

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 991**

51 Int. Cl.:

F24S 40/00 (2008.01)

F24S 20/20 (2008.01)

F24S 60/00 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.01.2015 PCT/EP2015/051387**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.07.2015 WO15110594**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2015 E 15703011 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 3097368**

54 Título: **Planta de energía solar con sistema de conductos**

30 Prioridad:

24.01.2014 EP 14152453

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

13.11.2019

73 Titular/es:

**BASF SE (100.0%)
Carl-Bosch-Strasse 38
67056 Ludwigshafen am Rhein, DE**

72 Inventor/es:

**WORTMANN, JÜRGEN;
LUTZ, MICHAEL;
FEDERSEL, KATHARINA;
SCHIERLE-ARNDT, KERSTIN;
MAURER, STEPHAN y
LADENBERGER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 730 991 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 energía solar con sistema de conductos

5 La presente invención se basa en una planta de energía solar con un sistema de conductos con al menos un conducto receptor, en el cual una sal fundida, como portador de calor, se calienta mediante energía solar irradiada, así como al menos un recipiente de vaciado y/o un depósito para el portador de calor; en donde el portador de calor presenta una presión de vapor inferior a 0,5 bar en la temperatura máxima de servicio.

10 Las plantas de energía solar son por ejemplo plantas solares de concentración lineal, como las plantas solares de Fresnel o las plantas solares de canales parabólicos, o las plantas solares de torre. En las mismas, se utiliza por ejemplo una sal fundida como portador de calor, el cual presenta una presión de vapor inferior a 0,5 bar en la temperatura máxima de servicio.

15 En una planta de energía solar de concentración lineal, todo el sistema de conductos está realizado en general en forma de redes, las cuales tienen la función de captar la energía solar. Para ello, mediante espejos parabólicos o espejos de Fresnel, la energía radiante del sol se concentra en receptores. La combinación de espejo y receptor se denomina convencionalmente colector. Una serie de colectores se conecta entonces en serie con los así denominados bucles solares. Para ello, los receptores están respectivamente conectados con el sistema de conductos, o bien representan una parte del sistema de conductos. A través del sistema de conductos circula el fluido portador de calor, al cual se transfiere la energía radiante captada por los receptores.

20 Los portadores de calor que presentan una presión de vapor inferior a 0,5 bar en la temperatura máxima de servicio, son por ejemplo sales fundidas, por ejemplo la así denominada sal solar, una mezcla de nitrato sódico y nitrato potásico en una relación de 60:40. La misma se utiliza particularmente para alcanzar elevadas temperaturas de servicio y con ello un alto grado de rendimiento en la planta de energía solar.

25 El uso de espejos para la concentración de energía solar está descrito por ejemplo en la solicitud WO 2009/101586 A2 o en la WO 2012/006257 A2. Sin embargo, en ambos procedimientos, la energía solar se utiliza para evaporar agua en un conducto. La desventaja de este sistema es que el vapor no se puede almacenar directamente en grandes cantidades, como se necesita en las plantas de energía solar de concentración lineal. Cuando se utilizan fluidos portadores de calor que poseen una presión de vapor baja, por ejemplo menor a 0,5 bar, el almacenamiento de calor resulta sencillo en términos comparativos. El fluido portador de calor que ha sido calentado rellena un gran recipiente o tanque. En caso necesario, el calor se puede obtener y utilizar vaciando estos recipientes.

30 El uso de un espejo para absorber energía solar a fin de fundir por ejemplo arena, metal o sal se conoce de la solicitud WO 2010/149177 A2. Para mantener las altas temperaturas deseadas en una planta de energía solar, se utilizan fluidos como portadores de calor que en la temperatura máxima de servicio presentan una presión de vapor de menos de 0,5 bar, por ejemplo sales fundidas. Como acumuladores térmicos, se utilizan generalmente tanques muy grandes rellenos de la masa fundida. En este caso es posible, por ejemplo, poner a disposición una combinación de un tanque con una temperatura cercana a la temperatura mínima de servicio y de un tanque con una temperatura con la temperatura máxima de servicio. En la radiación de energía solar el portador de calor se calienta y se trasvasa desde el tanque con menor temperatura hacia el tanque con mayor temperatura. Para utilizar el calor, el calor del portador de calor se disipa desde el tanque con mayor temperatura a un segundo circuito para la evaporación de agua y el portador de calor enfriado se conduce de regreso al tanque con menor temperatura. Como alternativa al uso de un tanque con mayor temperatura y un tanque con menor temperatura, también es posible utilizar un depósito estratificado que también se puede denominar tanque termoclino.

35 Es conocido que en las plantas de energía solar estén dispuestos sistemas de almacenamiento, los cuales pueden comprender una pluralidad de tanques de almacenamiento y en los cuales las fases de gas de estos tanques de almacenamiento estén conectadas entre sí con líneas de desplazamiento de gas. En los sistemas de dos tanques, el gas se desplaza pendularmente entre un tanque caliente y un tanque frío. También se conoce que en este tipo de sistema pendular se puede suministrar nitrógeno desde tanques de nitrógeno líquido o aire, mientras que el aire de escape se conduce al ambiente.

45 Por ejemplo, de la solicitud US 4,044,949 se conoce un sistema de almacenamiento de calor para agua caliente en edificios con conductos que conectan las fases de gas.

50 De la solicitud WO 2013/034587 A1 se conoce una planta de energía solar con un sistema de conductos que contiene una sal fundida como portador de calor.

La desventaja del uso de sales fundidas consiste en que las mismas se pueden solidificar por encima de la temperatura ambiente. La mayoría de las sales fundidas presentan sin embargo altos puntos de fusión. Una mezcla de nitrato sódico y nitrato potásico se funde por ejemplo en el eutéctico, en una relación de mezcla en peso de

45:56, en una temperatura de 218°C. En sistemas de conductos extensos, como los presentes en las plantas de energía solar, resulta difícil hacer funcionar de manera segura sales de fundición con altos puntos de fusión como portador de calor. Un congelamiento de la sal fundida puede causar considerables daños económicos en los sistemas de conductos. La causa de los daños puede ser su gran volumen de masa fundida, o sea una considerable expansión volumétrica durante la fusión. De esta manera se presenta el riesgo de que la grifería y los conductos se abran y se dañen considerablemente.

Un congelamiento de las sales fundidas puede suceder fundamentalmente fuera de los horarios de funcionamiento de la planta de energía solar, o sea fuera de los horarios de la irradiación solar, o por falta de irradiación solar a causa de condiciones meteorológicas adversas. De esta manera se produce una contracción de volumen que en función del sistema de conductos y el estado de funcionamiento puede conducir a distintos estados de solidificación. Es de esperar que la masa fundida solidificada se aglomere en unidades más o menos grandes en zonas profundas del sistema de conductos, mientras que en las zonas superiores del sistema se conforman espacios no rellenos de sal. En la refundición, a causa de una eventual gran distancia espacial entre los sitios de fundición con expansión de volumen y los espacios no rellenos de sal, puede suceder que la compensación de volumen resulte insuficiente como para eliminar las presiones que se presenten, lo cual puede conducir a daños en el sistema de conductos por la expansión de volumen durante la fundición.

Actualmente, para evitar el congelamiento de las sales fundidas en el sistema de conductos, en tiempos de inactividad prolongados, el sistema de conductos se vacía.

También se debe evitar el congelamiento de la sal fundida en el sistema de conductos cuando se presentan perturbaciones en la instalación, como por ejemplo en el caso de fallos eléctricos. También en estos casos los dispositivos de vaciado deben funcionar apropiadamente, es decir, con alta disponibilidad y conforme a lo previsto.

En la actualidad, para vaciar la red de conductos se utilizan conductos de vaciado dispuestos de manera descendente y un recipiente de vaciado ubicado en un nivel inferior. La energía para vaciar la red de conductos se obtiene por lo general de la energía potencial de la sal fundida líquida. El vaciado se puede reforzar complementariamente también por una presión de gas impulsora. La presión de gas que empuja se puede aplicar por ejemplo en el punto más alto de la red de conductos.

Alternativamente a una óptima tecnología de vaciado, también es posible utilizar mezclas de sales que presenten un punto de fusión más bajo que la así denominada sal solar. De esta manera se reduce el riesgo de que el sistema de conductos se congele y probablemente se dañe. Sin embargo, las sales y las mezclas de sales disponibles con un punto de fusión bajo, tienen la desventaja de que su estabilidad térmica es menor y de que las mismas además pueden contener componentes sin buena disponibilidad o toxicológicamente significativos. Una reducción del punto de fusión se consigue por ejemplo mediante la adición de sales de nitrito. Las mismas tienen en efecto la propiedad de que en altas temperaturas de servicio de unidades de transferencia de calor y oxígeno presente, los iones de nitrito se pueden oxidar a iones de nitrato, con lo cual el punto de fusión del portador de calor se eleva considerablemente. Para evitar esto, por lo general se imposibilita la entrada de oxígeno aislando de manera estrictamente hermética al circuito de transferencia de calor del gas ambiente. Los sistemas aislados necesitan por supuesto igualmente entradas y salidas a través de las cuales se puedan introducir sustancias al sistema o bien extraerlas del mismo. Dichas entradas y salidas deben ser controladas; en donde el control comprende por ejemplo la exclusión de oxígeno o la separación de sustancias contaminantes del aire, por ejemplo, óxido de nitrógeno.

Además, en el caso de mezclas de nitrito y nitrato, en el límite de su estabilidad térmica o ante el contacto con impurezas, como por ejemplo sustancias que contienen iones metálicos altamente cargados, o con sustancias orgánicas, existe el peligro de que se formen óxidos de nitrógeno y de que en sistemas abiertos se expulsen al ambiente. Ambos problemas se pueden controlar haciendo funcionar el circuito de transferencia de calor aislado de los gases del ambiente. Este tipo de circuito de transferencia de calor cerrado es sencillo de realizar por ejemplo en una planta química, ya que todos los componentes de la planta se disponen yuxtapuestos uno con otro. Sin embargo, este no es el caso en las redes de conductos de grandes plantas de energía solar que presentan amplias extensiones y que en general pueden alcanzar longitudes totales de conductos de más de 100 km. En el caso de un vaciamiento, en los sitios más elevados del sistema de conductos, se deben abrir sistemas de ventilación, eventualmente muy alejados unos de otros. A causa de los sitios de ventilación muy alejados entre sí, se realiza generalmente una ventilación con aire ambiente. Esto presenta sin embargo nuevamente la desventaja de que a través del aire ambiente se introducen en el sistema oxígeno, agua o dióxido de carbono en cantidades que no pueden ser controladas, los cuales pueden reaccionar con componentes del fluido portador de calor. Por ejemplo, los iones de nitrito pueden reaccionar con oxígeno formando iones de nitrato. El dióxido de carbono puede formar carbonatos, los cuales pueden transformarse también en sustancias sólidas, y el agua con nitratos y nitritos en altas temperatura puede formar hidróxidos.

El objeto de la presente invención consiste en poner a disposición una planta de energía solar con un sistema de conductos que por un lado permita un funcionamiento seguro de la planta de energía y en la cual por otro lado se evite una transformación química inadmisibles del portador de calor que se utilice.

5 Dicho objeto se resuelve mediante una planta de energía solar con un sistema de conductos, que contiene sal fundida como portador de calor, el cual presenta una presión de vapor inferior a 0,5 bar en la temperatura máxima de servicio; en donde además el sistema de conductos comprende al menos un conducto receptor, en el cual la sal fundida se calienta mediante energía solar irradiada, o un receptor central, así como al menos un recipiente de vaciado y/o un depósito para el portador de calor; en donde el sistema de conductos comprende además un sistema
10 pendular de gas, el cual interconecta espacios de gas de los recipientes incorporados en la planta de energía solar y que presenta un depósito de gas central o una conexión de gas central y una salida de gas de escape central, a través de la cual el gas se puede expulsar al ambiente.

Mediante el depósito de gas central o la conexión de gas central es posible operar el sistema pendular de gas con un gas que proteja el portador de calor utilizado o que no lo pueda transformar o bien sólo de manera controlada. De esta manera se evita que el gas contenido en el sistema pueda dañar inadmisiblemente el portador de calor. Por
15 ejemplo, en determinadas circunstancias se debe evitar la reacción de nitrito a nitrato mediante el oxígeno a nitrato contenido en el espacio del gas, esto significa que la concentración de nitrato se mantiene en un valor máximo para evitar un aumento del punto de fusión. Por otro lado, utilizando un gas que contenga oxígeno es posible mantener en un determinado valor la concentración de nitrito en una mezcla de sal que contenga predominantemente nitrato, ya que el nitrito eventualmente generado, con el oxígeno contenido en el gas, puede convertirse nuevamente en nitrato.
20 Una concentración de nitrito demasiado alta ocasiona una inestabilidad térmica de la sal, ya que los iones de nitrito se descomponen en iones de óxido de manera más sencilla y en temperaturas más bajas que los iones de nitrato. Mediante la adición de agua, por un lado, los iones de óxido formados por descomposición térmica se pueden transformar en iones de hidróxido que son menos corrosivos. Por otro lado, un exceso de agua descompone los nitritos y nitratos formando hidróxido y aumenta así la corrosividad de la sal fundida. El dióxido de carbono puede
25 descomponer nitratos y nitritos formando carbonatos.

Los conductos receptores son conforme a la invención los conductos en los cuales están dispuestos receptores. Los receptores son generalmente segmentos individuales de los conductos que están rodeados por un tubo de vidrio. Por debajo de los tubos de vidrio se encuentra un sistema de espejos, en el cual se refleja luz solar irradiada y se
30 dirige al tubo de vidrio. Por la radiación que incide sobre el tubo de vidrio, el calor se dirige al portador de calor que circula a través del conducto, con lo cual el portador de calor se calienta.

Las plantas de energía solar, en el marco de la presente invención, son plantas de energía solar de concentración lineal, por ejemplo, plantas de energía solar Fresnel o plantas de energía solar de canales parabólicos, o plantas de energía solar de torre, en las cuales la luz solar incidente se dirige con ayuda de espejos hacia receptores centrales que por lo general están dispuestos sobre una torre.

35 Conforme a la invención, el sistema pendular de gas comprende una red de conductos que está respectivamente conectada con los espacios de gas de los recipientes utilizados en la planta de energía solar. De esta manera, al llenar o al vaciar los recipientes resulta posible realizar una compensación de presión mediante el sistema pendular de gas suministrando gas en un tanque que debe ser vaciado o quitando gas de un tanque que debe ser llenado. Ya que ante una masa de gas estable y una presión constante, el volumen con temperatura ascendente aumenta,
40 cuando se realiza una transferencia de gas mediante el sistema pendular de gas desde un recipiente frío a un recipiente caliente, resulta necesario extraer gas del sistema pendular de gas para compensar las correspondientes variaciones de volumen por el trasvase del portador de calor. De la misma manera, en el caso de una transferencia de gas desde un recipiente caliente a uno frío, resulta necesario suministrar gas para mantener el volumen constante. La evacuación de gas se realiza aquí a través de la salida de gas central, la alimentación de gas, a través
45 de la conexión de gas central o desde el depósito de gas central. Cuando se utiliza un depósito de gas central, resulta particularmente ventajoso que la salida de gas central esté conectada con el depósito de gas central, de modo que el gas de escape se absorba en el depósito de gas central. Esto resulta particularmente apropiado cuando se utiliza un gas diferente al aire ambiente, ya que de esta manera se minimizan las pérdidas de gas. Simultáneamente, el depósito de gas central funciona en estos casos también como un recipiente de compensación
50 de volumen para el sistema pendular de gas. El depósito de gas puede realizarse entonces o bien como un depósito de volumen con una muy baja sobrepresión o como un depósito de gas comprimido.

Cuando está proporcionada una salida central de gas de escape, entonces es posible proveer sólo una salida de gas de escape o también una pluralidad de salidas de gas de escape que estén dispuestas espacialmente próximas o
55 que estén distribuidas a lo largo del sistema pendular de gas. También es posible, en lugar de una conexión de gas central proporcionar una pluralidad de conexiones de gas, las cuales también pueden ubicarse próximas unas con otras o que estar distribuidas a lo largo del sistema pendular de gas.

5 Se prefiere que para el sistema pendular de gas se utilicen conductos con una sección transversal grande para que se realice una resistencia al flujo muy leve. Para ello, el sistema pendular de gas se diseña por lo general sólo con una mínima sobretensión de unos pocos milibares. Por la selección de una reducida sobretensión, se pueden realizar grandes secciones transversales de los conductos. En este caso, los conductos también se pueden fabricar con grosores de pared comparativamente menores.

10 En una forma de ejecución de la invención, mediante la conexión de gas central se suministra gas fresco. Mediante el suministro de gas fresco se pueden compensar pérdidas de gas que pueden generarse por ejemplo por la evacuación de gas al ambiente. En el marco de la presente invención, gas fresco significa aquí, que desde una reserva externa se puede suministrar gas a la instalación; en donde para ello pueden estar proporcionados por ejemplo depósitos de gas externos. Cuando el gas en la instalación es aire ambiente, el gas fresco también se puede aspirar como aire fresco desde el ambiente. En caso necesario, el gas fresco también se puede someter a operaciones de purificación que por ejemplo separan polvo, aerosoles, vapor de agua o dióxido de carbono.

15 En una forma alternativa de ejecución, a través de la conexión de gas central se introduce gas de instalación en el sistema pendular de gas. Por gas de instalación se entiende aquí el gas contenido en la instalación, que por ejemplo puede ser retirado de la instalación a través de la salida de gas de escape central. Cuando en la instalación se presenta volumen de gas excedente, por ejemplo a causa de dilatación térmica por un aumento de temperatura, resulta necesario absorber el gas descargado y almacenarlo en un recipiente de gas adecuado. De manera alternativa, también es posible comprimir el gas de instalación y cargarlo en un depósito de gas comprimido.

20 Para vaciar el sistema de conductos en el caso de un cese de flujo, es necesario conducir el gas hacia los conductos receptores. El gas puede ser extraído del sistema pendular de gas. Cuando se requiere un vaciado acelerado, en lugar de ello, se puede introducir gas propulsor con elevada presión en los conductos receptores. Para ello, el gas propulsor se puede utilizar directamente desde el sistema de gas comprimido.

25 Se prefiere que para el vaciado del sistema de conductos se proporcione un sistema de presión de gas. El mismo comprende por ejemplo una red de conductos que está conectada mediante válvulas de vaciado con el sistema de vaciado. Adicionalmente pueden estar proporcionadas conexiones a los recipientes de vaciado en las cuales se descarga portador de calor para el vaciado. Aunque de manera alternativa, los recipientes de vaciado también pueden estar acoplados con el sistema pendular de gas, de modo que durante el vaciado del sistema de conductos y el llenado, conectado con el mismo, de los recipientes de vaciado, el gas se conduce desde los recipientes de vaciado al sistema pendular de gas. Mediante el sistema de presión de gas resulta posible poner a disposición gas propulsor con presión lo suficientemente alta para el vaciado del sistema de conductos.

30 Durante el vaciado, el portador de calor contenido en los conductos se impulsa mediante el gas en la dirección de los recipientes de vaciado y puede escurrirse en los recipientes de vaciado. Esto presenta en particular la ventaja de que se puede evitar un congelamiento de los conductos.

35 Particularmente, cuando se utiliza un portador de calor que no debe entrar en contacto con oxígeno, por ejemplo cuando el portador de calor contiene sales de nitrito, resulta necesario suministrar el gas que se suministra mediante la conexión de gas central a un depósito de gas. Cuando se utiliza un depósito estratificado para el almacenamiento del portador de calor, el depósito de gas puede estar dimensionado considerablemente más pequeño que en un sistema con un depósito caliente y uno frío para el portador de calor. En este caso, como por ejemplo se describe en la solicitud WO2011/138270, se puede descargar fluidamente portador de calor frío, y así compensar las variaciones de volumen causadas por condiciones térmicas.

40 A fin de poder realizar tramos lo más cortos posibles para el sistema pendular de gas y eventualmente para el sistema de presión de gas para el suministro de gas comprimido para el vaciado de los conductos, resulta ventajoso que tanto los conductos para el sistema pendular de gas como también los conductos para el gas comprimido - si es que hay- estén dispuestos en paralelo al distribuidor principal y al colector principal del sistema de conductos. Además, por razones de disponibilidad también se prefiere que el sistema de presión de gas para el suministro de gas comprimido contenga depósitos de presión en disposición descentralizada, de manera particularmente preferida próximos a los recipientes de vaciado del sistema de conductos y próximos a las válvulas de vaciado. No se requiere una sección transversal mayor para las líneas de la red de presión ya que el gas que se encuentra bajo presión para el vaciado sólo se necesita en contadas ocasiones y por ello, el llenado de los depósitos de presión descentralizados puede demorar períodos prolongados.

55 Cuando se utiliza un portador de calor que presenta tolerancia al oxígeno, es posible obtener el gas del aire ambiente. Particularmente cuando se utiliza como portador de calor una sal fundida puramente de nitrato se prefiere el uso de un gas que contenga oxígeno, ya que en caso de una transformación de nitrato a nitrito, con el oxígeno presente, el nitrito se convierte nuevamente en nitrato. De esta manera, es posible evitar una disminución indeseada de la estabilidad térmica. Como gas con contenido de oxígeno se puede utilizar por ejemplo aire, aire enriquecido con oxígeno, oxígeno o también cualquier gas inerte enriquecido con oxígeno. Alternativamente al oxígeno, también

es posible suministrar óxido de nitrógeno al sistema pendular de gas. Con ayuda de la relación de concentración de monóxido de nitrógeno con respecto al dióxido de nitrógeno se puede incidir en la relación de concentración de nitrito con respecto al nitrato del portador de calor. Una alta concentración de monóxido de nitrógeno estimula la formación de nitrito, una alta concentración de dióxido de nitrógeno estimula la formación de nitrato.

5 Cuando sin embargo se utiliza un portador de calor que no es tolerante al oxígeno, por ejemplo una sal fundida que también contiene sal de nitrito, se prefiere suministrar un gas al sistema pendular de gas que sea inerte con respecto al portador de calor. En este caso resultan apropiados por ejemplo el nitrógeno o gases nobles, preferentemente nitrógeno.

10 De manera particularmente preferida, el gas comprimido se obtiene del gas de instalación que se encuentra en los conductos pendulares de gas. El gas de instalación se conduce preferentemente a través de un sistema de separación refrigerado, eventualmente filtrado y comprimido con un compresor a un nivel de presión necesario, preferentemente 10 a 20 bar abs.

15 Cuando la planta de energía solar no presenta un depósito estratificado para el portador de calor, sino un depósito caliente y un depósito frío, durante el funcionamiento el portador se transfiere desde el depósito frío al depósito caliente mediante conductos receptores; en donde el portador de calor es calentado en los conductos receptores mediante la energía solar irradiada. Para la obtención de energía, el portador de calor se transfiere desde el depósito caliente al depósito frío y disipa calor, por ejemplo para la generación de vapor de agua sobrecalentado que se utiliza para el accionamiento de turbinas y generadores para la generación de corriente. Por la transferencia del portador de calor desde el depósito caliente al depósito frío, o desde el depósito frío al depósito caliente, en uno de los dos depósitos se libera respectivamente volumen por el fluido y se ocupa por el fluido en el otro depósito. El volumen liberado por el fluido debe ser compensado mediante el suministro de gas. Para ello se utiliza el sistema pendular de gas. Al mismo tiempo, se retira gas del depósito en el que se introduce el portador de calor. El gas puede entonces transferirse a través del sistema pendular de gas desde el depósito que debe ser rellenado hacia el depósito que debe ser vaciado. En este caso debe considerarse sin embargo que la temperatura del gas está determinada fundamentalmente por la temperatura de su ambiente. Así, el gas en el depósito frío presenta aproximadamente la temperatura del portador de calor que está contenido allí. En correspondencia, lo mismo vale para el gas en el tanque caliente. En el intercambio de gas desde el tanque caliente al tanque frío, y viceversa, el gas adopta la temperatura de su ambiente por compensación de temperatura. O sea, el gas presenta diferentes temperaturas en función de la posición en el sistema pendular de gas. Según la elevación de su temperatura promedio, el gas requiere un volumen diferente, ya que el volumen que ocupa el gas con igual masa varía en función de la temperatura. Con temperatura ascendente, también aumenta el volumen. Esto significa que el gas requiere un gran volumen cuando el tanque caliente está vacío y el tanque frío lleno; y un volumen reducido cuando el tanque frío está vacío y el tanque caliente, lleno. Esto provoca además que entonces cuando se necesita un gran volumen, haya más gas en el sistema, de modo que para una compensación de volumen se deba respectivamente introducir gas en el sistema o retirar gas del sistema. La introducción o la extracción del gas del sistema se realizan mediante la conexión de gas central, o bien a través de la salida de gas de escape central. Particularmente, en el uso de gases intermedios resulta necesario almacenar de manera intermedia en un depósito de gas central el gas separado del sistema mediante la salida de gas de escape, y desde este depósito intermedio suministrarlo nuevamente al sistema mediante la conexión de gas central, cuando se necesita un gran volumen de gas.

40 Cuando se utiliza aire ambiente como gas, es posible durante el vaciado del tanque caliente evacuar el gas excedente al ambiente mediante la válvula de gas de escape y en correspondencia, durante el vaciado del tanque frío suministrar aire ambiente a través de la conexión de gas central.

45 En particular, cuando el gas se expulsa al ambiente, se prefiere que la salida de gas de escape central presente un dispositivo para la purificación de gas. En el dispositivo para la purificación de gas se pueden separar del gas de instalación expulsado gases contaminantes del ambiente. Con el dispositivo de purificación de gas, también resulta posible separar por ejemplo fluidos o sustancias sólidas contenidas en el gas. De esta manera resulta por ejemplo posible separar del gas gotas de fluido arrastradas con el gas, por ejemplo portador de calor, o también portador de calor solidificado a causa del enfriamiento, antes de que el gas sea expulsado al ambiente. También es posible por ejemplo separar fluidos o sustancias sólidas del gas, antes de que el mismo sea suministrado a un depósito de gas central, a fin de evitar una contaminación del depósito de gas central.

55 Particularmente, cuando se utilizan sales de nitrato y/o de nitrito como portador de calor, es preferible que el dispositivo para la purificación de gas también separe los óxidos de nitrógeno del gas. Los óxidos de nitrógeno pueden surgir por ejemplo por la reacción del nitrito o del nitrato con el oxígeno. Ya que por razones ambientales resulta deseable expulsar al ambiente la menor cantidad posible de óxido de nitrógeno, o nada, es necesario separarlo del gas. La separación de los óxidos de nitrato se puede realizar con una convencional unidad Denox, conocida por los especialistas.

5 Ya que en una planta de energía solar de concentración lineal, como por ejemplo una planta de energía solar de canales parabólicos, o una planta de energía solar Fresnel, los sistemas de conductos en los cuales están alojados los receptores, están dispuestos como una pluralidad de campos solares, los cuales están respectivamente conectados mediante colectores y distribuidores a través de los cuales se suministra y se evacua el portador de calor, resulta también ventajoso montar los conductos del sistema pendular de gas de modo tal que los mismos se extiendan en paralelo a los colectores y a los distribuidores del sistema de conductos para la sal fundida. De esta manera, los conductos para el sistema pendular de gas se pueden diseñar lo más cortos posibles. Además, es posible conectar respectivamente en las posiciones necesarias los conductos del sistema pendular de gas con los colectores y los distribuidores, sin necesidad de la provisión de una tubería costosa.

10 Cuando la planta de energía solar comprende una pluralidad de conductos receptores, los mismos están generalmente conectados con un colector y un distribuidor. Mediante el distribuidor, el medio portador de calor se suministra desde una zona de almacenamiento fría hacia los conductos receptores, atraviesa los conductos receptores, en los cuales el medio portador de calor se calienta y fluye hacia el colector, a través del cual el medio portador de calor se conduce a una zona de almacenamiento caliente. En este caso, la zona de almacenamiento caliente y la zona de almacenamiento frío se pueden realizar respectivamente mediante recipientes construidos por separado o de manera alternativa como zonas de almacenamiento en un depósito estratificado; en donde por lo general la zona de almacenamiento fría se encuentra debajo en el depósito estratificado, y la zona de almacenamiento caliente, arriba.

20 Dependiendo de la geografía del área en la cual se establece la planta de energía solar, los colectores y distribuidores pueden estar dispuestos próximos entre sí o estar distanciados unos de otros. Cuando los colectores y los distribuidores están dispuestos constructivamente próximos entre sí, los conductos receptores son por lo general bucles de conductos. De esta manera, se puede realizar una longitud suficientemente grande de los conductos receptores como para calentar el medio portador de calor que circula a través de los conductos receptores. En el caso de colectores y distribuidores distanciados unos de otros, los conductos receptores también pueden conectar de manera lineal el colector y el distribuidor. En este caso, los colectores, los distribuidores y los conductos receptores tienen la forma de una escalera; en donde los conductores receptores conforman los peldaños.

25 En las figuras se representan los ejemplos de ejecución de la presente invención, y se explican en detalle en la siguiente descripción.

Las figuras muestran:

30 Figura 1, una representación esquemática de una planta de energía solar de concentración lineal;

Figura 2, una representación esquemática de una planta de energía solar de concentración lineal con un sistema pendular de gas, cerrado hacia afuera;

Figura 3, una planta de energía solar de concentración lineal con un sistema pendular de gas, cerrado hacia afuera y con un sistema de presión de gas para el llenado y el vaciado de un campo solar;

35 Figura 4, una planta de energía solar de concentración lineal en una estructura en H doble.

En la figura 1 está representada esquemáticamente una planta de energía solar de concentración lineal.

40 Una planta de energía solar 1 de concentración lineal comprende una pluralidad de segmentos 3, los cuales están respectivamente conectados con un distribuidor 7 central mediante un distribuidor 5 y con un colector 11 central mediante un colector 9. Mediante los distribuidores 5 y los colectores 9 se alimentan respectivamente los conductos receptores 13 con un portador de calor. Para ello, el portador de calor se dirige mediante los distribuidores 7 centrales hacia los distribuidores 5 y fluye desde los distribuidores 5 hacia los conductos receptores 13. Los conductos receptores 13 presentan respectivamente receptores, aquí no representados, en los cuales el portador de calor se calienta mediante radiación solar. El portador de calor calentado fluye desde los conductos receptores 13 hacia los colectores 9 y desde estos hacia los colectores 11 centrales. En la forma de ejecución aquí representada, los conductos receptores 13 están realizados como bucles de conductos.

45 El distribuidor 7 está conectado con un depósito 15 frío, desde el cual se obtiene el portador de calor mientras llegue luz solar al receptor. El portador de calor calentado se conduce después a través del colector 11 central hacia el depósito 17 caliente.

50 Los receptores son generalmente segmentos individuales de los conductos que están rodeados por un tubo de vidrio. Por debajo de los tubos de vidrio se encuentra un sistema de espejos, en el cual se refleja luz solar irradiada y se dirige al tubo de vidrio. Por la radiación que incide sobre el tubo de vidrio, el calor se dirige al portador de calor que circula a través del conducto, con lo cual el portador de calor se calienta. En las plantas de energía solar de

canales parabólicos, los espejos están dispuestos por ejemplo en forma de un canal por debajo del tubo de vidrio. En una planta de energía solar Fresnel los espejos regulables, los cuales se pueden mover en función del ángulo de la energía solar incidente, se encuentran por debajo de los conductos.

5 Para obtener energía, el portador de calor caliente se extrae con ayuda de una bomba 19 desde un depósito 17 caliente y se conduce hacia un intercambiador térmico, aquí no representado. En el intercambiador térmico, el portador de calor transfiere calor a un circuito de vapor en el cual se genera vapor de agua y se sobrecalienta. Con el vapor sobrecalentado, después, se pueden por ejemplo operar turbinas para el accionamiento de generadores para la generación de corriente. El portador de calor enfriado que abandona el intercambiador térmico se conduce de regreso al depósito 15 frío. Por lo general, la cantidad de portador de calor almacenado es tanta que la cantidad
10 de portador de calor caliente alcanza para operar las turbinas incluso cuando no hay nada de sol o cuando la radiación solar no es suficiente como para calentar grandes cantidades de portador de calor.

15 Para poder vaciar los conductos de la planta de energía solar 1 de concentración lineal en tiempos de inactividad, cada segmento 3 presenta un recipiente de vaciado 21. Allí, el recipiente de vaciado 21 está conectado mediante un conducto de vaciado 23 con el colector 9 de un segmento 3. Al distribuidor 5 de cada segmento 3 está conectada una válvula de ventilación 25, la cual se abre para vaciar los conductos del segmento 3. A través de la válvula de aireación 25 se introduce gas comprimido en el distribuidor 5, el gas fluye a través del distribuidor 5 y de los conductos receptores 13 hacia el colector 9 y empuja así el portador de calor desde el colector 9, los conductos receptores 13 y el distribuidor 5 a través de los conductos de vaciado 23 hacia el recipiente de vaciado 21.

20 Para llenar nuevamente los segmentos 3 individuales con portador de calor para un nuevo funcionamiento, el portador de calor se conduce desde los recipientes de vaciado 21 a través de los conductos de vaciado 23 al colector 9 y desde allí, de regreso al distribuidor 5 a través de los conductos receptores 13. Aquí, el gas se fuga de los conductos a través de la válvula de aireación 25 al sistema pendular de gas 33. La línea que se requiere para ello no está representada. Para que no repartir portador de calor en el sistema pendular de gas 33, entre la válvula de aireación 25 y el distribuidor 5 está dispuesto un detector de fase 27. En el detector de fase 27 se reconoce el
25 cambio entre una fase gaseosa y una fase líquida. El cambio detectado muestra que la fase gaseosa ha sido expulsada en gran parte de los conductos receptores 13 y que en correspondencia los conductos receptores 13 están llenos de líquido. Mediante este resultado se finaliza el llenado de los conductos receptores 13.

30 El gas propulsor para el vaciado de los conductos se obtiene por ejemplo de depósitos de gas comprimido 29 descentralizados. A cada segmento 3 está asignado un depósito de presión 29 descentralizado; en donde el depósito de presión 29 descentralizado está conectado mediante la válvula de aireación 25 con el distribuidor 5 y con los conductos receptores 13.

En la figura 2 está representada una planta de energía solar de concentración lineal con un sistema pendular de gas cerrado hacia afuera.

35 El diseño constructivo de la planta de energía solar 1 de concentración lineal, representada en la figura 2, se corresponde en esencia con el representado en la figura 1. A diferencia de la planta de energía solar 1 de concentración lineal, representada en la figura 1, en la planta de energía solar 1 de concentración lineal, representada en la figura 2 está comprendido adicionalmente un sistema pendular de gas 31. El sistema pendular de gas 31 comprende una red de conductos de gas pendular 33, la cual está conectada con un depósito de volumen de gas 35, con el depósito 15 frío, con el depósito 17 caliente, así como con todos los recipientes de vaciado 21. Aquí,
40 las conexiones de gas se encuentran respectivamente en la cabeza del depósito 15 frío, del depósito 17 caliente y de los recipientes de vaciado 21, de modo que la red de conductos de gas pendular 33 está respectivamente conectada con los espacios de gas de los respectivos recipientes 15, 17, 21. De manera análoga, en lugar del depósito 15, 17 frío y caliente también se podría integrar un depósito estratificado.

45 Adicionalmente, la red de conductos de gas pendular 33 presenta una conexión de gas 37 central y una salida de gas de escape 39. En caso necesario, mediante la conexión de gas 37 central se puede suministrar gas adicional, mediante la salida de gas de escape 39 se puede retirar gas excedente. Para el acondicionamiento del gas de escape, preferentemente en la salida de gas de escape 39 está prevista una depuración de gases de escape 41. La depuración de gases de escape consiste por ejemplo en un sistema Denox para eliminar los óxidos de nitrógeno del gas que ha de ser expulsado.

50 Mediante el sistema pendular de gas es posible compensar variaciones de tensión en los casos de distintos niveles de llenado en los recipientes de almacenamiento 15, 17, 21 individuales. Así por ejemplo, durante el calentamiento del portador de calor puede llegar gas desde el depósito 17 caliente al depósito 15 frío. El gas excedente se puede recoger entonces en el depósito de volumen de gas 35 y desde allí llegar nuevamente al sistema pendular de gas 31, cuando se necesita mayor masa de gas para rellenar el correspondiente volumen de gas.

La figura 3 muestra una representación esquemática de una planta de energía solar de concentración lineal con un sistema pendular de gas, cerrado hacia afuera y con un sistema de presión de gas para el llenado y el vaciado del campo solar.

5 En la planta de energía solar 1 de concentración lineal, representada en la figura 3, está dispuesto adicionalmente un sistema de presión de gas 43. El sistema de presión de gas 43 comprende un sistema de conductos de gas comprimido 45, al cual están conectados los depósitos de gas comprimido 29 descentralizados y los recipientes de vaciado 21. Mediante el sistema de conductos de gas comprimido 45 se pueden llenar los depósitos de presión 29 descentralizados. De manera adicional, el sistema de presión de gas 43 puede comprender un depósito de gas comprimido 47 central. El depósito de gas comprimido 47 central se utiliza particularmente para el almacenamiento
10 adicional de gas comprimido. El uso del depósito de gas comprimido 47 es opcional. De manera alternativa o adicional al depósito de gas comprimido 47 central, el sistema de presión de gas 43 se conecta mediante un compresor 49 con la red de conductos de gas 33 del sistema pendular de gas 31. De esta manera, resulta posible suministrar gas mediante el compresor 49 desde el sistema pendular de gas 31 al sistema de presión de gas 43. Para eventualmente separar las sustancias extrañas contenidas en el gas del sistema pendular de presión de gas 31, resulta ventajoso conectar aguas arriba del compresor 49 un dispositivo separador 51.

Para vaciar los conductos por los que circula el portador de calor, de la planta de energía solar 1 de concentración lineal, se suministra gas comprimido desde el depósito de presión 29 central, a través de las válvulas de aireación 25 y de un separador de fases con el detector de fases 27, a los distribuidores 5. El gas comprimido retira el portador de calor de los distribuidores 5, de los conductos receptores 13 y de los colectores 9 hacia los recipientes de vaciado 21. De esta manera, los recipientes de vaciado 21 se llenan con el portador de calor y el gas contenido en los recipientes de vaciado 21 se empuja desde los recipientes de vaciado hacia el sistema pendular de gas 33.

Para poner nuevamente en funcionamiento la planta de energía solar 1 de concentración lineal, a través del sistema de conductos de gas comprimido 45 se empuja gas comprimido hacia los recipientes de vaciado 21 y de esta manera, el portador de calor se conduce de regreso a través de los conductos de vaciado 23 primero al colector 9 y a través del colector 9, hacia los conductos receptores 13 y al distribuidor 5. De esta manera, los conductos por los que se conduce el portador de calor se llenan nuevamente con el portador de calor, de modo que la planta de energía solar 1 de concentración lineal ponerse nuevamente en funcionamiento. Después del vaciado del sistema, los depósitos de gas comprimido 29 descentralizados se llenan nuevamente con gas comprimido. Para ello, por ejemplo, se introduce gas de instalación desde el sistema pendular de gas 33 a través del compresor 49, en el sistema de presión de gas 43 o de manera alternativa, en el depósito de gas comprimido 47 descentralizado.

La figura 4 muestra una posible disposición de segmentos 3 de una planta de energía solar 1 de concentración lineal, la cual permite una mínima longitud de conductos. La disposición en este caso es en una estructura en H doble.

Para garantizar una mínima longitud de conductos, resulta ventajoso, disponer centralmente el depósito 17 caliente y el depósito 15 frío en la planta de energía solar de concentración lineal. Desde el depósito 15 frío y el depósito 17 caliente se extienden en forma de H el distribuidor 7 central y el colector 11 central. El depósito 15 frío y el depósito 17 caliente se encuentran entonces en el centro de la H. En los respectivos extremos de los miembros laterales de la H, desde el distribuidor 7 central y el colector 11 central, se derivan respectivamente los distribuidores 5 y colectores 9 de los segmentos individuales. De esta manera, en cada extremo de un miembro de la H están dispuestos dos segmentos 3, de modo que así se replica en cada caso nuevamente la estructura de una H.

Para mantener también lo más reducidas posible las longitudes de los conductos para la red de conductos de gas pendular y para el sistema de conductos de gas comprimido, resulta ventajoso que los conductos del sistema pendular de gas y del sistema de presión de gas se extiendan en paralelo al distribuidor 7 central y el colector 11 central.

45 Cuando se desea una gran cantidad de segmentos, es respectivamente posible, prolongar los distribuidores 7 centrales y los colectores 11 centrales, para poder conectar segmentos 3 adicionales con el distribuidor 7 central y el colector 11 central, de modo que también en este caso resultan suficientes un depósito 15 frío y un depósito 17 caliente para toda la planta de energía solar 1 de concentración lineal. Si la cantidad de portador de calor fuera tanta como para requerir una pluralidad de depósitos 15 fríos y de depósitos 17 calientes, cada uno puede funcionar individualmente, independientes unos de otros, de manera lineal con respeto a la planta de energía solar 1 concentrada. Alternativamente, también es posible que el sistema pendular de gas, el sistema de gas comprimido y también los sistemas que conducen portador de calor se operen acopladamente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Planta de energía solar con un sistema de conductos, que contiene sal fundida como portador de calor, el cual presenta una presión de vapor inferior a 0,5 bar en la temperatura máxima de servicio; en donde además el sistema de conductos comprende al menos un conducto receptor (13), en el cual la sal fundida se calienta mediante energía solar irradiada, o un receptor central, así como al menos un recipiente de vaciado (21) y/o un depósito (15, 17) para la sal fundida; caracterizada porque el sistema de conductos comprende además un sistema pendular de gas (31), el cual interconecta espacios de gas de los recipientes utilizados en la planta de energía solar y que presenta un depósito de gas (35) central y/o una conexión de gas central (37) y/o una salida de gas de escape (39) central, a través de la cual el gas se puede expulsar al ambiente.
- 10 2. Planta de energía solar según la reivindicación 1, caracterizada porque una bomba, con la cual se puede aumentar la presión del gas, está asignada a la conexión de gas (37) central.
3. Planta de energía solar según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque el depósito (15, 17) es un depósito estratificado.
- 15 4. Planta de energía solar según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque el sistema pendular de gas (31) está conectado a un sistema de presión de gas (43), el cual está conectado con válvulas de vaciado de los conductos receptores (13).
5. Planta de energía solar según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la salida de gas de escape (39) central presenta un dispositivo de purificación de gas (41); en donde el dispositivo de purificación de gas (41) preferentemente separa sustancias sólidas y/o óxido de nitrógeno del gas.
- 20 6. Planta de energía solar según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque el sistema pendular de gas (31) comprende conductos y el sistema de conductos comprende colectores (9, 11) y distribuidores (5, 7) para la sal fundida; en donde los conductos del sistema pendular de gas (31) se extienden en paralelo a los colectores (9, 11) y los distribuidores (5, 7).
- 25 7. Planta de energía solar según la reivindicación 6, caracterizada porque los colectores (9, 11) y los distribuidores (5, 7) están distanciados entre sí y los conductos receptores se extienden linealmente entre los colectores y los distribuidores.
8. Planta de energía solar según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada porque los recipientes utilizados en la planta de energía solar comprenden el al menos un recipiente de vaciado (21) y el depósito para la sal fundida.
- 30 9. Planta de energía solar según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizadas porque la planta de energía solar es una planta de energía solar de concentración lineal o una torre de energía solar.
10. Procedimiento para operar una planta de energía solar según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque mediante el sistema pendular de gas (31) se realiza una compensación de presión suministrando gas a un tanque que debe ser vaciado, o retirando gas de un tanque que debe ser llenado.
- 35 11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque se retira gas de un sistema pendular de gas (31) cuando se produce una transferencia de gas desde un recipiente frío a un recipiente caliente, y se suministra gas al sistema pendular de gas cuando se produce una transferencia de gas desde un recipiente caliente a uno frío.
12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11 caracterizado porque a través de la conexión de gas (37) central se suministra gas fresco o se introduce gas de instalación al sistema pendular de gas (31).
- 40 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado porque el gas suministrado al sistema pendular de gas (31) es inerte con respecto a la sal fundida; en donde el gas suministrado al sistema pendular de gas (31) es preferentemente nitrógeno.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado porque el gas suministrado al sistema pendular de gas (31) contiene agua y/o dióxido de carbono.
- 45 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado porque el gas suministrado al sistema pendular de gas (31) contiene oxígeno u óxido de nitrógeno.

FIG.1

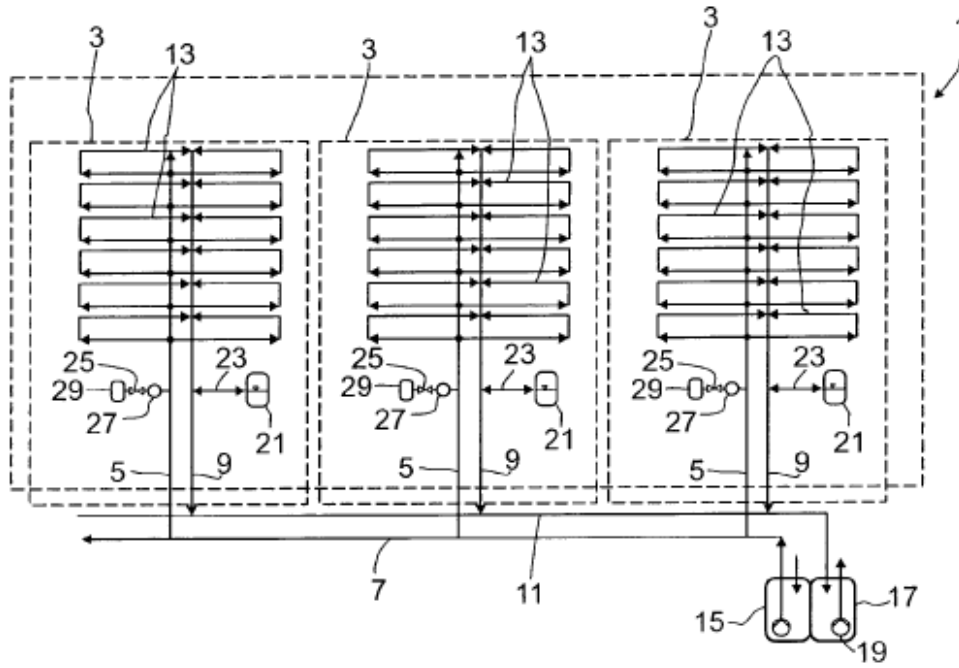


FIG.2

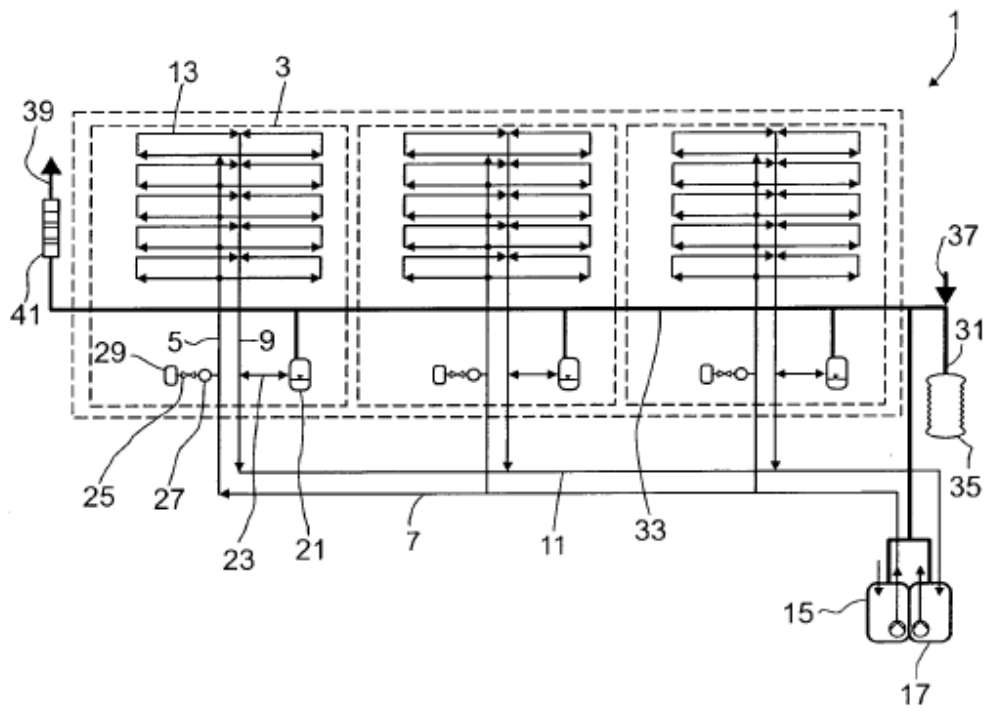


FIG.3

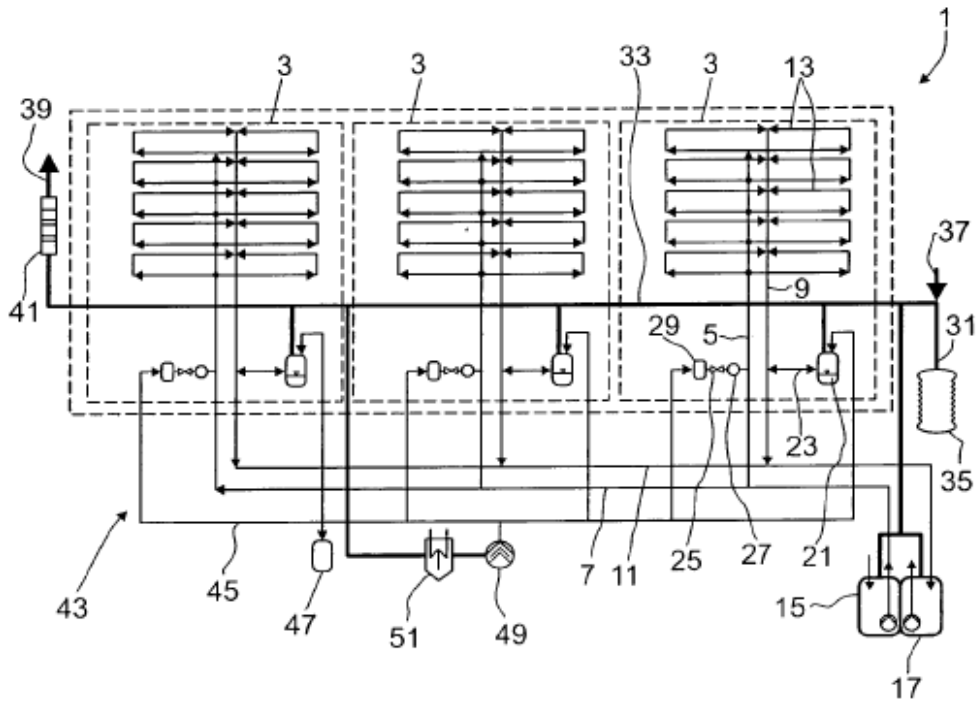


FIG.4

