

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 359**

51 Int. Cl.:

**F03G 6/06** (2006.01)

**F03G 6/02** (2006.01)

**F01K 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2008 E 08380170 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2015 EP 2000669**

54 Título: **Planta de concentración solar para producción de vapor sobrecalentado**

30 Prioridad:

**07.06.2007 ES 200701577**

**20.05.2008 ES 200801471**

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

**05.10.2015**

73 Titular/es:

**ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A.**  
**(100.0%)**  
**AVENIDA DE LA BUHAIRA 2**  
**41018 SEVILLA, ES**

72 Inventor/es:

**SÁNCHEZ GONZÁLEZ, MARCELINO;**  
**FERNÁNDEZ QUERO, VALERIO;**  
**OSUNA GONZÁLEZ-AGUILAR, RAFAEL y**  
**NAVIO GILABERTE, RAÚL**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro**

**ES 2 547 359 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**

Planta de concentración solar para producción de vapor sobrecalentado

5 La presente invención se refiere a plantas de concentración solar con separación física del evaporador y el sobrecalentador y control dinámico adaptativo del campo de heliostatos, para obtener vapor sobrecalentado de una manera eficiente y controlada, para poder garantizar así la durabilidad y la operación normal continuadas de dicha planta solar en sus diferentes aplicaciones: producción de electricidad, producción de calor de proceso, producción de combustibles solares y aplicación a procesos termoquímicos.

10

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION.**

15 Si bien la radiación solar es una fuente térmica de elevada temperatura y elevada energía en origen, la utilización de la misma en las condiciones del flujo que llega a la superficie terrestre destruye prácticamente todo su potencial de convertirse en trabajo, por la drástica reducción de la temperatura disponible en el fluido. Por esta razón, se hace uso en las centrales solares termoelectricas (CST), de sistemas de concentración óptica, que permiten lograr mayores densidades de flujo y con ello temperaturas más elevadas.

20 En la actualidad existen principalmente tres tecnologías diferentes desarrolladas para su uso en Plantas Solares denominadas: de receptor central, colectores cilindro-parabólicos y discos Stirling. Todas ellas hacen uso solamente de la componente directa de la radiación solar, lo que les obliga a tener dispositivos de seguimiento solar:

25 1. Los sistemas de receptor central (3D) utilizan espejos de gran superficie (40-125 m2 por unidad) denominados heliostatos, que están dotados de un sistema de control para reflejar la radiación solar directa sobre un receptor central situado en la parte superior de una torre. En esta tecnología, la radiación solar concentrada calienta en el receptor un fluido a temperaturas de hasta 1000°C, cuya energía térmica puede después utilizarse para la generación de electricidad.

30 2. En los colectores cilindro-parabólicos (2D), la radiación solar directa es reflejada por espejos cilindro-parabólicos que la concentran en un tubo receptor o absorbedor por el que circula un fluido que se calienta como consecuencia de la radiación solar concentrada que incide sobre él a temperaturas máximas de 400°C. De este modo, la radiación solar es convertida en energía térmica que se utiliza posteriormente para generar electricidad mediante un ciclo Rankine de agua/vapor.

35 Una variación de esta tecnología son los sistemas lineales de concentración fresnel, en los que el espejo parabólico se sustituye por una discretización fresnel con espejos de menores dimensiones que pueden ser ya planos o disponer de una leve curvatura en su eje axial, y que mediante el control de su orientación axial permiten concentrar radiación solar sobre el tubo absorbedor, que en este tipo de aplicaciones suele permanecer fijo.

40 3. Los sistemas de discos parabólicos Stirling (3D) utilizan una superficie de espejos montados sobre una parábola de revolución que reflejan y concentran los rayos del Sol en un foco puntual, donde se sitúa el receptor en el que se calienta el fluido de trabajo de un motor Stirling que, a su vez, acciona un pequeño generador eléctrico.

45 En los sistemas de receptor central la tecnología agua-vapor es actualmente la más convencional. El vapor es producido y sobrecalentado en el receptor solar a temperaturas de unos 500°C y 10 MPA (100 bar) y enviado directamente a la turbina. Para reducir el impacto de los transitorios (paso de nubes etc.) se utiliza un sistema de almacenamiento (sales fundidas o una termoclina aceite/rocas). Este concepto fue el primero en ser probado por permitir la transposición de las técnicas habituales de las centrales térmicas y permitir el acceso directo del vapor que sale del receptor solar a la turbina.

50 El uso de vapor sobrecalentado puede permitir la implementación de ciclos termodinámicos de mayor eficiencia en las plantas.

55 DE10248068A1 revela un sistema que incluye un receptor central (14) y al menos un heliostato (18) para concentrar a radiación solar (22) en el receptor central a través del cual el receptor central está dispuesto sobre el heliostato y tiene evaporación (26) y medios de sobrecalentadores con superficies de radiación absorbente (36, 38). La radiación solar es concentrada por el heliostato sobre superficies expuestas a radiación.

DE3003962 revela una planta de concentración solar comprendiendo un primer receptor solar y un segundo receptor solar situado físicamente de manera independiente en donde parte de los medios de concentración lumínica están

dirigidos al primer receptor solar y la otra parte de los medios de la concentración lumínica están dirigidos al segundo receptor solar.

5 La dificultad de la tecnológica solar para la producción de vapor sobrecalentado radica en las exigentes condiciones de temperatura a las que se hace trabajar el receptor. Las paredes de sus tubos se someten a ciclos térmicos de forma continuada entre la temperatura ambiente, la temperatura del vapor con que se alimenta este receptor, (250 a 310°C), y la temperatura necesaria en pared para la generación de vapor sobrecalentado a 540°C próxima a 600°C. A diferencia de los receptores generadores de vapor saturado que trabajan a una temperatura casi común para todas sus partes (330°C), los receptores de vapor sobrecalentado incrementan la temperatura de sus tubos conforme mayor es la proximidad a la zona de salida de vapor.

10 Las dificultades encontradas en las experiencias de los años 80, en los receptores de vapor sobrecalentado se centraron principalmente en dos aspectos:

- 15 • Falta de controlabilidad del sistema especialmente ante transitorios, paso de nubes etc. debido principalmente a las malas propiedades térmicas del vapor sobrecalentado. En ambos receptores el fallo estructural más frecuente fue la aparición de grietas. La tensión térmica debida a las grandes diferencias de temperatura provocó la aparición de grietas en la soldadura intersticial entre subpaneles. Esta situación se daba fundamentalmente en las paradas, cuando el agua en un subpanel, a la temperatura de saturación, fluía hacia la parte superior, donde la temperatura era todavía la del vapor sobrecalentado, mientras que en el subpanel adyacente no se daba este fenómeno.
- 20 • Problema de trabajar a altas presiones, lo cual exige espesores de pared de tubo mayores, que a la hora de transferir altas densidades de potencia, al fluido caloportador, implica necesariamente altos gradientes térmicos.

25 La invención que a continuación se plantea, trata pues de aglutinar las ventajas de la utilización de vapor a alta temperatura, solventando los riesgos existentes, consiguiendo un mayor control de la planta y favoreciendo de esta manera la estabilidad y durabilidad de ésta.

30 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a una planta y procedimiento que utiliza como fluido caloportador agua/vapor para la obtención de vapor sobrecalentado en cualquier ciclo termodinámico o sistema de aprovechamiento de calor de proceso, que comprende un subsistema evaporador dónde se produce vapor saturado en las condiciones de presión del sistema y un subsistema sobrecalentador a partir del cual el vapor alcanza las condiciones de presión y temperatura requeridas a la entrada de la turbina. En relación a otras propuestas anteriores que ubicaban los módulos del subsistema sobrecalentador físicamente muy próximos (cuando no superpuestos) a los módulos del subsistema evaporador, el desarrollo estratégico que se propone ahora se basa en separar de forma físicamente independiente evaporador y sobrecalentador.

45 El hecho de separar la etapa de evaporación de la de sobrecalentamiento reduce el riesgo tecnológico ya que al no existir cambio de fase en el mismo receptor, tampoco existen los problemas de altos gradientes térmicos derivados de los diferentes coeficientes de película de ambas fases. Además de separar de manera físicamente independiente evaporador y sobrecalentador mediante la incursión de un calderín intermedio, incluye el hecho de llevar a cabo un control de estrategias de apunte del campo de heliostatos independiente para ambos subsistemas receptores, subsistema evaporador y subsistema sobrecalentador. Esta estrategia de control consiste en un control dinámico adaptativo del campo de heliostatos, con el fin de que tras su aporte de energía se consigan mantener estables las condiciones de presión y temperatura óptimas para la entrada en la turbina. Para ello el campo de heliostatos se apunta a uno u otro receptor (evaporador o sobrecalentador) dependiendo de las necesidades existentes. Entendiendo con esto, la posibilidad de realizar un apunte individual o por grupos de heliostatos ya sea al receptor evaporador o al receptor sobrecalentado de manera que controlen conjuntamente tanto la presión del calderín como la temperatura de salida del sobrecalentador. De esta manera parte del campo de heliostatos se enfocará al evaporador y otra parte al sobrecalentador, consiguiendo así un mayor control de la planta y una mayor estabilidad en ésta.

55 En la tecnología de receptor central, el receptor se sitúa en lo alto de la torre , y los heliostatos concentran la energía solar sobre éste. En el receptor se produce el intercambio energético transfiriéndose la energía fotónica del haz de luz concentrado proveniente del campo de heliostatos a un fluido caloportador aumentando su entalpía. Hay muchas maneras diferentes de clasificar los receptores. Si clasificamos los receptores de acuerdo a su geometría, podemos definir los receptores de tipo "Cavidad" como aquellos que se sitúan en lo alto de la torre dentro de un "hueco o

cavidad”, de esta manera se minimizan las pérdidas térmicas por radiación y convección. Los receptores pueden estar constituidos de diferentes maneras, siendo los de paneles de tubos los más comunes para la generación directa de vapor en sistemas de receptor central.

5 Este receptor se diseña de acuerdo a una configuración geométrica determinada definida generalmente por una serie de subpaneles constituidos por el propio haz de tubos que forman el evaporador o el sobrecalentador.

Las plantas solares descritas en la presente invención que estén compuestas por un sistema de concentración solar tridimensional con una torre central que incluya:

- 10
- a) Un subsistema receptor de evaporación con un evaporador para la evaporación de agua.
  - b) Un subsistema receptor de sobrecalentamiento con varios sobrecalentadores (primario y secundario o final) para el sobrecalentamiento del vapor producido, situados en la misma o en distintas cavidades y situados físicamente de forma independiente respecto a los evaporadores.
  - 15 c) Un calderín a modo de conexión entre los dos subsistemas de evaporación y de sobrecalentamiento.
  - d) Un control de estrategias de apunte del campo de helióstatos hacia los receptores evaporadores y receptores sobrecalentadores.

20 Pueden incluir entre el sobrecalentador primario y el sobrecalentador secundario o final una serie de atemperadores, o un sistema de atemperación, consiguiéndose así un control mas preciso de las condiciones de vapor sobrecalentado en presión y temperatura a la salida del receptor sobrecalentador.

25 Para complementar la descripción que antecede y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se va a realizar una descripción detallada de una realización preferida, en base a un juego de dibujos que se acompañan a esta memoria descriptiva y en donde con carácter meramente orientativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

- 30 La Figura 1 muestra un esquema de una torre de dos cavidades, la primera cavidad con un evaporador y en la segunda cavidad con un sobrecalentador.
- La Figura 2 muestra un esquema de una torre con dos cavidades, la primera cavidad con un evaporador y en la segunda cavidad con dos sobrecalentadores.
- La Figura 3 muestra un esquema de una torre con una cavidad con un evaporador y un sobrecalentador.
- La Figura 4 muestra un esquema de una torre con una cavidad con un evaporador y dos o más sobrecalentadores.
- 35 La figura 5, muestra un esquema del sistema de atemperación para controlar la temperatura de vapor a la salida del sobrecalentador final.

En esta figura, las referencias numéricas corresponden a las siguientes partes y elementos:

- 40
- 1.- Helióstatos.
  - 2.- Torre Central.
  - 3.- Cavidad.
  - 4.- Evaporador.
  - 5.- Calderín.
  - 45 6.- Sobrecalentador primario.
  - 7.- Sobrecalentador secundario.
  - 8.- Sistema de apoyo fósil
  - 9.- Vapor saturado procedente del calderín.
  - 10.- Sistema de atemperación.
  - 50 11.- Vapor sobrecalentado.

En la aplicación del concepto de planta de la invención se emplea tecnología de torre y receptor central para llevar a cabo un proceso de sobrecalentamiento solar de un vapor que está húmedo o saturado.

55 Como puede verse en la Figura 1, esta planta solar está compuesta por un sistema de concentración solar tridimensional con una torre central (2) que incluye dos cavidades (3) una de ellas con un receptor evaporador (4) para la evaporación de agua y otra con un receptor sobrecalentador (6) para el sobrecalentamiento del vapor producido, y un campo de helióstatos (1).

60 Para cumplir con el objetivo de sobrecalentamiento se propone llevar a cabo una serie de estrategias de apunte de los helióstatos a través de un sistema de control dinámico adaptativo del campo de helióstatos de manera que se

5 puedan mantener constantes las condiciones de presión y temperatura del vapor a la entrada de la turbina dirigiendo parte del campo de helióstatos al evaporador (4) y parte al sobrecalentador (6). Es decir, se propone el uso de radiación concentrada por parte de un tanto por ciento del campo de helióstatos para la fase de evaporación, y la utilización del resto del campo para la concentración de radiación destinada al sobrecalentador (6) de vapor hasta alcanzar temperaturas incluso por encima de 550°C; de manera que los dos subsistemas (evaporador y sobrecalentador) se encuentren de manera separada en el receptor. Para el precalentamiento del agua que va a ser evaporada se incorpora un sistema de apoyo fósil (8).

10 En la Figura 2, se puede observar un detalle de un receptor con dos cavidades en el que el sobrecalentamiento se realiza en dos etapas, mediante un sobrecalentador primario (6) y otro secundario (7) ambos colocados en una segunda cavidad (3). El vapor que proviene del evaporador (4), situado en una primera cavidad (3) en el que el agua alcanza su temperatura de saturación pasando a fase vapor, es sobrecalentado en el sobrecalentador hasta temperaturas del orden de 550 °C. Situado entre ambos elementos (evaporador (4) y sobrecalentadores (6) y (7)) se contará con un calderín (5) cuya finalidad consistirá en separar el agua en fase líquida del vapor de agua que entrará en el sobrecalentador.

15 En las Figuras 3 y 4 se muestra una torre (2) con una sola cavidad en la que se encuentran los dos subsistemas, evaporador y sobrecalentador. La figura 3 es el caso mas simple en el que contiene un solo sobrecalentador (6) y un evaporador (4). En el caso de la Figura 4 se incluyen dos sobrecalentadores, primario (6) y secundario (7), y un evaporador (4).

20 En los casos en los que la torre contiene dos o mas sobrecalentadores (Figuras 2 y 4), el vapor saturado (9) procedente del calderín (5), una vez pasa por el sobrecalentador primario (6), es sometido a un proceso de control de presión y temperatura a través de una sistema de atemperación (10), tal y como puede verse en la Figura 4. A continuación pasa por el sobrecalentador secundario o final (7) obteniéndose así vapor sobrecalentado (11) con unas condiciones de presión y temperatura mas controladas.

25 Esta instalación anteriormente descrita pretende un resultado más eficiente y menos costoso de las actuales tecnologías de concentración solar mejorando claramente la controlabilidad de la planta ante transitorios, la durabilidad y la estabilidad de ésta. El control final de la planta contempla tanto el uso combinado de todas estas estrategias de control como el uso independiente de las mismas según el modo de operación que se trate.

30 Su aplicación esta especialmente indicada en los campos de la producción de electricidad, calor de proceso, y combustibles solares, así como en los procesos térmicos.

## REIVINDICACIONES

1. Planta de concentración solar que utiliza como fluido caloportador agua/vapor, comprendiendo:

- un subsistema de evaporación (4)
- un sistema de sobrecalentamiento situado físicamente de forma independiente del subsistema de evaporación
- un calderín (5) a modo de conexión entre el subsistema de evaporación (4) y el sistema de sobrecalentamiento y
- un control de estrategias de apunte del campo de helióstatos (1) hacia los subsistemas de evaporación y sobrecalentamiento

caracterizado en que el subsistema de sobrecalentamiento comprende al menos un sobrecalentador primario (6) y un sobrecalentador secundario (7) con un sistema intermedio de atemperación (10) entre un sobrecalentador primario (6) y un supercalentador secundario (7) en orden a controlar la temperatura del vapor y la toma del sobrecalentador secundario.

2. Planta de concentración solar según reivindicación 1 caracterizada por encontrarse los dos subsistemas de evaporación (4) y sobrecalentamiento en cavidades (3) diferentes.

3. Planta de concentración solar según reivindicación 1 caracterizada por encontrarse los dos subsistemas de evaporación (4) y sobrecalentamiento en una misma cavidad (3).

4. Planta de concentración solar según reivindicaciones anteriores caracterizada por contener el subsistema de evaporación (4) un evaporador.

5. Procedimiento de obtención de vapor sobrecalentado caracterizado por consistir en sobrecalentar agua/vapor a través de un sistema de concentración solar tridimensional en una torre central (2) que incluye:

- a) Un subsistema receptor de evaporación (4).
- b) Un subsistema receptor de sobrecalentamiento para el sobrecalentamiento del vapor producido, situado físicamente de forma independiente respecto al subsistema evaporador (4) que al menos un sobrecalentador primario (6) y un sobrecalentador secundario (7) con un sistema de atemperación intermedio (10) entre el sobrecalentador primario (6) y el sobrecalentador secundario (7) en orden a controlar la temperatura del vapor y la toma de sobrecalentador secundario (7).
- c) Un calderín (5) a modo de conexión entre los dos subsistemas de evaporación y de sobrecalentamiento.
- d) Un control de estrategias de apunte del campo de heliostatos (1) a uno u otro subsistema (evaporador o sobrecalentador) con un apunte de los heliostatos individual o por grupos, de manera que controlen conjuntamente tanto la presión del calderín (5) como la temperatura de salida del vapor sobrecalentado (11).

6. Procedimiento de obtención de vapor sobrecalentado según reivindicación 5 caracterizada por contener el subsistema de evaporación (4) un evaporador.

7. Uso de vapor sobrecalentado obtenido a partir del procedimiento descrito en la reivindicación 5-6, para la producción de electricidad, calor de proceso, y combustibles solares, así como en los procesos térmicos.

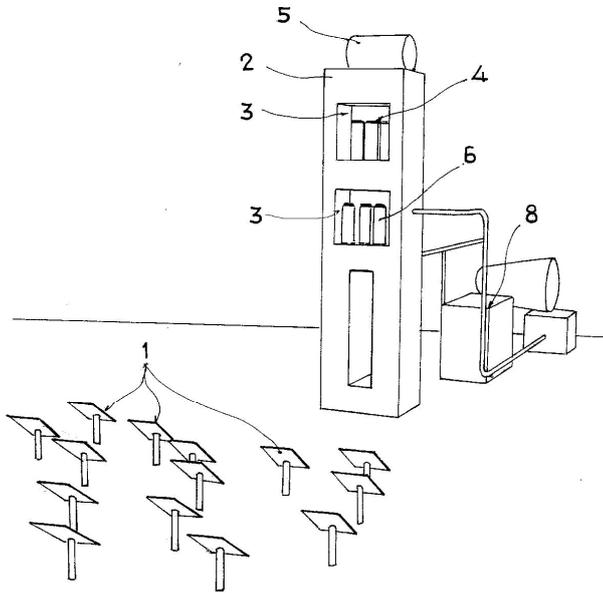


FIG. 1

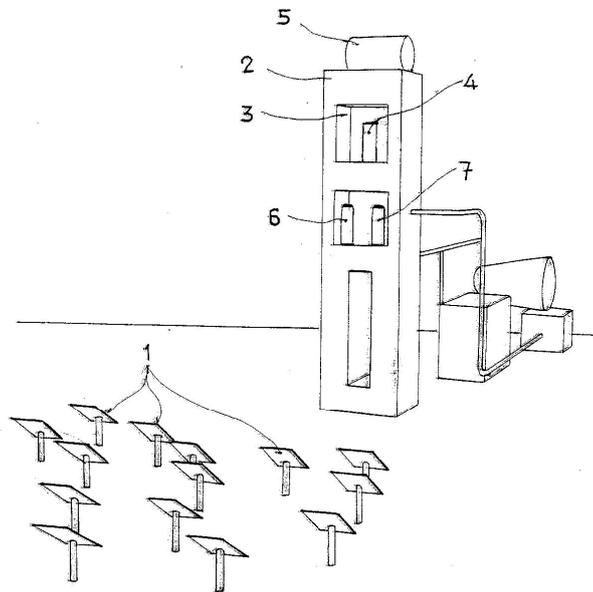
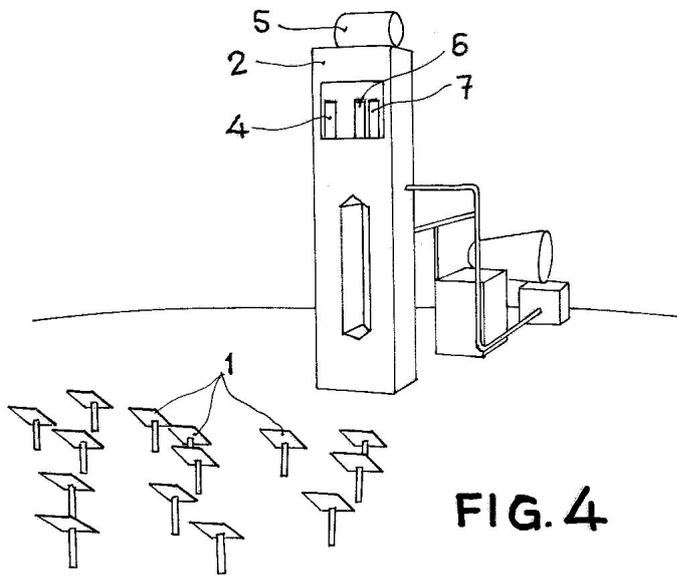
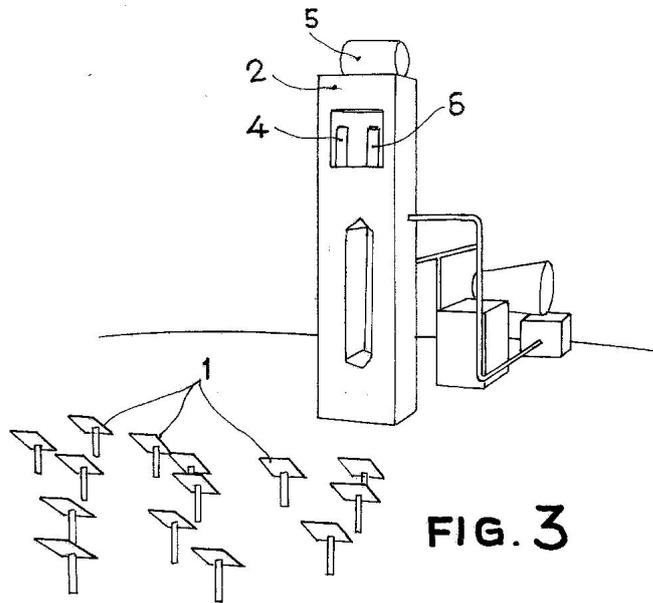
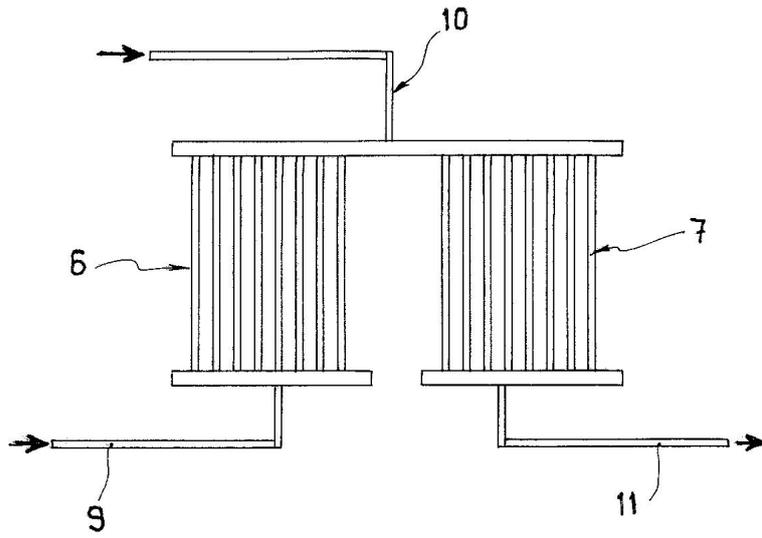


FIG. 2





**FIG. 5**