de alrededor de 130°C para obtener una eficiencia intermedia (COP (coeficiente de rendimiento) de 0,2 - 0,4) incluso para un ciclo intermitente (ciclo día-noche).

El documento US6170279 describe un sistema que utiliza la temperatura de los gases de escape de un motor de una embarcación para conseguir un nivel de eficiencia similar. Utilizando la energía solar sin un concentrador, el sistema descrito en el documento CN1266168 consigue un nivel de eficiencia muy bajo (COP 0,05 - 0,1).

5 Las técnicas descritas anteriormente adolecen del problema de que o bien no pueden funcionar a temperaturas ambiente o bien funcionan solamente con bajos niveles de eficiencia. La presente invención tiene como objetivo superar estos problemas utilizando un proceso de compresión de dos etapas y desorción, de manera que la mayor parte de la adsorción tiene lugar a alta presión, mientras que la mayor parte de la desorción tiene lugar a baja presión. Como resultado, se adsorbe y desadsorbe más refrigerante a la misma temperatura, lo cual permite el uso de una fuente de temperatura relativamente baja de energía, al tiempo que se obtiene una eficiencia relativamente alta en comparación con los sistemas existentes. Además, la presente invención permite la utilización de varias parejas de adsorbente-refrigerante, de manera que puede construirse un refrigerador de aire enfriado. El documento JP-A-2005 172 380 divulga una unidad refrigeradora de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

15 **Divulgación de la invención**

Un aspecto de esta invención proporciona una unidad refrigeradora de adsorción, accionada por calor, que comprende:

- 20 - un condensador que tiene un extremo de entrada y un extremo de salida;
- un evaporador que tiene un extremo de entrada y un extremo de salida, estando conectado el extremo de entrada al extremo de salida del condensador a través de una válvula de accionamiento; y
- 25 - una serie de generadores de sorción-desorción, cada uno de los cuales tiene extremos de entrada y de salida para la conexión al condensador y al evaporador para crear un circuito de flujo refrigerante, y una fuente de calor para operar cada generador a alta y baja temperaturas, pudiendo accionarse los generadores para hacer fluir el refrigerante a través del condensador y del evaporador, para proporcionar un efecto refrigerante en el evaporador;

30 donde

la serie de generadores comprende dos parejas de generadores, comprendiendo cada pareja:

- un primer generador que tiene un extremo de salida conectado al extremo de entrada del condensador a través de una primera válvula de retención dispuesta para impedir el flujo desde el condensador al primer generador; y

- un segundo generador que tiene un extremo de entrada conectado al extremo de salida del evaporador a través de una segunda válvula de retención dispuesta para impedir el flujo desde el segundo generador al evaporador, y un extremo de salida conectado al extremo de entrada del primer generador a través de una tercera válvula de retención dispuesta para impedir el flujo desde el extremo de entrada del primer generador al extremo de salida del segundo generador;

45 pudiendo accionarse independientemente cada pareja de generadores para conducir el fluido a través del condensador y del evaporador para proporcionar un efecto refrigerante.

Preferiblemente, la fuente de calor comprende una fuente de fluido de transferencia de calor a los generadores, para controlar la temperatura de los generadores.

50 Es particularmente preferible que la fuente de calor comprenda un calentador solar para calentar el fluido de transferencia de calor a alta temperatura. El calentador solar comprende típicamente un colector solar tubular de evacuación. También se puede disponer un acumulador para almacenar el fluido caliente de transferencia de calor antes de proporcionarlo a los generadores.

55 La fuente de calor comprende también típicamente un radiador (enfriado por aire a temperatura ambiente, por ejemplo) para enfriar el fluido de transferencia de calor a una baja temperatura.

La unidad puede comprender también bombas para hacer circular el fluido caliente o frío de transferencia de calor a los generadores.

60 El fluido de transferencia de calor comprende preferiblemente agua.

Otro aspecto de la invención comprende un método para hacer funcionar una unidad refrigeradora como se ha definido anteriormente, que comprende:

65 accionar la válvula y las fuentes de calor a los generadores de cada pareja para efectuar un ciclo de temperatura en cada generador, entre caliente y frío, de forma que el refrigerante sea conducido por el circuito a través del condensador y del evaporador, donde el primer generador efectúa un ciclo entre los estados de súper-cargado, vacío y cargado, y el segundo generador efectúa correspondientemente un ciclo entre los estados de sub-vacío, cargado y vacío.

ES 2 344 432 T3

Antes del ciclo de temperatura, el método puede incluir la realización de un procedimiento de arranque que comprende:

- 5 i) llenar los generadores, el condensador y el evaporador con refrigerante a una presión sustancialmente constante, manteniendo los generadores a una baja temperatura;
- ii) accionar la válvula para impedir el flujo de refrigerante desde el condensador al evaporador;
- 10 iii) calentar los segundos generadores de cada pareja para conducir el refrigerante hacia los primeros generadores de cada pareja, de forma que los primeros generadores queden cargados y los segundos generadores queden vacíos;
- iv) enfriar los segundos generadores para extraer el refrigerante del evaporador para cargar al menos parcialmente los segundos generadores; y
- 15 v) calentar uno de los segundos generadores para aumentar aún más la carga de refrigerante en el primer generador al cual está conectado.

Un primer paso del método comprende preferiblemente:

- 20 - enfriar el segundo generador vacío de una primera pareja, para llevarlo a un estado sub-vacío;
- calentar el primer generador asociado de la primera pareja, para llevarlo al estado súper-cargado; y
- permitir que el refrigerante pase desde el primer generador a través del condensador y del evaporador, hacia el
- 25 segundo generador para originar un efecto refrigerante en el evaporador.

Típicamente el primer paso comprende la descarga del primer generador a un estado vacío y cargar el segundo generador a un estado cargado.

30 Un segundo paso comprende preferiblemente:

- calentar el segundo generador cargado de una segunda pareja, para descargar el refrigerante al primer generador correspondiente y llevar el segundo generador a un estado vacío; y
- 35 - enfriar el primer generador asociado de la segunda pareja, para llevarlo a un estado cargado.

Un tercer paso comprende preferiblemente:

- 40 - enfriar el segundo generador vacío de la segunda pareja, para llevarlo a un estado sub-vacío;
- calentar el correspondiente primer generador cargado para llevarlo a un estado súper-cargado; y
- permitir que el refrigerante pase desde el primer generador de la segunda pareja a través del condensador y del evaporador, hacia el segundo generador de la segunda pareja, para originar un efecto refrigerante en el evaporador.
- 45

Típicamente, el tercer paso comprende la descarga del primer generador a un estado vacío y la carga del segundo generador a un estado cargado.

Un cuarto paso comprende preferiblemente:

- 50 - calentar el segundo generador cargado de la primera pareja para descargar el refrigerante al correspondiente primer generador y llevar el segundo generador a un estado vacío; y
- enfriar el primer generador asociado de la primera pareja para llevarlo a un estado cargado.
- 55

Repitiendo el primer, segundo, tercer y cuarto pasos se puede conseguir proporcionar un funcionamiento sustancialmente continuo de la unidad refrigeradora.

60 Dirigiendo el flujo de aire sobre el evaporador, de forma que se enfríe el aire, se puede proporcionar una fuente de aire refrigerante.

Breve descripción de los dibujos

65 Las figuras 1 - 8 muestran los diversos estados de arranque y funcionamiento de una unidad refrigeradora, de acuerdo con un modo de realización de la invención; y la figura 9 muestra el modo de realización de las figuras 1 - 8, en un sistema completo.

Modo(s) de llevar a cabo la invención

El objetivo de la invención es utilizar una temperatura “baja” (energía de baja categoría) para generar un efecto refrigerante al mismo nivel que se genera normalmente en una unidad tradicional de compresión-enfriamiento de vapor con un compresor eléctrico. La invención comprende un ciclo de adsorción refrigeración de dos etapas basado en cualquier pareja apropiada de adsorbente-refrigerante que permita que la adsorción tenga lugar a alta presión, mientras que la desorción ocurre a baja presión. Por ejemplo, este ciclo puede ser utilizado para las parejas de adsorbente-refrigerante de carbono activado-metanol, cloruro de calcio-amoniaco, zeolita metanol o gel de silicio agua. El ciclo de gas de la unidad de adsorción comprende cuatro generadores que pueden ser diseñados para permitir un proceso de sorción-desorción de alta eficiencia a las temperaturas deseadas. La adsorción del refrigerante en el adsorbente puede conseguirse enfriando el generador a través de un ciclo de agua fría con un radiador normal como disipador de calor. Se puede utilizar cualquier fuente de agua caliente, por ejemplo procedente de colectores solares o cualquier fuente de calor residual con temperaturas bajas de hasta 70°C para la temperatura “alta”. También se puede disponer un controlador digital para controlar las bombas de circulación de agua caliente y fría y un solenoide y válvulas de tres vías del ciclo de gas.

La unidad refrigeradora es nueva en la invención, especialmente el uso de cuatro generadores para permitir que el agua caliente a temperatura “baja” produzca el efecto de desorción, que da como resultado una alta eficiencia del ciclo, mientras que la refrigeración del generador para obtener el efecto de adsorción se puede obtener a una temperatura ambiente “alta”.

En esta descripción, los términos “caliente” y “frío” se refieren a las temperaturas más cálidas y más frías que pueden conseguirse con los particulares sistemas de calentamiento y enfriamiento utilizados. Por ejemplo, en un país cálido y soleado, es posible obtener agua caliente por calentamiento solar que puede tener una temperatura en la gama de 70°C - 90°C. De igual manera, la refrigeración que utiliza la temperatura del aire ambiente en tales lugares, puede producir agua “fría” con una temperatura en la gama de 30°C - 50°C. La presente invención puede funcionar con diferencias bajas de temperatura entre el calor y el frío de hasta 20°C, aunque cuanto mayor es la diferencia, más eficiente es el funcionamiento.

La unidad refrigeradora descrita a continuación comprende un circuito refrigerante que incluye generadores, un compresor y un evaporador. En el uso normal, el compresor funcionará a una presión relativamente alta y el evaporador a una presión relativamente baja. El resto del circuito funcionará a una presión variable dependiendo de temas tales como la temperatura y el estado de las válvulas que conectan las distintas partes del circuito. En esta descripción, “alta presión” significa en la presión del condensador o cerca de ella, y “baja presión” significa a la presión del evaporador o cerca de ella. Los funcionamientos entre estos límites se describen como “presión intermedia”.

En la descripción del funcionamiento de la unidad refrigeradora, los generadores funcionan con diversos estados de carga del refrigerante adsorbido en el adsorbente. En la descripción siguiente, el término “cargado” se utiliza para indicar que la cantidad de refrigerante adsorbido en ese generador está en la cantidad máxima o justamente por debajo de ella, que puede normalmente ser adsorbida para la presión y temperatura particulares de funcionamiento. El término “súper-cargado” indica una adsorción de cantidades de refrigerante por encima de este nivel. El término “vacío” se utiliza para indicar que solamente está presente la cantidad residual de refrigerante en el adsorbente que sigue a la desorción a una presión y temperatura particulares de funcionamiento. El término “sub-vacío” se utiliza para referirse a los niveles de carga por debajo de éste.

Muchos tipos de materiales porosos tienen la capacidad de adsorber (sorber) gases (refrigerantes) cuando se enfrían y desorben al calentarse. Para una baja presión dada, el adsorbente sorbe más refrigerante cuanto más baja es la temperatura (y a la inversa, al bajar la presión se confiere al adsorbente menos capacidad para una temperatura baja dada). De forma similar, para una alta presión dada, el adsorbente desorbe más refrigerante cuanto más alta es la temperatura (y a la inversa, al elevar la presión se confiere al adsorbente una mayor capacidad para retener el refrigerante adsorbido y por eso necesita temperaturas más altas para desorber el máximo de refrigerante). Los ciclos previos de adsorción de una sola etapa están organizados de tal manera que toda la desorción tiene lugar a baja presión, por tanto se necesita una temperatura muy alta, mientras que toda la adsorción ocurre a baja presión y por tanto se necesita una temperatura de refrigeración muy baja. En la presente invención, se utilizan dos etapas, de manera que la mayor parte de la adsorción se realiza a alta presión y la desorción tiene lugar a una baja presión, lo que permite utilizar temperaturas del agua “caliente” más bajas y temperaturas “bajas” del agua altas. En esta invención, se utilizan parejas de generadores de manera que un generador de la pareja está súper-cargado con el refrigerante, mientras que el otro está totalmente vacío (activado). El generador que estaba súper-cargado es entonces presurizado calentándolo (de nuevo, a una temperatura inferior del agua caliente que lo que se necesitaba previamente) y el generador activado es enfriado para obtener altos niveles de vacío a la temperatura de refrigeración más altos que los que se necesitaban anteriormente. El refrigerante es desorbido después desde el generador súper-cargado a través del condensador y del evaporador hacia el generador sub-vacío, produciendo el efecto refrigerante en el evaporador durante el proceso.

Se utilizan las abreviaturas siguientes con respecto a los dibujos que se acompañan, para la descripción de la estructura y el funcionamiento de los modos de realización de la invención:

ES 2 344 432 T3

	E:	Evaporador
	E.V.:	Válvula de expansión
5	E.S.C.:	Colector solar de tubo de evacuación
	G1, G2, G3, G4:	Generadores
	N1, N2, N3, N4, N5, N6:	Válvulas de retención
10	PC:	Bomba de circulación de agua fría
	PH:	Bomba de circulación de agua caliente
15	S1:	Válvula de conexión-desconexión (controlada eléctricamente)
	R:	Radiador
20	3W1, 3W2, 3W3, 3W4:	Válvulas de tres vías que permiten controlar el agua caliente o el agua fría para entrar en los generadores
	A.C.:	Cámara de acumulación

25 La unidad refrigeradora de acuerdo con un modo de realización de la invención, como se ilustra en las figuras 1-8, comprende:

30 - cuatro generadores conectados en dos parejas: G1 y G2 en el lado derecho de la unidad, y G3 y G4 en el lado izquierdo de la unidad, llenos cada uno de ellos con adsorbente y conectados entre sí por medio de líneas de flujo refrigerante con válvulas de retención (N1, N2, N3, N4, N5 y N6) en las entradas y salidas de cada generador, forzando al refrigerante a fluir en una dirección solamente como se describe a continuación, teniendo cada generador (G1, G2, G3, G4) salidas de agua caliente y fría conectadas a las correspondientes bombas de circulación (PH) y (PC), entradas de agua caliente y fría a través de válvulas de tres vías y entradas y salidas de refrigerante;

35 - una unidad condensadora (C) conectada a una unión procedente de dos líneas de flujo refrigerante de válvulas de retención (N1, N2) que están conectadas a las salidas de los generadores (G1, G3); conectadas en segundo lugar a una primera válvula (S1) de conexión-desconexión cuya línea de flujo se extiende a una válvula (EV) de expansión;

40 - un evaporador (E) que tiene un extremo de entrada conectado a la válvula (EV) de expansión y un extremo de salida conectado a una unión que va a dos líneas de flujo refrigerante de válvulas de retención (N3, N4) que están conectadas a los extremos de entrada de los generadores (G2, G4); y

45 - cuatro válvulas (3W1, 3W2, 3W3, 3W4) de tres vías que permiten al agua caliente o al agua fría entrar en los respectivos generadores (G1, G2, G3, G4) a través de unas respectivas conexiones.

Hay formados efectivamente dos circuitos refrigerantes: los generadores G1 y G2, y el condensador y evaporador en el lado derecho; y los generadores G3 y G4 y el condensador y el evaporador en el lado izquierdo.

50 Para disponer la unidad refrigeradora en un estado adecuado para su funcionamiento, es necesario comenzar con una secuencia de arranque. Al inicio de la secuencia de arranque, la presión en todas las partes de la unidad está incluso a un nivel intermedio (entre la presión máxima de funcionamiento del condensador y la presión mínima de funcionamiento del evaporador), y el gas refrigerante está a temperatura ambiente. El objetivo del procedimiento de arranque es variar la presión y la temperatura en cada componente de la unidad a un punto de inicio para un funcionamiento continuo. La válvula (S) de conexión-desconexión (solenoides) está desconectada en todos los pasos 55 de la operación de arranque, impidiendo el flujo desde el condensador y el evaporador y cerrando por tanto el circuito refrigerante.

La operación de arranque está compuesta por cuatro pasos.

60 *Paso 1 de arranque* - Las válvulas de tres vías 3W1 y 3W3 permiten pasar el agua fría (C) a través de los generadores G1 y G3, mientras que las válvulas de tres vías 3W2 y 3W4 permiten el flujo del agua caliente (H) a los generadores G2 y G4. Consecuentemente, los gases refrigerantes serán desorbidos de los generadores G2 y G4 y adsorbidos en los generadores G1 y G2, donde el flujo de agua fría a G1 y G3 eliminan cualquier calor de adsorción. Esto continuará hasta que los gases son transferidos desde G2 a G1 y desde G4 a G3. El refrigerante no puede pasar desde G4 y G2 al evaporador E debido a las válvulas N3 y N4 de retención. En ese punto, G1 y G3 están fríos (C) y cargados (Ch), y 65 G2 y G4 están calientes (H) y vacíos (Em) (véase la figura 2).

ES 2 344 432 T3

Paso 2 de arranque - Las válvulas de tres vías 3W1 y 3W3 permiten pasar el agua fría (C) a través de los generadores G1 y G3, mientras que la válvula de tres vías 3W2 permite el flujo del agua fría (C) a G2 enfriándolo (y disminuyendo su presión) para adsorber el refrigerante desde el evaporador (E) a través de la válvula de retención N4, mientras que la válvula de tres vías (3W4) permite el flujo del agua caliente (H) a través de G4, manteniendo la presión en él por encima de la presión del evaporador. Al final de este paso, cerca del 50% de los gases del evaporador han sido adsorbidos y su presión se reduce, pero no hasta el nivel mínimo. G1 y G3 permanecen frío (C) y cargados (Ch), G2 también queda frío (C) y cargado (Ch), mientras que G4 permanece caliente (H) y vacío (Em) y a una presión más alta que G2, de manera que el flujo refrigerante pasa solamente a G2, y la presión más alta de G4 impide el flujo del refrigerante desde el evaporador a través de la válvula de retención N3 a G4 (véase la figura 3).

Paso 3 de arranque - Las válvulas de tres vías 3W1 y 3W3 permiten pasar al agua fría (C) a través de los generadores G1 y G3, mientras que la válvula de tres vías 3W2 permite el flujo del agua caliente (H) hacia G2, desorbiendo los gases adsorbidos en el Paso 2 (véase lo anterior) y elevando su presión. La válvula de retención N4 impide que el flujo del refrigerante vuelva al evaporador y la presión más alta significa que el refrigerante desorbido pasa a través de la válvula de retención N5 hacia G1, aumentando aún más la cantidad de refrigerante en él. Al mismo tiempo, la válvula de tres vías 3W4 permite el flujo del agua fría (C) hacia G4, enfriándolo (y disminuyendo su presión) para adsorber el resto del refrigerante en el evaporador E, disminuyendo aún más su presión. Al final de este paso, la presión en el evaporador está en su nivel mínimo, el generador G1 está frío (C) y supercargado con (SCh) con el refrigerante, G2 está caliente (H) y vacío (Em) y G3 y G4 están fríos (C) y cargados (Ch) (véase la figura 4).

Paso 4 de arranque - La válvula de tres vías 3W1 permite el flujo del agua caliente (H) hacia G1, elevando su presión (y la presión del condensador). Así, G1 queda altamente supercargado ya que la cantidad de refrigerante excede significativamente de la capacidad del adsorbente a esta temperatura. Al mismo tiempo, la válvula de tres vías 3W2 permite el flujo del agua fría hacia G2, enfriándolo y disminuyendo su presión para alcanzar la del evaporador. Por tanto, G2 tiene significativamente menos refrigerante adsorbido que lo que sería normalmente el caso con la cantidad residual a esa temperatura y presión cuando está vacío. En el lado izquierdo, la válvula de tres vías 3W4 permite el flujo del agua caliente (H) hacia G4 (que está cargado), calentándolo para elevar su presión y desorber el refrigerante desde G4 a G3 (que comenzará a supercargarse), y la válvula de tres vías 3W3 permite el flujo del agua fría (C) hacia G3, eliminando el calor de adsorción. Al final de este paso, las condiciones de cada componente de la unidad son adecuadas para comenzar el ciclo continuo: G1 está caliente (H) y supercargado (SCh), G2 está frío (C) y sub-vacío (SEm), G3 está frío (C) y parcialmente cargado (Ch) y G4 está caliente (H) y cargado (Ch) (véase la figura 5).

Para conseguir un efecto refrigerante sustancialmente continuo, el ciclo se compone básicamente de tres ciclos en bucle cerrado: un ciclo refrigerante, un ciclo de agua caliente y un ciclo de agua fría.

El funcionamiento continuo de este ciclo de refrigeración comprende cuatro pasos gobernados por el controlador digital. El inicio del primer paso de funcionamiento es esencialmente el mismo que al final del cuarto paso de arranque, pero con la válvula S de solenoide abierta.

Paso 1 de funcionamiento - Al inicio de este paso los generadores están en los siguientes estados:

G1 está caliente y supercargado con refrigerante;

G2 está frío y sub-vacío (muy bajo nivel de refrigerante);

G3 está frío y parcialmente cargado (bajo nivel de refrigerante pero más alto que el nivel de G2);

G4 está caliente y cargado con refrigerante, pero menor que el nivel de G1.

En este paso, la válvula (S) de conexión-desconexión está abierta. La primera válvula de tres vías 3W1 permite el flujo de agua caliente (H) hacia el primer generador G1, haciendo que la desorción tenga lugar a alta presión, mientras que la segunda válvula de tres vías 3W2 permite el flujo del agua fría (C) al segundo generador G2 que está inicialmente sub-vacío. Como el primer generador G1 estará presurizado por encima de la presión de condensación del refrigerante (por ejemplo para el metanol por encima de 0,4 bares y para el amoníaco por encima de 13 bares) debido al calor (H), el refrigerante será desorbido del adsorbente y fluye a través de la primera válvula de retención N1 hacia el condensador C. La quinta válvula de retención N5 impide que el refrigerante fluya directamente a G2 y la segunda válvula de retención N2 impide el flujo hacia el circuito de la izquierda, aún cuando está a una presión más baja. Consecuentemente, el refrigerante tiene que pasar al condensador C. En el proceso, el refrigerante se condensa en el condensador, después fluye a través de la válvula EV de expansión, se evapora en el evaporador E a baja temperatura, dependiendo del nivel de condensación (se puede conseguir fácilmente hasta -5°C) y después es adsorbido en el segundo generador (G2).

En el lado izquierdo del condensador, la válvula 3W3 de tres vías permite que el agua fría (C) pase a G3, mientras que 3W4 permite que el agua caliente (H) fluya hacia G4, originando la liberación de refrigerante desde G4 a presión intermedia. La válvula N6 de retención permite fluir al refrigerante libremente desde G4 hasta G3 donde es adsorbido a la presión intermedia. Durante este paso, G3 estará súper-cargado con refrigerante, ya que tiene lugar la sorción a una presión moderada mientras G4 está vacío (activado), porque la de-sorción tiene lugar a la misma presión moderada.

ES 2 344 432 T3

Al final de este paso, G4 está caliente (H) y vacío (Em) a presión intermedia, mientras que G3 está frío (C) y supercargado (SCh) a presión intermedia. G1 está caliente (H) y vacío (Em) a alta presión y G2 está frío (C) y cargado (Ch) a baja presión (véase la figura 6).

5 *Paso 2 de funcionamiento* - Este es un paso intermedio que dura un tiempo relativamente corto en comparación con el paso 1 de funcionamiento y tiene como objetivo preparar los generadores para el paso 3 de funcionamiento (ver a continuación). En el paso 2 de funcionamiento, la válvula S de conexión-desconexión está cerrada para mantener una alta presión en el condensador. La válvula 3W1 de tres vías permite el flujo de agua fría (C) hacia G1, disminuyendo su presión y aumentando su capacidad de adsorber refrigerante. La válvula 3W2 de retención permite que el agua caliente
10 (H) fluya hacia G2, elevando su presión y disminuyendo su capacidad de adsorber refrigerante. Así, el refrigerante que fue adsorbido en G2 es desorbido y pasa a G1 a través de la válvula N5 de retención. La descarga de los gases desde G2 y la absorción de los gases en G1 tienen lugar a presión intermedia. Cuando se compara con los sistemas de la técnica anterior, esta presión intermedia es inferior para el paso de descarga y mayor para el paso de absorción, conduciendo a ganancias de eficiencia para una diferencia de temperatura dada. En el lado izquierdo, la válvula 3W3 de retención permite el flujo de agua caliente (H) a G3 y 3W4 permite el flujo de agua fría (C) a G4. En este paso G3,
15 se calienta hasta que su presión aumenta hasta la presión del condensador, dejándolo en un estado grandemente súper-cargado para su temperatura. G4 se enfría hasta que alcanza la presión del evaporador (o inferior) dejándolo en un estado sub-vacío para su temperatura y presión. Las válvulas N1, N2 de retención frenan el flujo de refrigerante desde el condensador hacia los generadores G1 y G3, y las válvulas N5 y N6 de retención detienen el flujo de refrigerante desde G1 y G2 y desde G3 y G4, respectivamente. Al final de este paso, G3 está a alta presión, caliente (H) y súper-cargado (SCh) y G4 está a baja presión, frío (C) y sub-vacío (SEm). Por otra parte, G2 está caliente (H) y vacío (Em) y G1 está frío (C) y cargado (Ch) a presión intermedia (véase la figura 7). Este estado es esencialmente una imagen
20 especular del estado al final del paso 4 de arranque o el inicio del paso 1 de funcionamiento.

25 *Paso 3 de funcionamiento* - Esta es esencialmente la situación especular del paso 1 de funcionamiento. En este caso, S se abre para permitir el efecto de refrigeración, y las posiciones de las válvulas de tres vías son las mismas que las mostradas en el paso 2 de funcionamiento (véase lo anterior). El generador G3, comenzando en un estado caliente, súper-cargado, desorbe refrigerante a alta presión a través de la válvula N2 de retención hacia el condensador C y a través de la válvula de expansión y el evaporador E, para ser adsorbido en G4 que está frío e inicialmente sub-vacío. Al mismo tiempo, el refrigerante en G2 continúa siendo desorbido a alta temperatura y presión intermedia y G1 continúa supercargado y adsorbe el refrigerante desde G2, a presión intermedia y baja temperatura. Este paso continúa hasta que todo el refrigerante de G3 pasa a G4, originando un efecto de refrigeración en el evaporador y cargando G4, y todo el refrigerante de G2 pasa a G1, supercargándolo y dejándolo listo para el paso siguiente (véase la figura 8).

35 *Paso 4 de funcionamiento* - Este es un paso intermedio similar al paso 2 de funcionamiento, donde la válvula S de solenoide está cerrada y 3W1 permite que el agua caliente pase a G1 llevándolo a un estado caliente, supercargado y 3W2 permite que el agua fría fluya a G2 disminuyendo su temperatura y su presión para dejarlo en un estado sub-vacío. 3W3 permite que el agua fría fluya a G3 y 3W4 permite que el agua caliente fluya a G4, elevando su presión y desorbiendo el refrigerante hasta que alcanza un estado vacío. 3W3 permite que el agua fría pase a G3, disminuyendo su presión y permitiéndole adsorber refrigerante desorbido desde G4, hasta que alcanza un estado cargado. Al final de este paso, las condiciones del generador alcanzan las condiciones mencionadas al final del paso 4 de arranque o el comienzo del paso 1 de funcionamiento (véase la figura 5).

45 La válvula S de solenoide se abre y se repiten los pasos 1 - 4 de funcionamiento. Siempre que haya una fuente de agua caliente y fría y energía para accionar las válvulas, se puede conseguir un funcionamiento sustancialmente continuo. Efectuando ciclos de temperatura en los generadores y utilizando válvulas de retención para impedir un flujo de retorno, es posible obtener dos pasos de carga desde G2 y G4 para llevar a G1 y G3 a un estado supercargado antes de la descarga a través del condensador y del evaporador.

50 La figura 9 muestra un sistema completo representando los tres ciclos. La unidad de refrigeración de las figuras 1-8 (CU) está conectada a un circuito de suministro de agua caliente que comprende un colector solar de tubo de evacuación (ESC) u otra fuente de agua caliente, y un acumulador de agua caliente (AC). Proporcionando el acumulador (AC), se puede tener disponible un generador de agua caliente, mediante calentamiento solar durante el día, durante horas de oscuridad para asegurar un funcionamiento continuo de la unidad CU. En casos en los que el suministro de calor es calor residual desde alguna otra operación continua (tal como una operación industrial), puede no requerirse un acumulador. El agua caliente es entregada desde el acumulador a la unidad CU por medio de una bomba PH de agua caliente.

60 También está conectado un circuito de suministro de agua fría a la unidad CU. En este caso, el agua fría puede ser proporcionada por el uso de un radiador R tal como un radiador enfriado por aire u otro sistema de disipación de calor. El agua fría es transferida desde el radiador R a la unidad CU por medio de una bomba PC de agua fría.

65 La potencia de las bombas PH y PC y las diversas válvulas de la unidad CU pueden ser proporcionadas convenientemente por medio de una fuente fotovoltaica PV (con un acumulador adecuado para uso en las horas de oscuridad). Se pueden utilizar otras fuentes eléctricas.

REIVINDICACIONES

1. Una unidad refrigeradora de adsorción accionada por calor, que comprende:

- un condensador (C) que tiene un extremo de entrada y un extremo de salida;
- un evaporador (E) que tiene un extremo de entrada y un extremo de salida, estando conectado el extremo de entrada al extremo de salida del condensador (C) a través de una válvula (S) de accionamiento; y
- una serie de generadores (G1, G2, G3, G4) de sorción-desorción, cada uno de los cuales tiene extremos de entrada y de salida para la conexión al condensador (C) y al evaporador (E) para crear un circuito de flujo refrigerante, y una fuente de calor para operar cada generador (G1, G2, G3, G4) a alta y baja temperaturas, pudiendo accionarse los generadores (G1, G2, G3, G4) para hacer fluir el refrigerante a través del condensador (C) y del evaporador (E), para proporcionar un efecto refrigerante en el evaporador (E);

caracterizado porque

la serie de generadores (G1, G2, G3, G4) comprende dos parejas de generadores (G1, G2), (G3, G4), comprendiendo cada pareja:

- un primer generador (G1, G3) que tiene un extremo de salida conectado al extremo de entrada del condensador (C) a través de una primera válvula (N1, N2) de retención dispuesta para impedir el flujo desde el condensador al primer generador; y
- un segundo generador (G2, G4) que tiene un extremo de entrada conectado al extremo de salida del evaporador (E) a través de una segunda válvula (N3, N4) de retención dispuesta para impedir el flujo desde el segundo generador al evaporador, y un extremo de salida conectado al extremo de entrada del primer generador a través de una tercera válvula (N5, N6) de retención dispuesta para impedir el flujo desde el extremo de entrada del primer generador al extremo de salida del segundo generador;

pudiendo accionarse independientemente cada pareja de generadores para conducir el fluido a través del condensador y del evaporador para proporcionar un efecto refrigerante.

2. Una unidad refrigeradora, como se reivindica en la reivindicación 1, en la que la fuente de calor comprende una fuente de fluido de transferencia de calor hacia los generadores, para controlar la temperatura de los generadores.

3. Una unidad refrigeradora, como se reivindica en la reivindicación 2, en la que la fuente de calor comprende un calentador solar para calentar el fluido de transferencia de calor a una alta temperatura.

4. Una unidad refrigeradora, como se reivindica en la reivindicación 3, en la que el calentador solar comprende un colector solar de tubo de evacuación.

5. Una unidad refrigeradora, como se reivindica en la reivindicación 2, 3 o 4, que comprende además un acumulador para almacenar fluido caliente de transferencia de calor, antes de suministrarlo a los generadores.

6. Una unidad refrigeradora, como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, en el que la fuente de calor comprende un radiador para enfriar el fluido de transferencia de calor a una temperatura baja.

7. Una unidad refrigeradora, como se reivindica en la reivindicación 6, en la que el radiador es enfriado por aire a temperatura ambiente.

8. Una unidad refrigeradora, como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 2 - 7, que comprende además bombas para hacer circular el fluido caliente o frío de transferencia de calor hacia los generadores.

9. Una unidad refrigeradora, como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 2 - 8, en el que el fluido de transferencia de calor comprende agua.

10. Un método para hacer funcionar una unidad refrigeradora como se reivindica en cualquier reivindicación precedente, que comprende:

hacer funcionar la válvula (S) de accionamiento y los suministros de calor a los generadores de cada pareja, para efectuar un ciclo de temperatura en cada generador entre caliente y frío, de forma que el refrigerante se conducido por el circuito a través del condensador y del evaporador, donde el primer generador efectúa un ciclo entre los estados súper-cargado, vacío y cargado, y el segundo generador efectúa ciclos de manera correspondiente entre los estados sub-vacío, cargado y vacío.

ES 2 344 432 T3

11. Un método como se reivindica en la reivindicación 10, que comprende, antes de efectuar el ciclo de temperatura, la realización de un procedimiento de arranque que comprende:

- i) llenar los generadores, el condensador y el evaporador con refrigerante a una presión sustancialmente constante, manteniendo los generadores a una baja temperatura;
- ii) accionar la válvula para impedir el flujo de refrigerante desde el condensador al evaporador;
- iii) calentar los segundos generadores de cada pareja para conducir el refrigerante hacia los primeros generadores de cada pareja, de forma que los primeros generadores queden cargados y los segundos generadores queden vacíos;
- iv) enfriar los segundos generadores para extraer el refrigerante del evaporador para cargar al menos parcialmente los segundos generadores; y
- v) calentar uno de los segundos generadores para aumentar aún más la carga de refrigerante en el primer generador al cual está conectado.

12. Un método como se reivindica en la reivindicación 10 u 11 que comprende, en un primer paso:

- enfriar el segundo generador vacío de una primera pareja, para llevarlo a un estado sub-vacío;
- calentar el primer generador asociado de la primera pareja, para llevarlo al estado súper-cargado; y
- permitir que el refrigerante pase desde el primer generador a través del condensador y del evaporador, hacia el segundo generador para originar un efecto refrigerante en el evaporador.

13. Un método como se reivindica en la reivindicación 12, en el que el primer paso comprende la descarga del primer generador a un estado vacío y la carga del segundo generador a un estado cargado.

14. Un método como se reivindica en la reivindicación 12 o 13 que comprende, en un segundo paso:

- calentar el segundo generador cargado de una segunda pareja, para descargar el refrigerante al primer generador correspondiente y llevar el segundo generador a un estado vacío; y
- enfriar el primer generador asociado de la segunda pareja, para llevarlo a un estado cargado.

15. Un método como se reivindica en la reivindicación 14 que comprende, en un tercer paso:

- enfriar el segundo generador vacío de la segunda pareja, para llevarlo a un estado sub-vacío;
- calentar el correspondiente primer generador cargado para llevarlo a un estado súper-cargado; y
- permitir que el refrigerante pase desde el primer generador de la segunda pareja a través del condensador y del evaporador, hacia el segundo generador de la segunda pareja, para originar un efecto refrigerante en el evaporador.

16. Un método como se reivindica en la reivindicación 15, que comprende la descarga del primer generador a un estado vacío y la carga del segundo generador a un estado cargado.

17. Un método como se reivindica en la reivindicación 15 o 16, que comprende, en un cuarto paso:

- calentar el segundo generador cargado de la primera pareja para descargar el refrigerante al correspondiente primer generador y llevar el segundo generador a un estado vacío; y
- enfriar el primer generador asociado de la primera pareja para llevarlo a un estado cargado.

18. Un método como se reivindica en la reivindicación 17, que comprende además la repetición del primer, segundo, tercer y cuarto pasos para proporcionar un funcionamiento sustancialmente continuo de la unidad refrigeradora.

19. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 10 - 18, que comprende además dirigir un flujo de aire sobre el evaporador, de forma que se enfríe el aire.

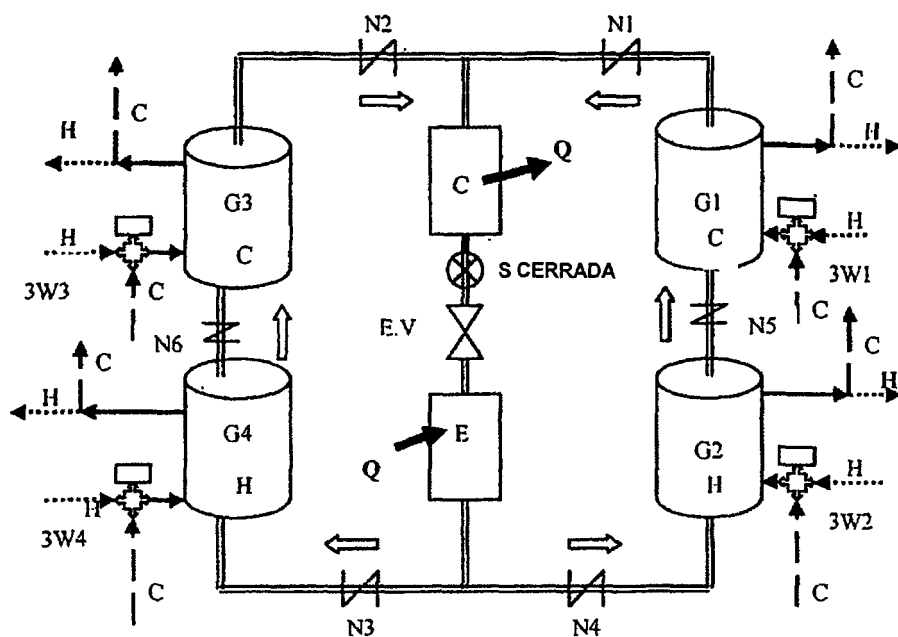


FIGURA 1

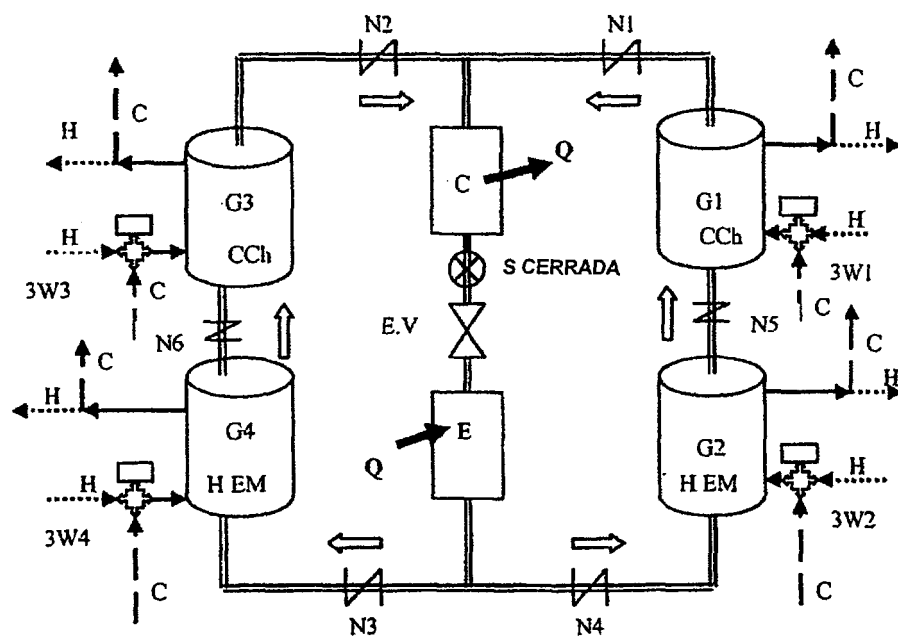


FIGURA 2

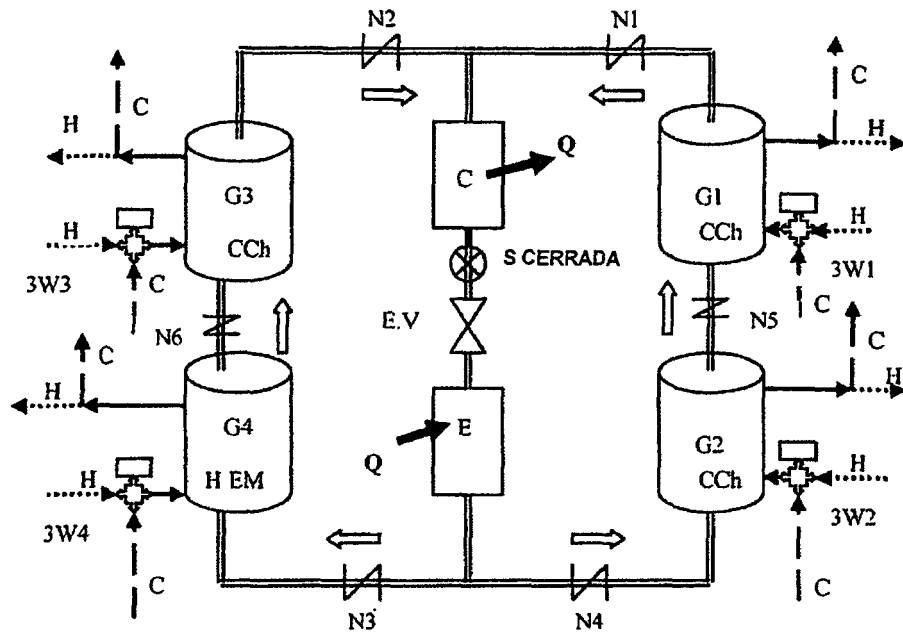


FIGURA 3

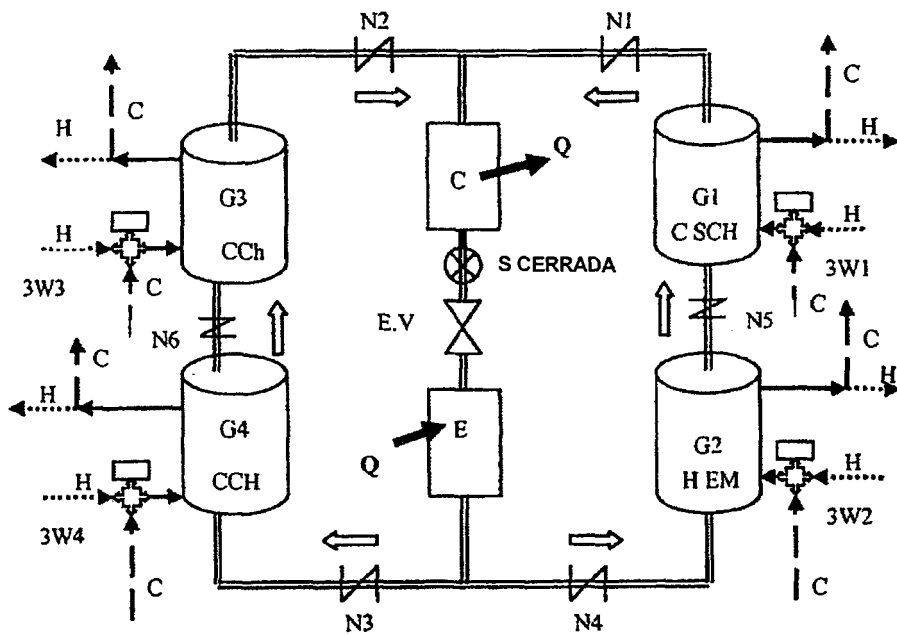
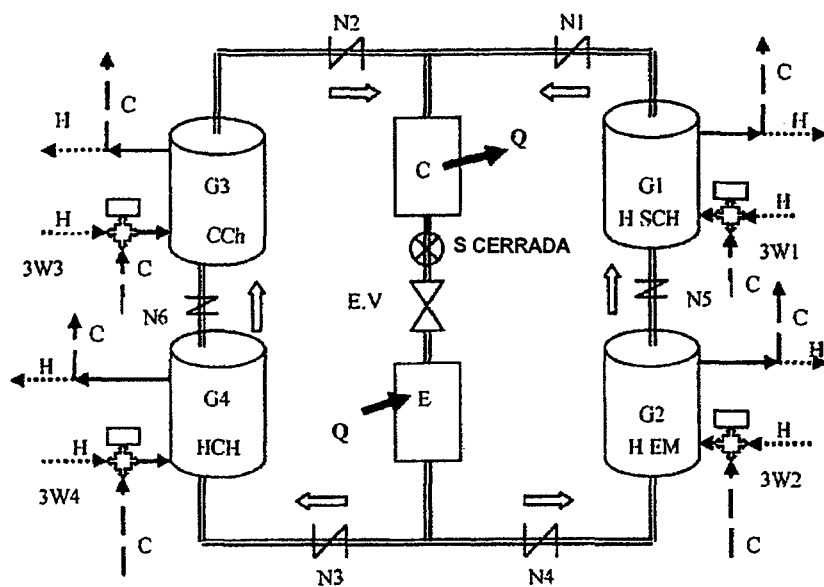
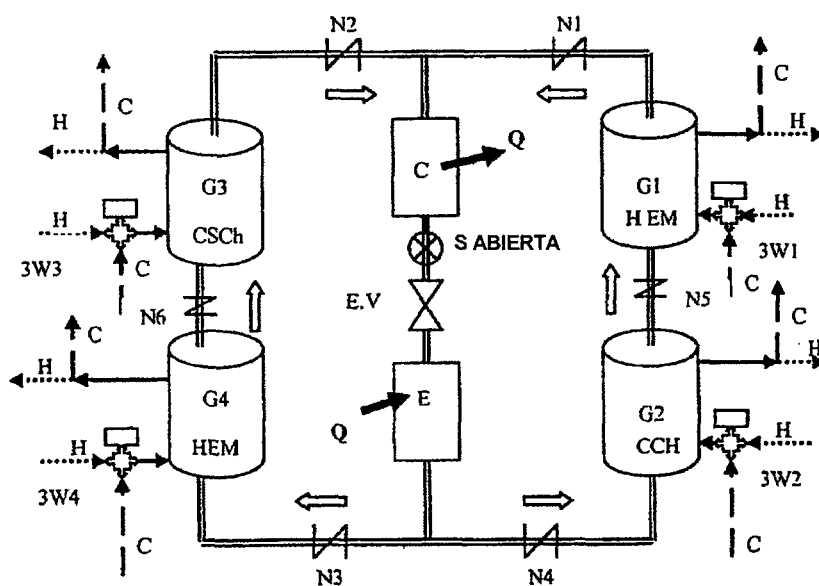


FIGURA 4

**FIGURA 5****FIGURA 6**

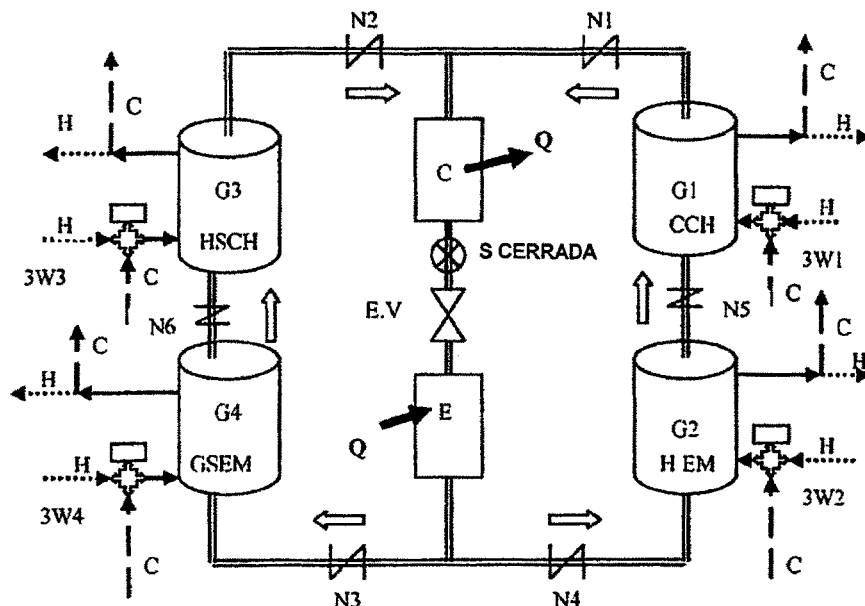


FIGURA 7

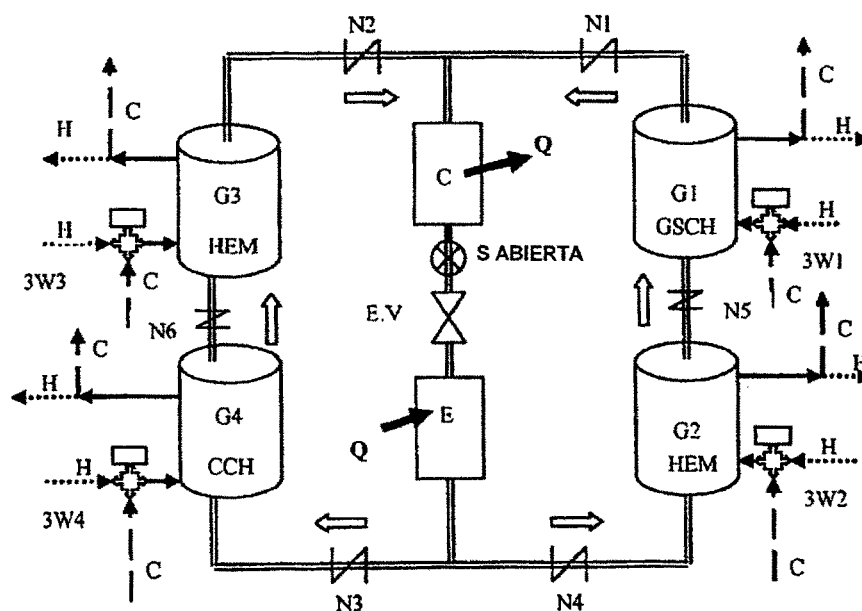


FIGURA 8

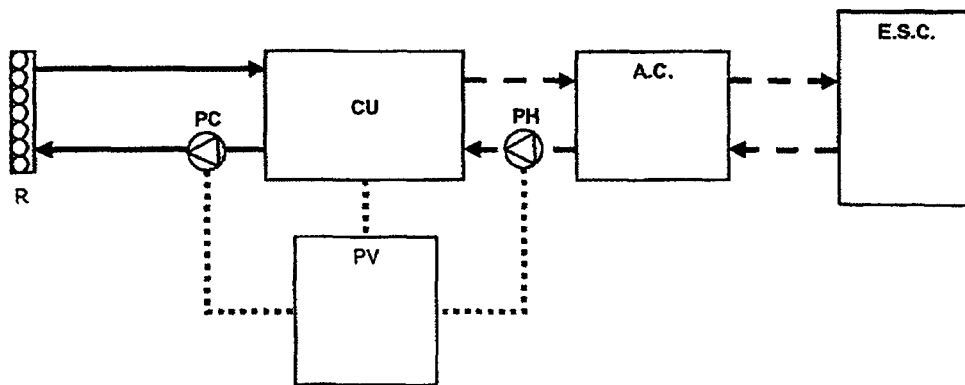


FIGURA 9