

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 605**

51 Int. Cl.:

F03G 6/06 (2006.01)
F24J 2/07 (2006.01)
F24J 2/10 (2006.01)
F01K 3/00 (2006.01)
F24J 2/04 (2006.01)
F01K 3/18 (2006.01)
F22B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2010 E 10753153 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2015 EP 2410177**

54 Título: **Planta solar combinada de tecnología de aire y vapor**

30 Prioridad:

20.03.2009 ES 200900764

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

29.10.2015

73 Titular/es:

ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A.
(100.0%)
Avda. de la Buhaira 2
41018 Sevilla, ES

72 Inventor/es:

NAVIO GILABERTE, RAÚL;
SERRANO GALLAR, LUCÍA;
LLORENTE FOLCH, PAULA;
MARTINEZ SANZ, NOELIA;
ALVAREZ DE MIGUEL, SANDRA y
ASENSIO PEREZ-ULLIVARRI, JAVIER

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 549 605 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

SECTOR TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a planta solar combinada de tecnología de aire y vapor con aplicación en los campos de la producción de electricidad, calor de proceso y combustibles solares, así como en los procesos termoquímicos, en la que se pretende combinar las tecnologías de receptor solar de aire y receptor solar de vapor saturado para la producción de vapor sobrecalentado.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La tecnología dentro de la que se encuadra la invención y de la que es objeto esta patente es la de tecnología de plantas de energía solar termoeléctrica de torre, en las que un campo de helióstatos (espejos de grandes dimensiones, 40-125 m² por unidad) dotados de un seguimiento de la posición solar en todo momento (elevación y acimut), orientan los rayos reflejados hacia un foco colocado en la parte superior de una torre.

La energía solar directa es concentrada en un receptor situado en la parte superior de una torre. Estos receptores cuentan con un fluido caloportador que se calienta a partir de la energía solar concentrada.

Posteriormente éste u otro fluido calentado a partir del anterior pasa por una turbina, para la producción de electricidad.

Existe gran variedad de tipos de receptores que cumplen la misión de recoger la energía solar concentrada y transmitirla a un fluido caloportador, pero todos ellos cuentan aún con una serie de inconvenientes.

A continuación vamos a hacer referencia a tres tipos de receptores según el tipo de fluido caloportador empleado: receptores solares de vapor saturado, receptores solares de vapor sobrecalentado y receptores solares de aire.

Los receptores solares de vapor saturado generalmente tubulares calientan el agua que se hace pasar por el receptor produciéndose en ellos el cambio de fase y obteniendo vapor a determinada temperatura. Estos receptores sin embargo alcanzan como máximo temperaturas de vapor de 330 °C; para las cuales el rendimiento de la turbina puede considerarse bajo.

Como solución a esto, se planteó la utilización de receptores solares de vapor sobrecalentado cuyo uso permite la implementación de ciclos termodinámicos de mayor eficiencia en las plantas. Sin embargo, estos receptores cuentan con una

gran dificultad tecnológica debido a las exigentes condiciones de temperatura a las que se hace trabajar el receptor.

Las paredes de los tubos del receptor solar de vapor sobrecalentado 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 la pared para la generación de vapor sobrecalentado a 540°C, próxima a 600°C, esto unido a la falta de controlabilidad del sistema especialmente ante transitorios, (paso de nubes etc.) y a las malas propiedades térmicas del vapor sobrecalentado, hace que los materiales del receptor estén expuestos a importantes tensiones, sufriendo una mayor tensión y fatiga y provocando la aparición de grietas debido a las grandes diferencias de temperatura en las distintas partes del receptor.

Por otra parte existe el problema de trabajar a altas presiones, lo que exige espesores de pared de tubo mayores, que a la hora de transferir altas densidades de potencia al fluido caloportador implican necesariamente altos gradientes térmicos.

Por tanto las dificultades que se encuentran actualmente en los sistemas de vapor sobrecalentado están principalmente ligadas a la resistencia de los materiales debido a las condiciones de aporte solar.

Otro tipo de receptores que encontramos son los receptores de aire con o sin presurización.

Estos receptores son generalmente receptores volumétricos que están específicamente concebidos para optimizar el intercambio de calor con aire como fluido térmico, siendo el absorbedor iluminado que constituye el receptor, una matriz o medio poroso (malla metálica o monolito cerámico), a través del cual fluye el gas de refrigeración.

Estos receptores consiguen trabajar entre 700°C y 850°C de temperatura de salida para absorbedores metálicos y más de 1.000°C con absorbedores cerámicos pero con eficiencias térmicas inferiores a las de los receptores tubulares (70-80%).

Los receptores de aire presurizados utilizan aire calentado por la radiación solar e inyectado a continuación en una turbina de gas a una determinada presión.

En estos receptores nos encontramos de nuevo con la condición de trabajar a presiones muy altas, con las dificultades de control que esto supone en una planta de energía solar, en la que no se cuenta además con un aporte de calor constan-

te.

EP1519108 divulga un proceso para realizar vapor sobrecalentado comprendiendo un sobrecalentador para sobrecalentar vapor generado en un vaporizador separado. Preferentemente las unidades son independientes y en sistemas separados y la energía solar es usada. EP1519108 divulga un nivel de producción de vapor para una central de energía y una central de energía, especialmente una central de energía solar que tiene turbinas de vapor.

ES2222823 divulga un receptor solar que tiene un campo de heliostatos dirigiendo la radiación solar sobre un receptor montado en una torre y provisto con un campo absorbente, con un gran número de elementos absorbentes alrededor del exterior del campo absorbente, con un número de módulos absorbentes. El aire fluye alrededor de cada uno de los elementos absorbentes del campo absorbente perpendicular a su cara frontal, la pared frontal del borde absorbente limitados por un canal de flujo de fluidos.

Es importante considerar además que en un receptor solar, la distribución del flujo incidente, incluso en estado cuasi-estacionario, no es uniforme sobre la superficie del receptor. Además, el flujo incidente presenta discontinuidades debido a la variación del paso de nubes, denominadas transitorios. Estos dos factores nos proporcionan una idea más real de las tensiones térmico-estructurales a las que ha de someterse un receptor solar.

Hasta ahora los receptores anteriormente descritos han sido considerados de manera independiente en plantas solares de producción eléctrica o constituyendo un único receptor. La combinación de ambos receptores ubicados de manera independiente en torres albergados en una o varias cavidades supondría una enorme ventaja de cara a solucionar los distintos problemas técnicos anteriormente planteados.

La invención que a continuación se presenta trata de aglutinar las ventajas de la utilización de vapor sobrecalentado en plantas de energía solar, solventando los riesgos actualmente existentes, consiguiendo un mayor control de la planta y favoreciendo de esta manera la estabilidad y durabilidad de dicha patente.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Esta invención se propone como alternativa a las tecnologías existentes que usan un único receptor para la generación de vapor sobrecalentado mediante el aporte de energía solar.

Se incluyen mejoras a las tecnologías actuales gracias a que el objetivo principal (obtener vapor sobrecalentado a determinadas condiciones para alimentar una turbina), es alcanzado realizando un proceso por etapas que tienen lugar en componentes solares independientes físicamente, razón por la cual pueden aprovecharse las ventajas tecnológicas proporcionadas por cada uno de ellos. La implementación de un sistema como el aquí descrito, permitirá obtener una mayor eficiencia en el proceso global de producción de energía eléctrica.

La invención, tal y como se define en la reivindicación independiente 1, consiste en la producción de vapor sobrecalentado de alta eficiencia mediante la combinación de tres componentes básicos: receptor solar de aire no presurizado, receptor solar de vapor saturado y un intercambiador de calor. El sistema cuenta también con un calderín donde se produce la separación de fases de la mezcla agua-vapor proveniente del receptor de vapor saturado.

En este sistema combinado de receptor de aire y vapor saturado, ambos receptores se encuentran separados físicamente, así cada receptor puede ubicarse en una sola cavidad o en cavidades distintas de la torre, lo que puede dar lugar al establecimiento de estrategias independientes de apuntar el campo de helióstatos. La estrategia de apunte de los helióstatos consiste en un control dinámico adaptativo del campo según los requerimientos de densidad de flujo de calor de cada receptor, manteniendo así estables las condiciones de temperatura de entrada de los fluidos al intercambiador. De esta manera, parte del campo de helióstatos se enfoca al receptor de vapor saturado y otra parte al receptor de aire, permitiendo ejercer un mayor control de la planta y favoreciendo la estabilidad de operación de la misma.

En el sistema propuesto, el sobrecalentamiento del vapor saturado (proveniente del calderín) tiene lugar en un intercambiador de calor, que no está expuesto al aporte solar concentrado, y en el que el fluido de transferencia es el aire no presurizado a alta temperatura proveniente de un receptor solar a presión atmosférica. De esta forma, la elevación de la temperatura del vapor se obtiene como resultado de la transferencia de energía entre los fluidos provenientes de los dos receptores en el intercambiador.

Lo anterior, supone una enorme ventaja para el sistema propuesto frente a los receptores de vapor sobrecalentado, puesto que ahora en el intercambiador, se puede contar con condiciones de entrada y de salida fácilmente controlables, con lo que puede estabilizarse la etapa de sobrecalentamiento.

De igual forma, al realizar el sobrecalentamiento del vapor de los receptores en un intercambiador separado que no está expuesto al aporte solar concentrado, se logra reducir la inestabilidad que supone hacerlo en un receptor de vapor sobrecalentado. Con ello, se evitan los problemas causados por las exigentes condiciones de temperatura a las que se somete el receptor, y que generan problemas de resistencia de materiales (altas presiones, condiciones extremas de fatiga mecánica y térmica) causantes de la aparición de grietas en su estructura.

Existe la posibilidad de que el aire que sale del intercambiador a una temperatura por encima de 80°C se utilice en el precalentamiento del agua recirculada al calderín y que se distribuirá posteriormente al receptor de vapor saturado.

Otra de las ventajas del sistema propuesto es el hecho de trabajar con receptores de aire no presurizados que cuentan con una gran simplicidad de operación y permite evitar los problemas generados por el uso de aire a presión en condiciones de radiación solar incidente no estables. Por otro lado, el aporte de vapor se realiza mediante receptores solares de vapor saturado, tecnología que no presenta riesgos tecnológicos.

La separación de las fases de evaporación y de sobrecalentamiento permite además tener un mayor margen de maniobra a la hora de implementar sistemas de almacenamiento térmico en el circuito, bien utilizando vapor saturado o vapor sobrecalentado, garantizándose así la operación de la planta en aquellos momentos del día en los que se presenten transitorios (nubes, etc.) o no se cuente con aporte solar.

Por lo tanto, la utilización combinada de estos dos tipos de receptores (receptor de aire no presurizado y receptor de vapor saturado) en una planta solar de producción de vapor sobrecalentado a partir de un intercambiador de calor, supone una enorme ventaja de cara a mejorar la eficiencia del sistema global, la estabilidad de las diferentes etapas del proceso y la durabilidad de los componentes en la planta solar.

En resumen, las mejoras y ventajas que presenta esta invención frente a las tecnologías existentes de receptores solares de torre central son:

- Uso combinado de tecnología de receptor de vapor saturado y receptor de aire, para obtener los fluidos a condiciones óptimas que permitan el sobrecalentamiento del vapor en un intercambiador de calor independiente, que facilita el control de la planta solar y favorece su operación normal continuada y su estabilidad. Estos

componentes están separados físicamente para obtener una mayor eficiencia en las diferentes etapas del proceso y permitir un mayor control del mismo.

▪ El sobrecalentamiento se hace en un intercambiador independiente de los receptores solares, con lo que se atenúan las dificultades acarreadas por los receptores solares de vapor sobrecalentado, haciendo que el proceso se realice de manera más eficiente y controlada.

▪ Gracias a la independencia física de ambos receptores, éstos pueden ubicarse en la misma cavidad (sin constituir un único receptor) o en cavidades diferentes de la torre, pudiéndose en este caso llevar a cabo una estrategia de apunte determinada del campo según los requerimientos de cada receptor.

▪ El proceso permite plantear la posibilidad de desarrollar e implementar sistemas de almacenamiento térmico con un mayor margen de maniobra bien utilizando vapor saturado o vapor sobrecalentado.

▪ Disminución de las tensiones térmicas a las que se someten los materiales de los receptores al utilizar un intercambiador externo para el sobrecalentamiento, favoreciendo la durabilidad de la planta.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente (de acuerdo con una realización preferente de la misma):

Figura 1. Planta solar de tecnología central de torre de una cavidad, con combinación de receptor de vapor saturado y receptor de aire, donde las referencias corresponden a los siguientes componentes:

1. Campo de helióstatos: conjunto de espejos de grandes dimensiones (40-120 m²) que concentran la radiación solar directa en lo alto del receptor.
2. Torre de una cavidad.
3. Cavidad, cuya finalidad es la de albergar los receptores de distintas tecnologías
4. Receptor de aire no presurizado: en dicho receptor se eleva la temperatura del aire mediante la aportación de energía solar.
5. Receptor de vapor saturado: receptor sobre el que se concentra la energía solar con el fin de producir vapor saturado.

6. Calderín
 7. Intercambiador de calor: dispositivo para el intercambio térmico entre el aporte de aire caliente y el vapor sobrecalentado.
 8. Turbina
 - 5 9. Condensador
 - 10 10. Bomba
 11. Corriente de alimentación de agua al calderín que posteriormente es enviada al receptor de vapor saturado
 12. Vapor saturado obtenido en el receptor de vapor saturado
 - 10 13. Aire caliente proveniente del receptor de aire no presurizado
 14. Aire a menor temperatura recirculado al receptor de aire no presurizado
 15. Agua recuperada y condensada de la turbina recirculada al calderín, para su posterior derivación al receptor de vapor saturado
- Figura 2. Planta solar de tecnología central de torre de dos cavidades, con combinación de receptor de vapor saturado y receptor de aire, donde las referencias que difieren de la figura 1 representan:
- 2'. Torre de dos cavidades
 - 3', 3''. Cavidades
 - 14'. Aire a menor temperatura saliente del intercambiador
- 20 Figura 3. Planta solar de tecnología central de torre de dos cavidades, con combinación de receptor de vapor saturado y receptor de aire, con sistemas de almacenamiento térmico, donde las nuevas referencias representan:
16. Sistema de almacenamiento térmico para vapor saturado
 17. Sistema de almacenamiento térmico para vapor sobrecalentado
- 25 Figura 4. Planta solar de tecnología central de torre de dos cavidades, con combinación de receptor de vapor saturado y receptor de aire con economizador, donde los nuevos componentes se corresponden con las referencias:
- 14''. Aire a menor temperatura saliente del intercambiador para precalentamiento del agua
 - 30 18. Economizador
 19. Aire a baja temperatura
 20. Agua precalentada para alimentación del calderín

Realización preferente de la invención

La planta solar termoeléctrica objeto de nuestra invención está constituida

por una torre de altura óptima (2, 2') y un campo de helióstatos (1) (espejos de grandes dimensiones 40-120 m²) junto con los auxiliares necesarios para el funcionamiento de esta.

5 La torre cuenta con dos cavidades situadas en lo alto de la torre (3', 3''), una destinada a albergar un receptor solar de vapor saturado (5) y otra destinada a un receptor solar de aire no presurizado(4).

10 Para que el aporte de energía solar a los dos receptores se produzca de la manera más eficiente se propone llevar acabo una serie de estrategias de apunte de los helióstatos de manera que parte del campo de helióstatos al receptor solar de vapor saturado y parte al receptor de vapor sobrecalentado, 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 receptor de aire no presurizado.

15 El agua de alimentación (11) entra fría en el calderín (6) y desde allí se hace circular hacia el receptor solar de vapor saturado (5) donde parte del agua líquida se convierte en vapor. La mezcla agua-vapor, asciende otra vez al calderín (6) donde tiene lugar la separación de fases. El vapor saturado (12) abandona el calderín a una temperatura entre los 260-350°C, dicha temperatura vendrá dada por la presión del sistema de vapor,

20 El aire (13) proveniente del receptor solar no presurizado (4) instalado en la primera cavidad de la torre (3') y calentado por la concentración de la radiación solar, es introducido en un intercambiador de calor (7). En éste, se produce el intercambio térmico entre el aire a alta temperatura (13) y el vapor saturado (12) proveniente del calderín (6) del receptor solar de vapor saturado instalado en una segunda cavidad (3'') de la torre. La temperatura del vapor sobrecalentado será la requerida por la turbina de vapor (8), normalmente 540 °C. Por lo tanto, el diseño del receptor de aire tendrá un área y un enfoque de un número de helióstatos proporcional a la potencia requerida por la turbina (8).

30 El intercambiador de calor (7) se encuentra situado a pie de torre (2') para facilitar su mantenimiento y disminuir los costes asociados a su instalación.

Tras el intercambiador de aire-vapor, se cuenta con una salida de vapor sobrecalentado a turbina y una salida de aire todavía a alta temperatura (14, 14', 14'') que puede emplearse como economizador (18) o sistema de precalentamiento del agua proveniente de la turbina (15) ,como sistema de aire caliente de entrada al

receptor de aire o en el caso de plantas de gran potencia como recalentador del vapor a la salida de una turbina de alta presión que posteriormente alimentará una turbina de media presión.

5 Nuestra planta solar termoeléctrica puede contar además con un sistema de almacenamiento (16) o bien en vapor o en sales fundidas, lo que nos permite almacenar el vapor generado en el receptor solar con el fin de utilizarlo durante la noche en el caso de no existir aporte solar o durante transitorios.

REIVINDICACIONES

1.- Planta solar combinada de tecnología de aire y vapor, en la que el fluido
5 caloportador es agua/vapor y aire, comprendiendo:

a) un campo de heliostatos;

10 b) un receptor de vapor saturado (5) como método de evaporización;

c) un receptor solar (4) de aire no presurizado;

d) Sistema de sobrecalentamiento comprendiendo un intercambiador de ca-
lor aire-vapor
15 (7);

e) un calderín conectando el método de evaporación y el método sobrecal-
entador:

20 f) Sistema de control dinámico y adaptativo del campo de heliostatos (1)
conforme la densidad de flujo de calor de cada receptor (4,5), de este modo mante-
niendo estable las condiciones de temperatura de la entrada de fluidos al intercam-
biador de calor aire-vapor (7);

25 f 1) centrando parte de control de un campo de heliostatos (1) en el receptor
de vapor saturado (5);

f 2) centrando otra parte del campo de heliostatos (1);

30 g) El sistema de sobrecalentamiento está fuera del alcance de la entrada de
energía solar concentrada en el campo de heliostatos (1).

2.- Planta solar combinada de tecnología de aire y vapor según reivindica-
ción 1, en la que el receptor de vapor saturado (5) es tubular.

3.- Planta solar combinada de tecnología de aire y vapor según reivindicación 1, en la que el receptor de aire no presurizado (4) y el receptor de vapor saturado (5) están en la misma cavidad.

5

4.- Planta solar combinada de tecnología de aire y vapor según reivindicación 1, donde un receptor de aire no presurizado (4) y el receptor de vapor saturado (5) están localizados en distintas cavidades.

10

5.- Planta solar combinada de tecnología de aire y vapor según reivindicación 1 comprendiendo un primer economizador (18) para el intercambio de calor entre el aire que abandona el sistema de calentamiento y el agua alimentando el calderín (6) para precalentar dicha agua.

15

6.- Planta solar combinada de tecnología de aire y vapor según reivindicación 1 comprendiendo un recalentador para el intercambio entre calor y aire en una salida del sistema de recalentamiento y la salida de vapor de un turbina de alta presión para calentar dicho vapor y consecuentemente suministrar dicho vapor a una turbina de presión media.

20

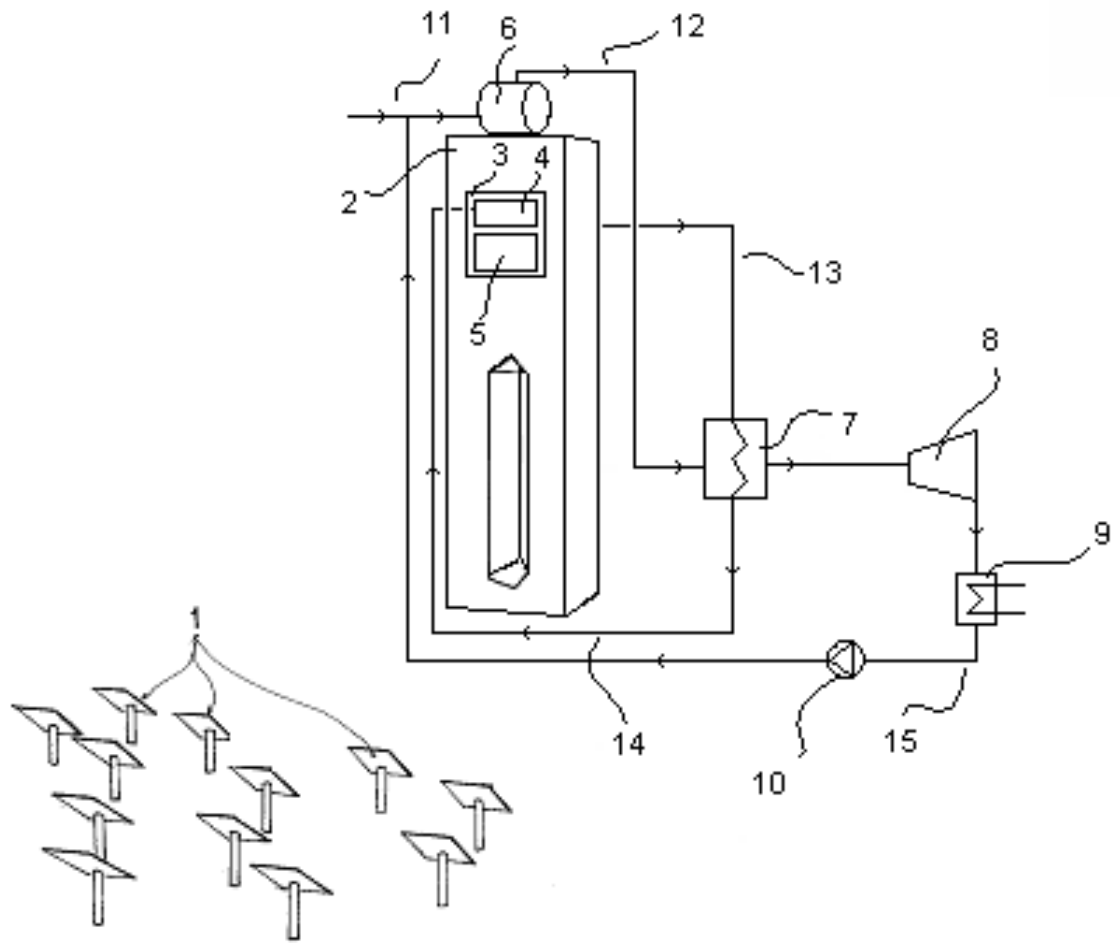


FIGURA 1

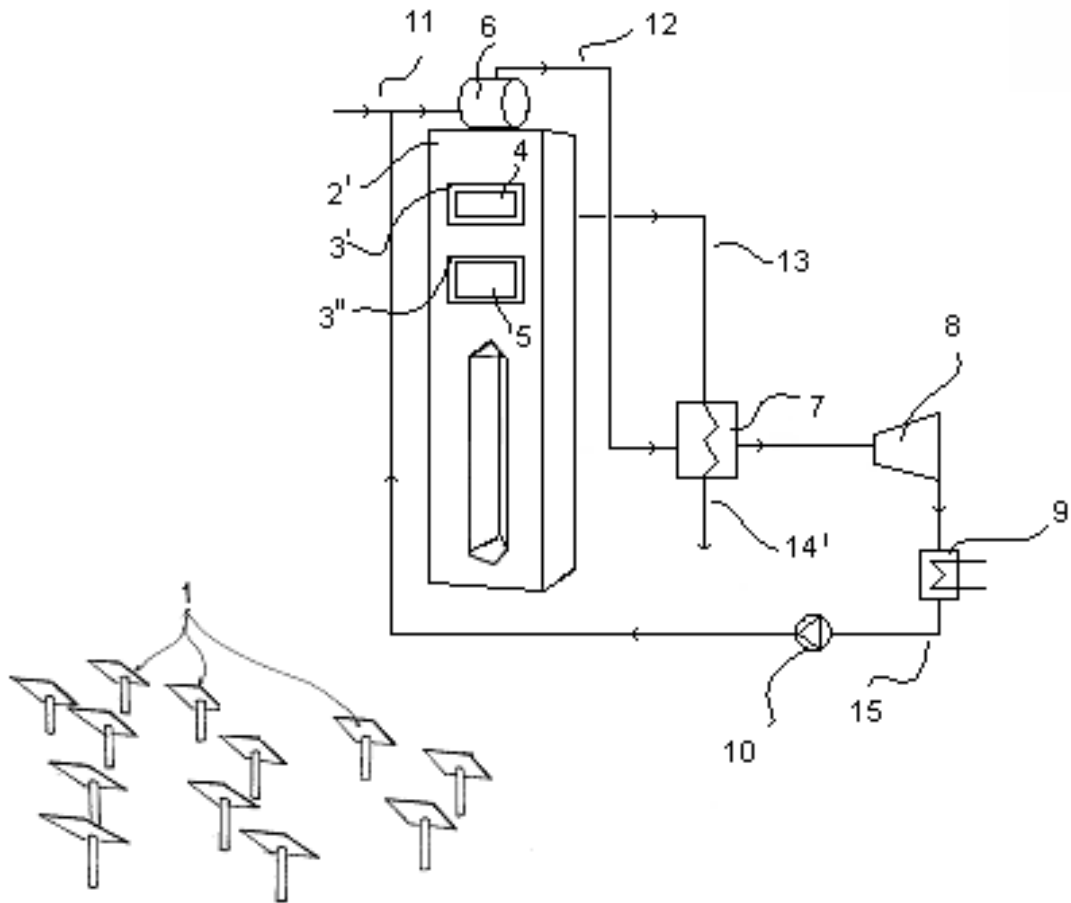


FIGURA 2

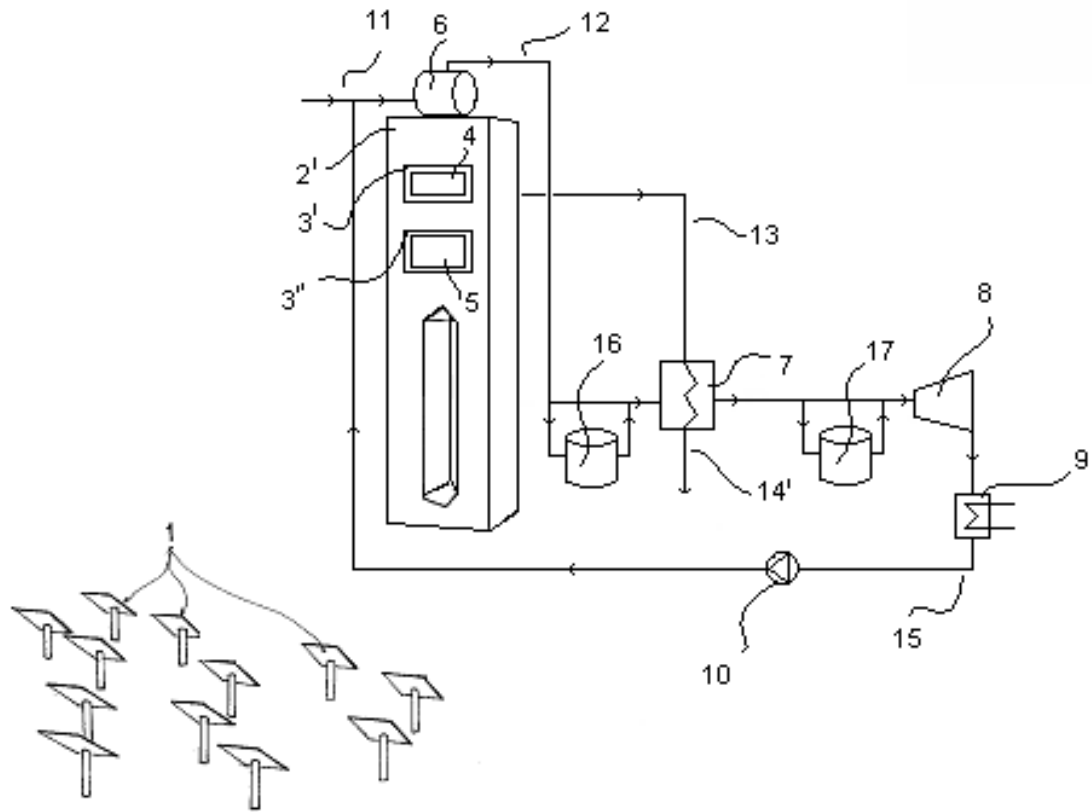


FIGURA 3

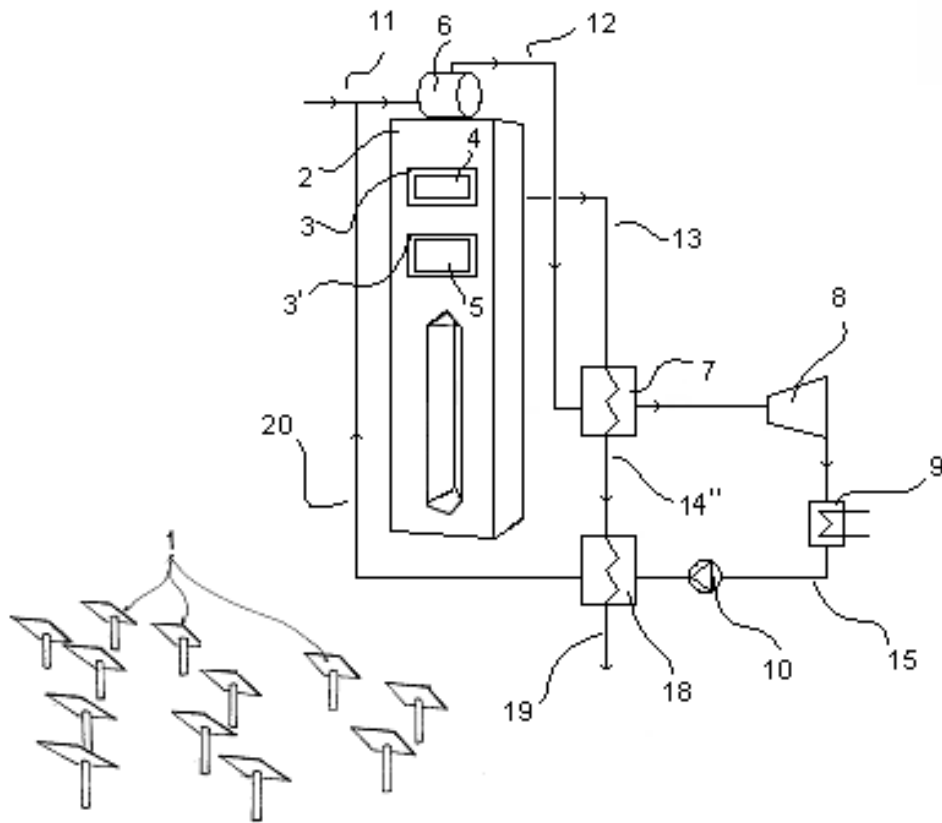


FIGURA 4