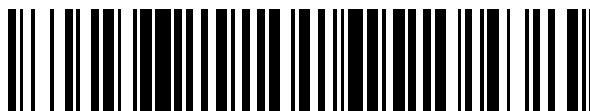


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 452 290**

51 Int. Cl.:

**F03G 6/06** (2006.01)

**F01K 21/04** (2006.01)

**F02C 1/05** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2010 E 10803406 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014 EP 2513477**

54 Título: **Planta de energía solar con turbina de gas integrada**

30 Prioridad:

**15.12.2009 NL 2003954**

**15.12.2009 US 286481 P**

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

**31.03.2014**

73 Titular/es:

**NEM ENERGY B.V. (100.0%)**

**800, Prinses Beatrixlaan**

**2595 BN 'S-Gravenhage, NL**

72 Inventor/es:

**ROP, PETER, SIMON**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 452 290 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 turbina de gas integrada

5 La invención se refiere a una planta de energía solar, en particular a una planta de energía solar híbrida. La planta de energía solar comprende un primer circuito para un primer medio fluido y un segundo circuito para un segundo medio fluido. Generalmente, el primer circuito es un circuito de fluido de transferencia de calor (HTF), en donde el primer medio fluido es un medio fluido HTF como un aceite térmico. El segundo circuito es generalmente un circuito agua / vapor, en donde el segundo medio fluido comprende un medio fluido agua / vapor.

10 En la práctica, una planta de energía solar como esta es conocida. La figura 1 de esta solicitud muestra una vista esquemática de dicha planta de energía solar convencional. La configuración mostrada de la planta de energía solar es una configuración práctica aceptada la cual se construye en una pluralidad de lugares en el mundo. La planta de energía solar tiene un primer y un segundo circuito que están acoplados térmicamente. El primer circuito es un circuito para un fluido de transferencia de calor solar, un HTF solar. El segundo circuito es un circuito para una mezcla de vapor y agua.

15 El primer circuito comprende una bomba de circulación del medio fluido en el circuito HTF. Además, el primer circuito comprende un campo solar que incluye al menos un colector solar para transferir la energía solar al medio fluido HTF. El medio fluido HTF en el circuito HTF se calienta mediante la energía solar recibida. Normalmente, el primer medio fluido es un aceite que se calienta mediante el colector solar a una alta temperatura de como máximo 400 °C. Se ha de tener cuidado de evitar que la temperatura del medio fluido se eleve por encima de la temperatura máxima de alrededor de 400 °C. Por encima de esta temperatura, el medio fluido HTF oleoso se puede deteriorar rápidamente.

20 La energía de calentamiento del medio fluido HTF se transfiere al segundo medio fluido mediante intercambiadores de calor. El segundo circuito comprende una bomba de circulación del segundo medio fluido, un suministro de alimentación para suministrar agua, un economizador, un evaporador, un sobrecalentador, un recalentador y una turbina de vapor para generar energía eléctrica a partir del vapor. La turbina de vapor tiene nueve secciones, de tal manera que el vapor pasante se expande y se enfría de forma gradual.

25 Un inconveniente de las plantas de energía solar conocidas es la reducida disponibilidad. La disponibilidad de la planta de energía solar es dependiente de muchos aspectos. Un factor esencial es que la energía solar está solo disponible durante el tiempo diurno y está influenciada por las condiciones climatológicas. No se genera energía durante la noche y se genera menos energía durante un día nublado. Habitualmente, la eficiencia total de la planta de energía solar conocida es de aproximadamente el 35%.

30 EP 2.037.192 describe un primer circuito de vapor que comprende una turbina de vapor y una turbina de gas. El calor originado a partir de de la turbina de gas es utilizado en una caldera de recuperación de calor sobrante para calentar una mezcla de agua / vapor la cual circula en el primer circuito de vapor. Se proporciona una primera tubería de suministro de vapor para suministrar vapor desde la caldera de recuperación de calor sobrante a la turbina de vapor. Una segunda tubería de suministro de vapor es ramificada de la primera tubería de suministro de vapor para obtener un acoplamiento térmico para transferir calor desde un segundo circuito, dispuesto de forma separada, al primer circuito de vapor.

35 El segundo circuito incluye varias zonas de recolección de calor. Las zonas de recolección de calor están dispuestas en paralelo y se hace circular un fluido de transferencia de calor mediante una bomba. El segundo circuito comprende además un dispositivo intercambiador de calor para transferir el calor desde el segundo circuito a la mezcla de vapor / agua en la segunda tubería de suministro de vapor del primer circuito.

40 Un inconveniente de la configuración descrita es que la eficiencia de la configuración, en su conjunto, no satisfactoria.

45 DE 101 44841 describe un circuito de vapor que incluye un campo solar. El circuito de vapor comprende una turbina de gas. La turbina de gas tiene un conducto de gas para guiar el flujo de calor caliente a lo largo de varios intercambiadores de calor del circuito de vapor. El conducto de gas está subdividido en un primer y un segundo pasajes de gas. El flujo de gas de calentamiento es distribuido sobre el primer y segundo pasajes de gas. El circuito de vapor tiene un conducto de suministro de agua el cual está ramificado para suministrar agua a través de cada uno de los pasajes de gas. El primer y segundo pasajes de gas están, cada uno, provistos de, respectivamente, tres intercambiadores de calor los cuales funcionan como un economizador, un evaporador y un sobrecalentador. El primer pasaje de gas incluye un campo solar como evaporador.

50 Un primer inconveniente del circuito de vapor descrito es que sólo se proporciona un circuito que incluye una mezcla de agua / vapor. La mezcla de agua / vapor es suministrada al campo solar, lo cual resultará en una reducida

eficiencia. Un inconveniente adicional a esta configuración conocida es que el conducto subdividido proporciona problemas constructivos para construir y hacer funcionar el conducto de gas. Además, la configuración incluye intercambiadores de calor duplicados lo cual incrementa los costes para construir la instalación.

5 DE 195.51.645 describe una configuración, la cual presenta una combinación de un circuito de gas y un circuito de vapor. El circuito de gas incluye un campo solar para precalentar el gas suministrado. El gas precalentado es posteriormente suministrado a una turbina de gas para generar electricidad.

El circuito de vapor comprende una turbina de vapor. Un flujo de vapor se suministra a la turbina de vapor para generar electricidad. El circuito de vapor está acoplado térmicamente al circuito de gas mediante un intercambiador de calor para transferir el calor sobrante originado en la turbina de gas al flujo de vapor en el circuito de vapor.

10 Un primer inconveniente de la configuración descrita es que la eficiencia no es satisfactoria. Un inconveniente adicional es que una puesta marcha de la turbina de gas es siempre necesaria para generar electricidad. El campo solar está dispuesto para precalentar un flujo de gas, en el cual posteriormente se mezcla un combustible. No se describe cómo producir energía puramente solar sin la necesidad de una turbina de gas que consuma combustible.

15 Es un objeto de la presente invención eliminar, al menos parcialmente, los inconvenientes mencionados anteriormente y / o proporcionar una alternativa utilizable. En particular, es un objeto de la invención proporcionar medidas que incrementen la disponibilidad de una planta de energía solar. De forma más particular, es un objeto proporcionar al menos una medida ventajosa para la configuración práctica y aceptada de una planta de energía solar como la mostrada en la figura 1. En particular, la invención pretende proporcionar una planta de energía solar que sea capaz de producir electricidad a partir de energía puramente solar sin emisiones de CO<sub>2</sub> cuando esté disponible la energía solar suficiente durante la luz del día.

20 De acuerdo con la invención, este objeto se consigue mediante una planta de energía solar de acuerdo con la reivindicación 1.

25 La planta de energía solar de acuerdo con la invención es una planta de energía solar híbrida, lo cual significa que además de una fuente de energía solar está disponible una fuente de energía auxiliar. La fuente de energía auxiliar puede ser, por ejemplo, una turbina de gas. La planta de energía solar comprende un primer circuito que incluye un primer medio fluido y un segundo circuito que incluye un segundo medio fluido.

30 De forma preferible, el primer medio fluido es un fluido de transferencia de calor (HTF), en particular un fluido de transferencia de calor solar tal como un aceite térmico. El HTF solar puede ser, de forma óptima, adecuado para transferir calor a partir de la radiación solar recibida. El primer circuito comprende una bomba de circulación del primer medio fluido en el primer circuito. Además, el primer circuito incluye al menos un colector solar, de forma preferente, un campo solar de colectores solares, para transferir el calor solar recolectado al primer medio fluido. El primer circuito comprende al menos un intercambiador de calor primer fluido / segundo fluido, para intercambiar calor desde el primer medio fluido en el primer circuito al segundo medio fluido en el segundo circuito. En el presente caso, el primer y segundo circuitos están acoplados térmicamente.

35 El segundo circuito es, de forma preferente, un circuito agua / vapor. El segundo circuito comprende un suministro de alimentación y una bomba de circulación del segundo medio fluido en el segundo circuito. El segundo circuito comprende, además, al menos una turbina de vapor para generar electricidad a partir de vapor.

40 La planta de energía solar de acuerdo con la invención está mejorada en que el primer circuito además comprende una fuente de calor para generar un flujo de gas de calentamiento. La fuente de calor sirve como fuente de energía auxiliar y proporciona a la planta de energía solar un carácter híbrido. Un conducto de gas se dispone para guiar el flujo de gas de calentamiento originado en la fuente de calor. Un intercambiador de calor gas / primer fluido, en particular un intercambiador de calor gas / HTF se dispone para transferir calor desde el flujo del gas de calentamiento al primer medio fluido, en particular el medio fluido HTF, en el primer circuito. El intercambiador de calor gas / primer fluido se extiende, al menos parcialmente, en el conducto de gas, en donde el gas de calentamiento pasa a través del intercambiador de calor gas / primer fluido. Durante el funcionamiento, el primer medio fluido pasa a través del conducto de gas, de tal manera que el primer medio fluido es calentado directamente mediante el gas de calentamiento. En lugar de una planta de energía solar que tiene sólo una transferencia de calor desde un medio fluido HTF a una transferencia de calor de una mezcla agua / vapor, esta transferencia de calor directa desde el gas de calentamiento al medio fluido HTF puede, de forma ventajosa, incrementar la eficiencia de la planta de energía solar híbrida de acuerdo con la invención. En ciertas circunstancias en verano, la planta de energía solar tiene que compensar enormes cargas inmediatas en el campo solar de entre el 90% al 25% en sólo una hora. En particular, esta transferencia de calor directa desde el gas de calentamiento al primer medio fluido puede mejorar una capacidad de la planta de energía solar para compensar, rápidamente para transferencia de calor reducida en el campo solar. A pesar de una capacidad de fluctuación de calentamiento del campo solar, la

presencia del intercambiador de calor gas / primer fluido, de acuerdo con la invención, puede proporcionar un funcionamiento continuo de la planta de energía solar.

De forma adicional, la presente solución puede ser integrada fácilmente en una planta de energía solar ya construida, la cual tenga una configuración como la mostrada en la figura 1.

5 De forma ventajosa, la presencia de fuentes de calentamiento permite un funcionamiento híbrido de la planta de energía solar. De forma preferente, la fuente de calentamiento es una turbina de gas. En este caso, la planta de energía solar puede ser operada mediante, tanto una fuente de energía solar como de energía auxiliar. Debido a la presencia de una fuente de energía auxiliar, la planta de energía solar es menos dependiente de sólo la energía solar, lo cual puede resultar en una disponibilidad más elevada. El periodo diurno y nocturno o el tiempo nublado  
10 pueden tener menos influencia en la disponibilidad conseguida finalmente.

De forma ventajosa, el intercambiador de gas / primer fluido está previsto en el primer circuito el cual transfiere calor desde el gas de calentamiento al primer medio fluido en el primer circuito. En intercambiador de calor gas / primer fluido puede disponerse en comunicación fluida con el colector solar. El intercambiador de calor puede estar  
15 dispuesto en serie con los colectores solares en el campo solar. Un primer medio fluido en el primer circuito el cual pasa a través del colector solar puede ser además calentado por el intercambiador de calor de gas / primer fluido. Esto puede resultar en una configuración relativamente simple de la planta de energía solar. La fuente de calor y el intercambiador de calor pueden estar incorporados de una manera sencilla que permita una gobernabilidad conveniente.

Sería más ventajoso que, durante la luz diurna y con circunstancias meteorológicas que proporcionen suficiente energía solar, la planta de energía solar pueda funcionar puramente a partir con energía solar. El funcionamiento puede estar libre de emisiones de CO<sub>2</sub>. El funcionamiento de la planta de energía solar con cero emisiones puede ser adecuado desde el punto de vista medioambiental. Durante circunstancias menos favorables, la fuente de calor  
20 puede ser utilizada para compensar una reducción de energía solar. En este caso, la planta de energía solar es flexible en su funcionamiento y puede generar electricidad de una manera viable y adecuada desde el punto de vista medioambiental.

En el modo de realización particular de la planta de energía solar de acuerdo con la invención, el intercambiador de calor de gas / primer fluido es un intercambiador de calor gas / HTF el cual transfiere el calor desde el gas de calentamiento a un fluido de transferencia de calor (HTF) en el primer circuito, un circuito HTF. De forma ventajosa,  
25 se puede alcanzar una mayor eficiencia en la transferencia de calor del gas de calentamiento al fluido de transferencia de calor.

En un modo de realización de acuerdo con la invención, en particular con aceite, el fluido de transferencia de calor solar puede ser utilizado en el primer circuito. Dicho medio fluido HTF puede ser calentado por encima de como máximo 400° C para prevenir un deterioro prematuro. La temperatura del medio fluido HTF no puede exceder 400° C debido a un deterioro no deseado del fluido a temperaturas más altas.

35 En un modo de realización de la planta de energía solar de acuerdo con la invención, la fuente de calor es una turbina de gas. La turbina de gas puede tener, de forma ventajosa, una alta eficiencia en la transferencia de combustibles fósiles en electricidad y los gases de calentamiento los cuales pueden, de forma ventajosa, tener una contribución positiva a la eficiencia total de la planta de energía solar. La turbina de gas puede producir durante su funcionamiento normal un gas de calentamiento de escape que tenga una temperatura de aproximadamente 600 °C en la salida de la turbina de gas.

En un modo de realización de la planta de energía solar de acuerdo con la invención, al menos un intercambiador de calor que incluye al menos una sección de transferencia de calor puede estar dispuesto en el conducto de gas, aguas arriba al flujo de gas del intercambiador de calor gas / HTF. Durante su funcionamiento, en este modo de  
40 realización, un gas de calentamiento de escape desde la fuente de calor, pasa en primer lugar a través de la sección de transferencia de calor y posteriormente pasa a través del intercambiador de calor HTF. La sección de la frente calor está, forma preferente, dispuesta el segundo circuito. La sección de transferencia de calor puede estar en comunicación fluida con la turbina de vapor del segundo circuito. Antes de alcanzar al intercambiador de calor HTF, el gas de calentamiento se enfriará cuando pasa a través de la sección de transferencia de calor. El calor de los gases de calentamiento que pasan puede ser transferido al segundo medio fluido del segundo circuito. Esto puede  
45 calentar el segundo medio fluido a una temperatura de alrededor de 600° C, la cual puede ser una temperatura de entrada para la turbina de vapor. De forma ventajosa, el calor que proviene del gas de calentamiento que se ha enfriado se puede utilizar finalmente para generar electricidad. La presencia de la sección de transferencia de calor en conjunción con el intercambiador de calor gas / HTF puede permitir un calentamiento gradual del segundo medio fluido. El segundo medio fluido pueden calentarse por encima de una temperatura de alrededor de 400° C mediante  
50 transferencia calor desde el primer circuito y posteriormente en una etapa posterior a una temperatura de alrededor de 600° C, mediante transferencia de calor desde los gases de calentamiento al segundo circuito. La turbina de vapor puede estar configurada para procesar el vapor a una temperatura de entrada de como máximo 600° C, en

particular de como máximo 565° C. En este caso, las turbinas de vapor pueden funcionar, de forma ventajosa, a una temperatura relativamente alta de alrededor de 600° C, lo cual puede incrementar la eficiencia total de funcionamiento de la planta de energía solar.

5 De forma ventajosa, la configuración de la planta de energía solar, aun así, permite un funcionamiento puramente con energía solar. En un funcionamiento solar puro, la temperatura del segundo medio fluido permanecerá alrededor de 400° C. El funcionamiento solar puro puede estar libre de emisiones de CO<sub>2</sub> lo cual contribuirá a la reducción del efecto invernadero global.

10 En un modo de realización de la planta de energía solar de acuerdo con la invención, al menos dos secciones de transferencia de calor definen un sobrecalentador y un recalentador. El sobrecalentador puede estar situado en el segundo circuito para calentar el segundo medio fluido, en particular vapor, en un primer momento desde una temperatura de alrededor de 400° C hasta una temperatura de alrededor de 600° C. Posteriormente, el segundo medio fluido sobrecalentado se puede suministrar a la turbina de vapor. Después de pasar a través de al menos una sección de la turbina de vapor, el segundo medio fluido puede ser, en un segundo momento, recalentado mediante el recalentador. El segundo medio fluido puede ser conducido después, por ejemplo, dos secciones a partir de la turbina de vapor al recalentador. Finalmente, el segundo medio fluido puede conducirse al recalentador a través del intercambiador de calor del primer circuito. Después de pasar a través del recalentador, el segundo medio fluido puede ser conducido de vuelta a la turbina de vapor para pasar a través de las secciones de turbina de vapor restantes. El calentamiento gradual del segundo medio fluido mediante el sobrecalentador y el recalentador puede, de forma ventajosa, aumentar, de forma adicional, la eficiencia total de la planta de energía solar.

20 En un modo de realización de la planta de energía solar de acuerdo con la invención, el sobrecalentador comprende al menos dos secciones de sobrecalentador las cuales están situadas en el conducto de gas. Las secciones de sobrecalentador y recalentador pueden estar, de forma alternativa, situadas aguas abajo del flujo de gas de calentamiento, en el conducto de gas. De forma preferente, una sección de sobrecalentador está situada más aguas arriba del flujo de gas. Al menos una sección del recalentador en el conducto de gas puede disponerse entre dos secciones de sobrecalentador. Esta configuración, de forma ventajosa, permite una transferencia de calor mejorada adicional desde los gases de calentamiento al segundo medio fluido.

30 En un modo la realización de la planta de energía solar de acuerdo con la presente invención, la planta de energía solar está además provista de al menos un conducto de bypass para puentear al menos un intercambiador de calor del segundo circuito. El intercambiador de calor del segundo circuito está situado, al menos parcialmente, en el conducto de gas para transferir el calor desde el gas de calentamiento al segundo medio fluido y tiene un suministro de intercambiador de calor y un conducto de descarga. Se dispone una válvula de intercambiador de calor para abrir o cerrar el suministro de intercambiador de calor y el conducto de descarga, dependiendo de la rentabilidad del campo solar y del correspondiente funcionamiento de la fuente de calor. El conducto de bypass está provisto con una válvula de bypass para abrir o cerrar el conducto de bypass durante el funcionamiento. La presencia de un conducto de bypass permite un funcionamiento mejorado de la planta de energía solar sin la utilización de una fuente de calor. El intercambiador de calor puede estar cerrado o puenteadado para prevenir un enfriamiento no deseado del segundo medio fluido. De forma ventajosa, la eficiencia de un funcionamiento solar puro de la planta de energía solar, de acuerdo con la invención, puede ser mejorada adicionalmente mediante la presencia de al menos un conducto de bypass.

40 Modos de realización adicionales se definen en las reivindicaciones secundarias.

45 Además, la invención se refiere a un método como el definido en la reivindicación 14. Una planta de energía solar híbrida es utilizada para generar electricidad. La planta de energía solar incluye una turbina de vapor, al menos un colector solar y una fuente de calor auxiliar. El método comprende las etapas de circular un primer medio fluido en un primer circuito, el cual comprende el colector solar; circular un segundo medio fluido en un segundo circuito, el cual comprende una turbina de vapor; y transferir el calor desde el primer medio fluido al segundo medio fluido en el segundo circuito mediante, al menos, un intercambiador de calor que proporciona una conexión térmica entre el primer y segundo circuitos.

50 El método de acuerdo con la invención se caracteriza por qué el método comprende además una etapa de transferencia de calor al primer medio fluido en el primer circuito, a través de, selectivamente, una o ambas de las etapas de transferencia que recolectan calor solar a través del colector solar al primer medio fluido en el primer circuito y transfiriendo el calor desde el gas de calentamiento que se origina a partir de la fuente de calor al primer medio fluido en el primer circuito mediante un intercambiador de calor gas / primer fluido.

55 La planta de energía solar utilizada proporciona una operación óptima para ambas etapas en combinación o, de forma selectiva, para una de las etapas. Durante la luz del día, el funcionamiento para la generación de electricidad puede estar basado meramente en la recolección de calor solar. Durante la noche o en circunstancias climatológicas sin o apenas sin radiación solar disponible, el funcionamiento puede estar basado meramente en una fuente de calor auxiliar activada. La combinación de ambas etapas está también disponible en el método de acuerdo con la

invención y puede seleccionarse durante la luz del día o en circunstancias climatológicas con radiación solar insuficiente.

Modos de realización preferentes adicionales se definen en las reivindicaciones secundarias.

5 La invención se explicará en mayor detalle con referencia a los dibujos anexados. Los dibujos muestran un modo de realización práctico de acuerdo con la invención, el cual no puede ser interpretado como limitador del ámbito de protección de la invención. Las características específicas se pueden considerar también apartadas del modo de realización mostrado y se pueden tener en cuenta en un contexto más amplio como una característica delimitadora, no sólo para el modo de realización mostrado sino también como una característica común para todos los modos de realización que caen dentro del ámbito de protección de las reivindicaciones anexas, en las cuales:

10 La figura 1 muestra una vista esquemática de una planta de energía solar que tiene un primer y un segundo circuitos como los mostrados en el estado de la técnica anterior.

La figura 2 muestra una vista esquemática de una planta de energía solar de acuerdo con la invención, en donde la planta de energía solar comprende un intercambiador de calor gas / HTF.

15 La figura 3 muestra una vista esquemática de la planta de energía solar de la figura 2, la cual se completa además con unidades de intercambio de calor en el segundo circuito.

La figura 4 muestra una vista esquemática de la planta de energía solar de la figura 3, la cual se completa además con conductos de bypass para puentear las unidades de intercambio de calor en el segundo circuito.

20 La figura 1 muestra una vista esquemática de una planta de energía solar convencional 1. La configuración mostrada de la planta de energía solar es una configuración práctica aceptada la cual está construida en una pluralidad de sitios en el mundo. La planta de energía solar 1 comprende un circuito 2 de Fluido de Transferencia de Calor (HFT) como un primer circuito y un circuito agua / vapor 3 como un segundo circuito que incluye un segundo medio fluido, el cual es una mezcla agua / vapor. El circuito HTF 2 está dibujado en la parte izquierda de la figura 1 y está conectado térmicamente al circuito agua / vapor 3. El circuito HTF 2 comprende al menos un colector solar 22 en un campo solar para intercambio de calor solar del medio fluido HTF. El medio fluido HTF puede ser, por ejemplo, un aceite térmico. El medio de flujo HTF tiene las propiedades apropiadas para ser calentado mediante radiación solar. El circuito HTF 2 comprende una bomba 21 para circulación del medio fluido HTF.

25 El circuito HTF 2 está acoplado térmicamente al circuito agua / vapor 3 mediante al menos un intercambiador de calor 23,35. El medio fluido HTF es bombeado a través del campo solar 22 a al menos uno de los intercambiadores de calor HTF - vapor. El primer y segundo intercambiadores de calor 231, 232 están dispuestos en paralelo uno con respecto al otro y conectados al campo solar 22.

30 El segundo intercambiador de calor HTF - vapor 232 funciona como un sobrecalentador para calentar el medio fluido de vapor en el circuito agua / vapor 3 desde una temperatura de alrededor de 320° C hasta 380° C. El medio fluido de vapor sobrecalentado es alimentado a un primer grupo de secciones de turbina de vapor 32. Las secciones de turbina de vapor 321, 322 están conectadas en serie. Disponiendo una pluralidad de secciones de turbina de vapor en cascada, la temperatura de vapor puede ser reducida gradualmente. Mientras que pasa por al menos dos secciones, el vapor se enfría a una temperatura de alrededor de 230° C. Posteriormente, el vapor enfriado desde la sección de turbina de vapor 322 es conducido al primer intercambiador de calor HTF - vapor 231 para ser recalentado a una temperatura de alrededor de 380° C. El medio fluido de vapor recalentado es conducido a un segundo grupo de secciones de turbina de vapor 33. Como se ilustra, el segundo grupo de secciones de turbina de vapor 33 incluye siete secciones. El medio fluido de vapor es conducido a través de las secciones de turbina de vapor y se genera la electricidad.

35 El circuito HTF 2 además comprende intercambiadores de calor auxiliares 35 para intercambiar calor desde el medio fluido HTF a la mezcla agua / vapor. El intercambiador de calor auxiliar 35 incluye un primer intercambiador de calor auxiliar 351 y un segundo intercambiador de calor auxiliar 352. El primer y segundo intercambiadores de calor auxiliares 351 y 352 están dispuestos en serie y situados aguas abajo del segundo intercambiador de calor HTF - vapor 232. Los intercambiadores de calor auxiliares pueden calentar la mezcla agua / vapor gradualmente desde alrededor de 250° C hasta alrededor de 300° C.

40 El circuito agua / vapor 3 comprende además un grupo de fases de precalentamiento de alimentación de agua. Un precalentador de alimentación de agua es una unidad de intercambio de calor para calentar agua desde un suministro de alimentación 30, el cual incluye una bomba 31. El grupo de fases de calentadores de alimentación de agua comprende siete fases, las cuales se corresponden con las siete secciones del grupo de secciones de turbina de vapor 33. Cada sección de turbina de vapor el grupo 33 está conectada a la correspondiente fase del

precalentador de alimentación de agua 34. Cada fase de precalentamiento de alimentación de agua tiene un conducto de entrada de vapor originado a partir de la sección de turbina de vapor.

El esquema que representa la planta solar tiene una eficiencia eléctrica típica de alrededor del 35%. La disponibilidad de la planta de energía solar está principalmente influida por las diferencias entre el día y la noche. Durante la noche el campo solar 22 no genera calor lo cual reduce de forma sustancial la eficiencia.

La figura 2 muestra una vista esquemática de una planta de energía solar de acuerdo con la invención. La planta de energía solar tiene una disponibilidad mejorada con respecto a la planta de energía solar convencional de la figura 1. La planta de energía solar 1 de acuerdo con la invención, además comprende una fuente de energía auxiliar 4. La fuente de energía auxiliar proporciona a la planta de energía solar 1 propiedades híbridas. La planta de energía solar 1 puede hacerse funcionar con energía solar y con energía producida por combustibles fósiles. La planta de energía solar híbrida 1 es capaz de funcionar únicamente con energía solar o únicamente con energía fósil. Durante la luz del día, la planta de energía solar 1 puede producir energía eléctrica generada solamente por la energía solar. Durante la noche la planta de energía solar 1 puede producir energía eléctrica originada a partir de combustibles fósiles. Durante el atardecer, la planta de energía solar 1 puede operar tanto con energía solar como con energía fósil. Si la planta de energía solar 1 funciona únicamente con energía solar, la planta de energía solar 1 puede ser adecuada desde el punto de vista medioambiental ya que el funcionamiento puede estar libre de emisiones de CO<sub>2</sub> durante el día.

La fuente de energía fósil 4 comprende una fuente de calor 41. Como se ilustra, la fuente de calor 41 puede ser una turbina de gas. La turbina de gas es adecuada para aplicación industrial y puede generar una potencia de 174600 kW. La turbina de gas 41 tiene una eficiencia LVH de alrededor del 36%. La turbina de gas 41 no puede producir gases de calentamiento. El gas del calentamiento tiene, normalmente, una temperatura de escape de alrededor de 600 °C en una salida de la turbina de gas. La turbina de gas 31 está conectada a un conducto de gas 42 para guiar el gas de calentamiento. La turbina de gas 41 está conectada a un extremo del conducto de gas, mientras que en el otro extremo se dispone una chimenea 43 para descargar el gas de calentamiento enfriado al exterior.

Durante el funcionamiento, el gas de calentamiento pasa a través del conducto de gas 42, en donde el gas de calentamiento pasa a través del intercambiador de calor gas - HTF 44. El intercambiador de calor gas - HTF 44 está configurado para transferir calor desde el gas de calentamiento a un fluido de transferencia de calor en un circuito. Aquí, el intercambiador de calor gas - HTF 44 proporciona una conducción térmica entre la fuente de calor 41 y un primer circuito 2, el circuito HTF. El intercambiador de calor gas - HTF 44 se extiende, al menos parcialmente, dentro del conducto de gas 42 para calentar el medio fluido HTF en el circuito HTF 2. El intercambiador de calor gas - HTF 44 está configurado para calentar el medio fluido HTF en el circuito HTF 2 por encima de una temperatura de alrededor de 400 °C. Normalmente, un fluido de transferencia de calor como un aceite térmico, tiene una temperatura máxima admitida de alrededor de 400 °C para evitar el deterioro del fluido. Esta temperatura máxima del medio fluido HTF puede ser, por ejemplo, controlada mediante la bomba 21.

El intercambiador de calor gas - HTF 44 está en comunicación fluida, conectado al campo solar 22. Si el campo solar 22 no calienta de forma suficiente el medio fluido HTF, entonces el intercambiador de calor gas - HTF 44 puede ser puesto en marcha para calentar además el medio fluido HTF. En este caso, se proporciona una planta de energía solar híbrida, la cual puede funcionar durante el día y la noche.

El gas de calentamiento que pasa a través del intercambiador de calor gas - HTF 44 se puede descargar a través de una chimenea 43. Normalmente, la temperatura del gas de calentamiento después de dejar el intercambiador de calor gas - HTF 44 es de alrededor de 260 °C.

Como se muestra el modo de realización de la planta de energía solar 1 en la figura 2, el circuito agua / vapor 3 se amplía además mediante intercambiadores de calor 45. Los intercambiadores de calor 45 están dispuestos en el conducto de gas 42. Los intercambiadores de calor 45 están situados aguas arriba del flujo de gas del intercambiador de calor gas - HTF 44. Los intercambiadores de calor 45 incluyen un sobrecalentador 451 y un recalentador 452. El sobrecalentador 451 comprende dos secciones de sobrecalentamiento. El recalentador 452 comprende dos secciones de recalentamiento. Las secciones del sobrecalentador y del recalentador están dispuestas en una hilera en el conducto de las 42. Una sección de sobrecalentador 451 está situada más aguas arriba del flujo de gas. Posteriormente, dos secciones de recalentador 452 y una selección más de sobrecalentador 451 están situadas aguas abajo del flujo de gas de la primera sección de sobrecalentador de una forma alternada. El intercambiador de calor gas - HTF 44 está situado aguas abajo del flujo de gas de la sección final hasta recalentamiento 452. Los intercambiadores de calor 45 proporcionan un enfriamiento del gas de calentamiento de alrededor de 500 °C. El calor es transferido desde los gases de recalentamiento al medio fluido de vapor en el circuito agua / vapor 3 mediante los intercambiadores de calor 45. Los intercambiadores de calor 45 pueden proporcionar un incremento de la temperatura del medio fluido de vapor desde alrededor de 350 °C alrededor hasta 565 °C. El circuito agua / vapor 3 comprende al menos un grupo de secciones de turbina de vapor 32, 33 las cuales están situadas aguas abajo del medio de flujo de vapor de los intercambiadores de calor 45. Para incrementar la

eficiencia, la turbina de vapor está configurada para funcionar a temperaturas de vapor de como máximo de 600 °C, y en particular de alrededor de 565° C durante el funcionamiento normal.

La figura 3 muestra una vista esquemática de un modo de realización adicional de la planta de energía solar 1 de acuerdo con la invención. El modo de realización mostrado corresponde al modo la realización de la figura 2. Referencias numéricas correspondientes indican componentes similares. La planta de energía solar 1 de la figura 3 se amplía además en que el tren de la energía fósil 4 está además provisto de un intercambiador de calor 46. El intercambiador de calor 46 está dispuesto en el conducto de gas 42 aguas abajo del intercambiador de calor gas - HTF 44. El intercambiador de calor 46 está implementado en el circuito de agua / vapor 3 y está configurado para transferir calor desde el gas de calentamiento al medio fluido de vapor. El intercambiador de calor 46 funciona como un economizador para precalentar el agua que proviene del suministro de alimentación 30. El intercambiador de calor 46 está conectado en paralelo con el grupo de economizadores 34 en el circuito agua / vapor 3. Se dispone al menos una válvula de tres vías 4603 en el suministro de alimentación 30 para abrir o cerrar la entrada 461 o salida 462 del intercambiador de calor 46. La al menos una válvula de tres vías 4603 puede estar situada aguas arriba y / o aguas abajo del intercambiador de calor 46. Poniendo en marcha la válvula de tres vías 4603, el medio fluido puede ser suministrado al intercambiador de calor 46 o, en caso de que la fuente de calor esté fuera de uso, el intercambiador de calor 46 puede ser puenteado. En este caso, el suministro de alimentación 30 sirve a como conducto de bypass. De forma ventajosa, la presencia del intercambiador de calor 46 puede incrementar adicionalmente la eficiencia eléctrica de la planta de energía solar 1. Debido a la presencia del intercambiador de calor 46, los gases de calentamiento originados a partir del intercambiador de calor gas - HTF 44 pueden ser además enfriados, en donde la energía térmica es utilizada para calentar el medio fluido de vapor en el circuito agua / vapor. En este caso, la eficiencia eléctrica total de la planta de energía solar puede incrementarse alrededor del 50%, en donde la temperatura de escape del gas de calentamiento fuera del conducto de gas puede ser de alrededor de 155 °C. El gas de calentamiento puede descargarse al exterior a través de una chimenea 43. En comparación con la chimenea 43 de la figura 2, la chimenea 43 de la figura 3 puede, de forma ventajosa, tener unas dimensiones menores, debido a las reducidas temperaturas de gas de calentamiento.

La figura 4 muestra, en una vista esquemática, un modo de realización adicional de la planta de energía solar 1 de acuerdo con la invención. El modo de realización mostrado corresponde con el modo de realización de la figura 3. Las referencias numéricas correspondientes indican componentes similares. La figura 4 muestra el circuito HTF 2 y el circuito agua / vapor 3, los cuales están térmicamente acoplados mediante, al menos un intercambiador de calor 23 y / o 35. El intercambiador de calor 23 está situado aguas abajo del campo solar y del intercambiador de calor gas - HTF 44 en el circuito HTF. El intercambiador de calor gas - HTF 44 está dispuesto, al menos parcialmente, en el conducto de gas 42 para una transferencia de calor directa desde el gas de calentamiento al medio fluido HTF.

Como se muestra en el modo de realización de la planta de energía solar 1 en la figura 2, el circuito agua / vapor 3 está además ampliado por los intercambiadores de calor 45. Los intercambiadores de calor 45 están dispuestos en el conducto de gas 42. Los intercambiadores de calor 45 están situados aguas arriba del flujo de gas del intercambiador de calor gas - HTF 44. Los intercambiadores de calor incluyen un sobrecalentador 451 y un recalentador 452. El sobrecalentador 451 comprende dos secciones de sobrecalentador 451. El recalentador 452 comprende dos secciones de recalentador 452. Las secciones del sobrecalentador y del recalentador están dispuestas en una hilera en el conducto de las 42. Una selección de sobrecalentador 451 está situada más aguas arriba del flujo de gas. Posteriormente una sección de recalentador 452, una sección adicional de sobrecalentador 451 y una sección adicional de recalentador 452 están situadas aguas abajo del flujo de gas de la primera sección de sobrecalentador de una forma alternada. El intercambiador de calor gas - HTF 44 está situado aguas abajo del flujo de gas después de la sección final de recalentador 452.

La planta de energía solar como la mostrada en la figura 4 está además provista de al menos un conducto de bypass 4512, 4522 para puentear al intercambiador de calor 45. El conducto de bypass 4512, 4522 está provisto de una válvula de bypass 4513, 4523 para abrir o cerrar el conducto de bypass 4512, 4522. El intercambiador de calor 45 tiene un suministro de intercambiador de calor y un conducto de descarga 4510, 4520. La válvula de intercambiador de calor 4511, 4521 está prevista para abrir o cerrar el suministro de intercambiador de calor y el conducto de descarga 4510, 4520 dependiendo de la rentabilidad del campo solar y del funcionamiento correspondiente de la fuente de calor 4. La presencia del conducto de bypass permite un funcionamiento mejorado de la planta de energía solar sin utilizar la fuente de calor 4. El intercambiador de calor 45 puede cerrarse y puentearse para prevenir un enfriamiento no deseado del medio fluido. De forma ventajosa, la eficiencia de un funcionamiento solar puro de la planta de energía solar de acuerdo con la invención puede ser, además mejorada mediante la presencia de los conductos de bypass 4512, 4522.

Los conductos de bypass 4512, 4522 del intercambiador de calor 45 pueden, de forma alternativa, estar dispuestos como se muestra en detalle para el intercambiador de calor 46. El intercambiador 46 tiene un conducto de bypass 460 que incluye al menos una válvula de tres vías 4603. La válvula de tres vías 4603 puede accionarse para suministrar medio fluido al intercambiador de calor 46 o para cerrar el intercambiador de calor 46 y permitir que el medio fluido puentee al intercambiador de calor 46. El conducto de bypass 460 puede corresponder con el



suministro de alimentación 30 de las fases de precalentamiento de la alimentación de agua para puentear al intercambiador de calor 46.

5 Por tanto, la invención proporciona una planta de energía solar que tiene una eficiencia mejorada. De forma adicional, la invención proporciona una planta de energía solar la cual es capaz de funcionar solamente con energía solar o en combinación con una fuente de energía auxiliar.

10 Aunque esta invención ha sido mostrada y descrita con respecto a un modo detallado de realización de la misma, se entenderá por aquellos expertos en la materia que se pueden hacer varios cambios y se pueden sustituir elementos por equivalentes de los mismos sin alejarse del ámbito de protección de la invención como se define en las reivindicaciones. Adicionalmente, se pueden hacer modificaciones para adaptar a una situación particular o un material a las enseñanzas de la invención sin alejarse del ámbito de protección esencial de la misma. Por consiguiente, se pretende que la invención no esté limitada a los modos de realización particulares descritos en la descripción detallada anterior, sino que la invención incluirá todos los modos de realización que caigan dentro del ámbito de protección de las reivindicaciones anexas.

**REIVINDICACIONES**

1. Planta de energía solar (1) que comprende, respectivamente, un primer circuito, el cual forma un circuito solar (2) para circular un medio fluido solar y un segundo circuito, el cual forma un circuito de vapor (3) para circular un segundo medio fluido, en donde el circuito solar (2) comprende:

- 5 - una bomba (21) para circulación del medio fluido solar del primer circuito;  
- al menos un colector solar (22) para transferir el calor solar recolectado al medio fluido solar;

y en donde el circuito de vapor (3) comprende:

- una suministro de alimentación (30);  
- una bomba (31) para circulación del segundo medio fluido en el segundo circuito;

- 10 - y una turbina de vapor (33) para generar electricidad a partir del vapor;

en la cual se disponen al menos un intercambiador de calor primer fluido / segundo fluido (23) para acoplarse térmicamente al circuito solar (2) y al circuito de vapor (3) para intercambiar calor desde el medio de flujo solar en el circuito solar (2) al segundo medio fluido en el circuito de vapor (3);

caracterizada por qué el circuito solar (2) además comprende una fuente de energía auxiliar:

- 15 - una fuente de calor (41) para generar un flujo de gas de calentamiento;  
- un conducto de gas (42) para guiar el flujo del gas de calentamiento desde la fuente de calor (41);  
- un intercambiador de calor gas / primer fluido (44), el cual está dispuesto, al menos parcialmente, en el conducto de gas (42), para transferir calor desde el gas de calentamiento al medio fluido solar en el circuito solar (2), de tal manera que el medio fluido solar se calienta directamente mediante el gas de calentamiento.

- 20 2. Planta de energía solar de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la fuente de calor (41) es una turbina de gas.

3. Planta de energía solar de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, en donde el primer medio fluido solar es un fluido de transferencia de calor solar (HTF) y en donde el intercambiador de calor gas / primer fluido (44) es un intercambiador de calor gas - fluido de transferencia de calor (gas - HFT).

- 25 4. Planta de energía solar de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo medio fluido comprende una mezcla de agua y vapor.

- 30 5. Planta de energía solar de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos un intercambiador de calor (45) se dispone, al menos parcialmente, en el conducto de gas (42) entre la fuente de calor (41) y el intercambiador de calor gas / primer fluido (44), en donde el intercambiador de calor (45) está en comunicación fluida con el segundo circuito, para transferir calor desde el gas de calentamiento al segundo medio fluido en el segundo circuito.

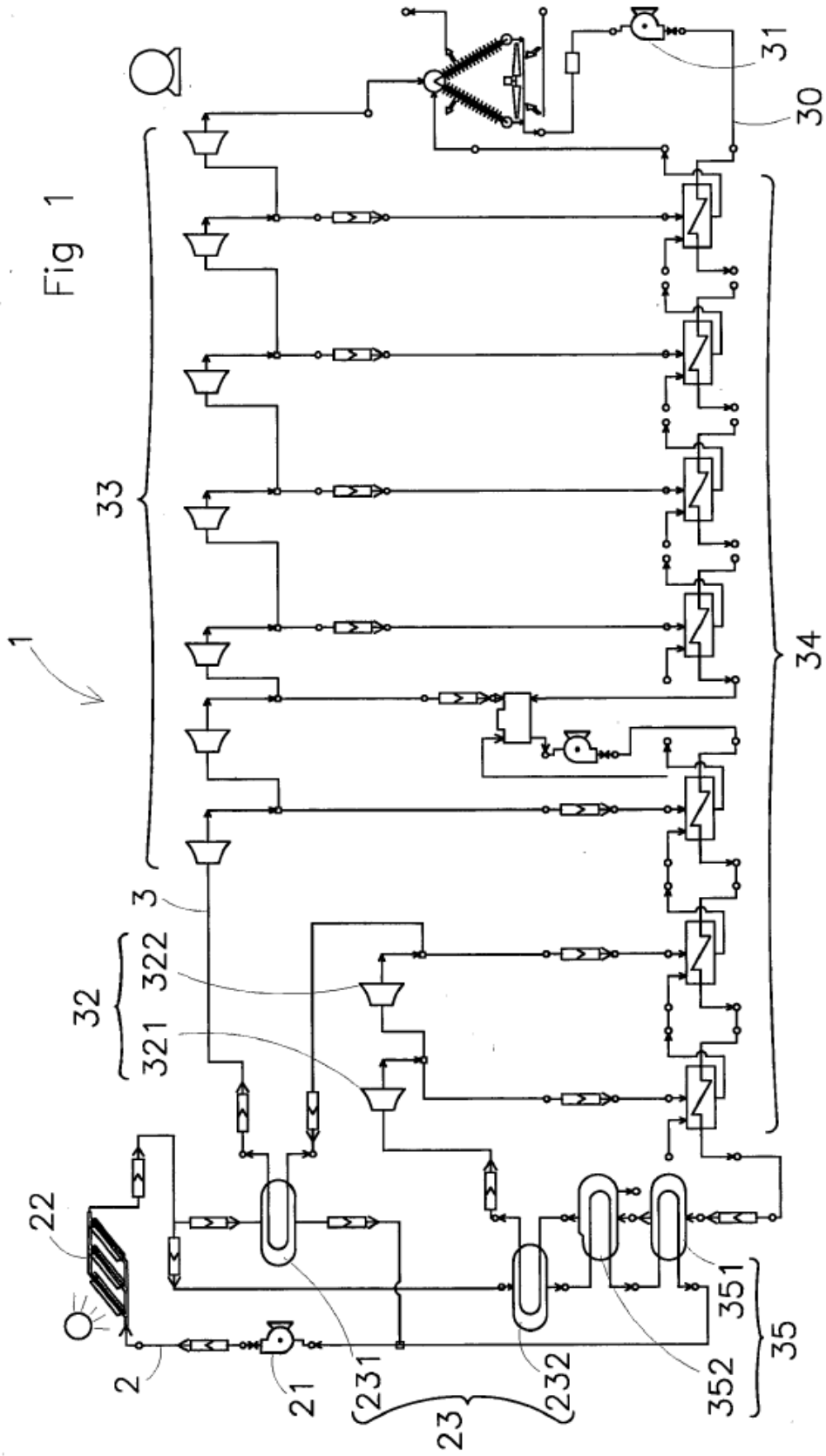
6. Planta de energía solar de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el intercambiador de calor (45) comprende al menos una sección de transferencia de calor (451, 452) la cual está dispuesta aguas arriba del flujo de gas del intercambiador de calor HTF (44).

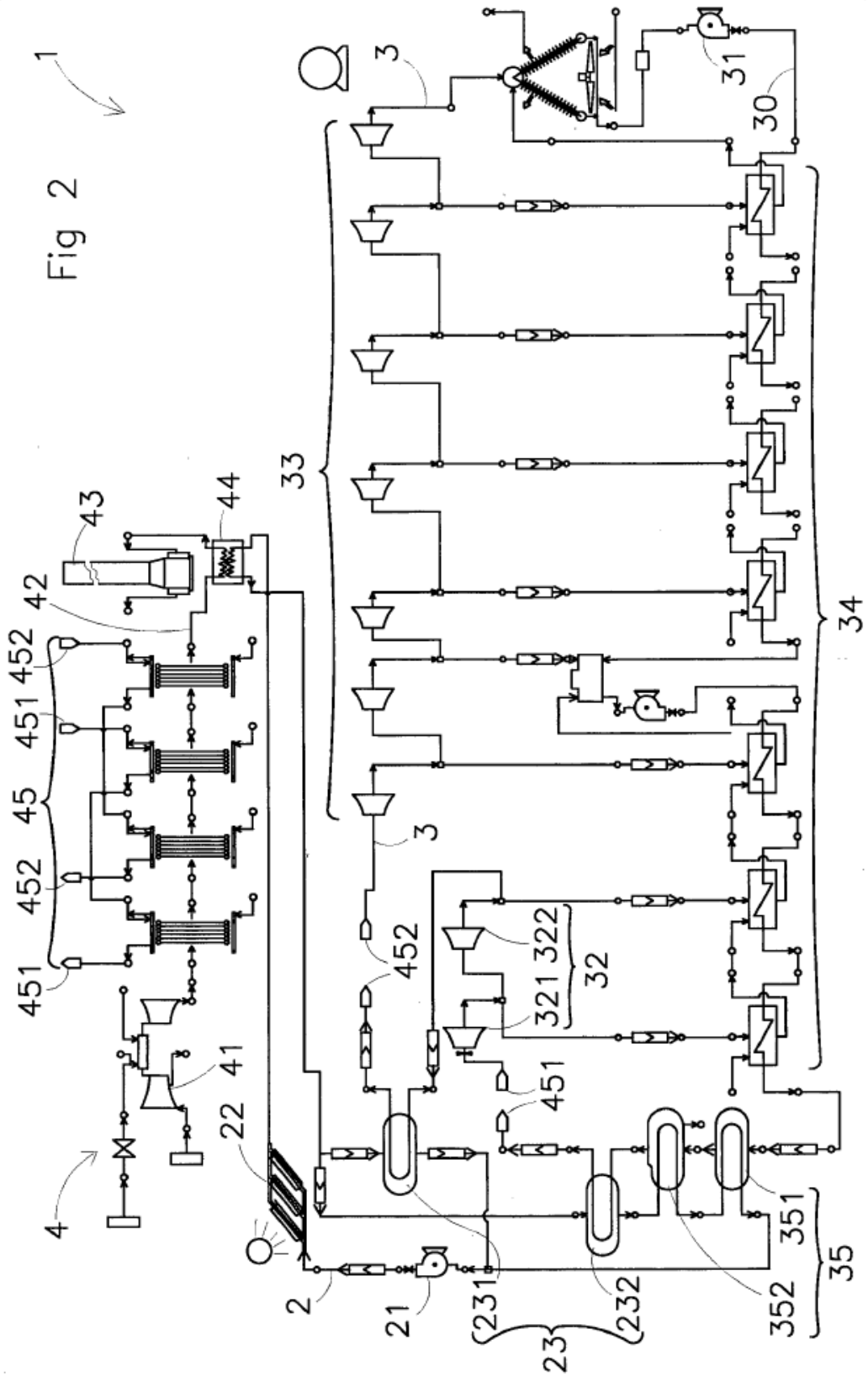
- 35 7. Planta de energía solar de acuerdo con la reivindicación 6, en donde al menos una sección de transferencia de calor (451) está dispuesta como un sobrecalentador en el segundo circuito.

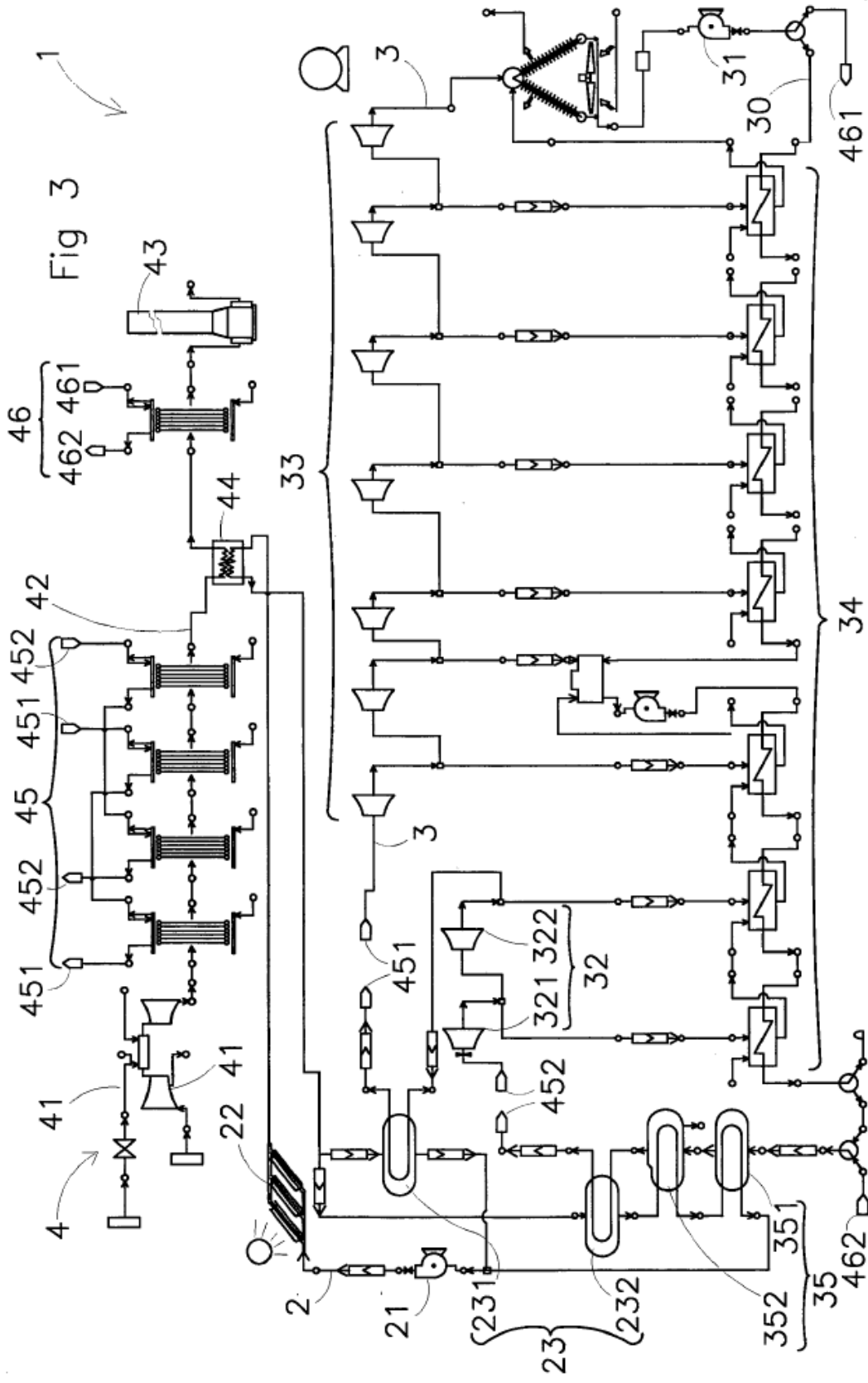
8. Planta de energía solar de acuerdo con las reivindicaciones 6 ó 7, en donde al menos una sección de transferencia de calor (452) está dispuesta como un recalentador en el segundo circuito.

- 40 9. Planta solar de energía solar de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el sobrecalentador y / o recalentador (451, 452) están configurados para calentar el segundo medio fluido en el segundo circuito por encima de al menos 400 °C, en particular al menos 450 °C y más en particular por encima de al menos 550 °C como una temperatura de entrada del segundo medio fluido a la turbina de vapor (33).

- 5 10. Planta de energía solar de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 - 9, en donde la planta de energía solar está además provista de al menos un conducto de bypass (4512, 460) para puentear el al menos un intercambiador de calor (45, 46) del segundo circuito (3), en donde el intercambiador de calor (45, 46) tiene un suministro de intercambio de calor y un conducto de descarga (4510, 461, 462) que incluyen al menos una válvula de intercambio de calor (4511, 4603) para abrir o cerrar el suministro de intercambio de calor y el conducto de descarga, en donde el conducto de bypass (4512) está en comunicación fluida con el suministro de intercambio de calor y con el conducto de descarga (4510, 461, 462) y está provisto de una válvula de bypass (4513, 4603) para abrir o cerrar el conducto de bypass (4512) durante el funcionamiento.
- 10 11. Planta de energía solar de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo circuito comprende un intercambiador de calor (46), el cual, está al menos parcialmente, dispuesto en el conducto de gas (42) aguas abajo del intercambiador de calor gas / primer fluido (44).
12. Planta de energía solar de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el segundo circuito comprende al menos un precalentador de agua alimentada (34) para calentar el agua suministrada (30), en donde el intercambiador de calor (46) está dispuesto en paralelo a dicho precalentador de agua alimentada (34).
- 15 13. Método para generar electricidad mediante una planta de energía solar híbrida (1) incluyendo una turbina de vapor (33), un colector solar (22) y una fuente de calor auxiliar (41) que comprende las etapas de:
- circular un medio fluido solar en un primer circuito, el cual forma un circuito solar (2) que comprende el colector solar (22);
- 20 - circular un segundo medio fluido en un segundo circuito, el cual forma un circuito de vapor (3) que comprende una turbina de vapor (33); y
- transferir el calor desde el medio fluido solar al segundo medio fluido en el segundo circuito a través de, al menos un intercambiador de calor (23), el cual proporciona una conexión térmica entre el primer y segundo circuitos exteriores a la fuente de calor auxiliar (41);
- 25 caracterizado porque el método comprende además una etapa de transferir calor al medio fluido solar en el circuito solar mediante, de forma selectiva, una o ambas de las siguientes etapas:
- transferir el calor solar recolectado por el colector solar (22) al medio de flujo solar del primer circuito;
- transferir el calor desde un gas de calentamiento originado a partir de la fuente de calor auxiliar (41) al medio fluido solar en el circuito solar, mediante un intercambiador de calor gas / primer fluido (44), de tal manera que el medio fluido solar es calentado directamente por el gas de calentamiento.
- 30 14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además la etapa de transferir calor desde el gas de calentamiento originado a partir de la fuente de calor (41) al segundo medio fluido en el segundo circuito, mediante un intercambiador de calor (45) el cual está situado aguas arriba del intercambiador de calor gas / primer fluido (44).
- 35 15. Método de acuerdo con las reivindicaciones 13 ó 14, que comprende además la etapa de transferir calor desde el gas de calentamiento originado a partir de la fuente de calor (41) al segundo medio fluido en el segundo circuito, mediante un intercambiador de calor (46), el cual está situado aguas abajo del intercambiador de calor gas / primer fluido (44).







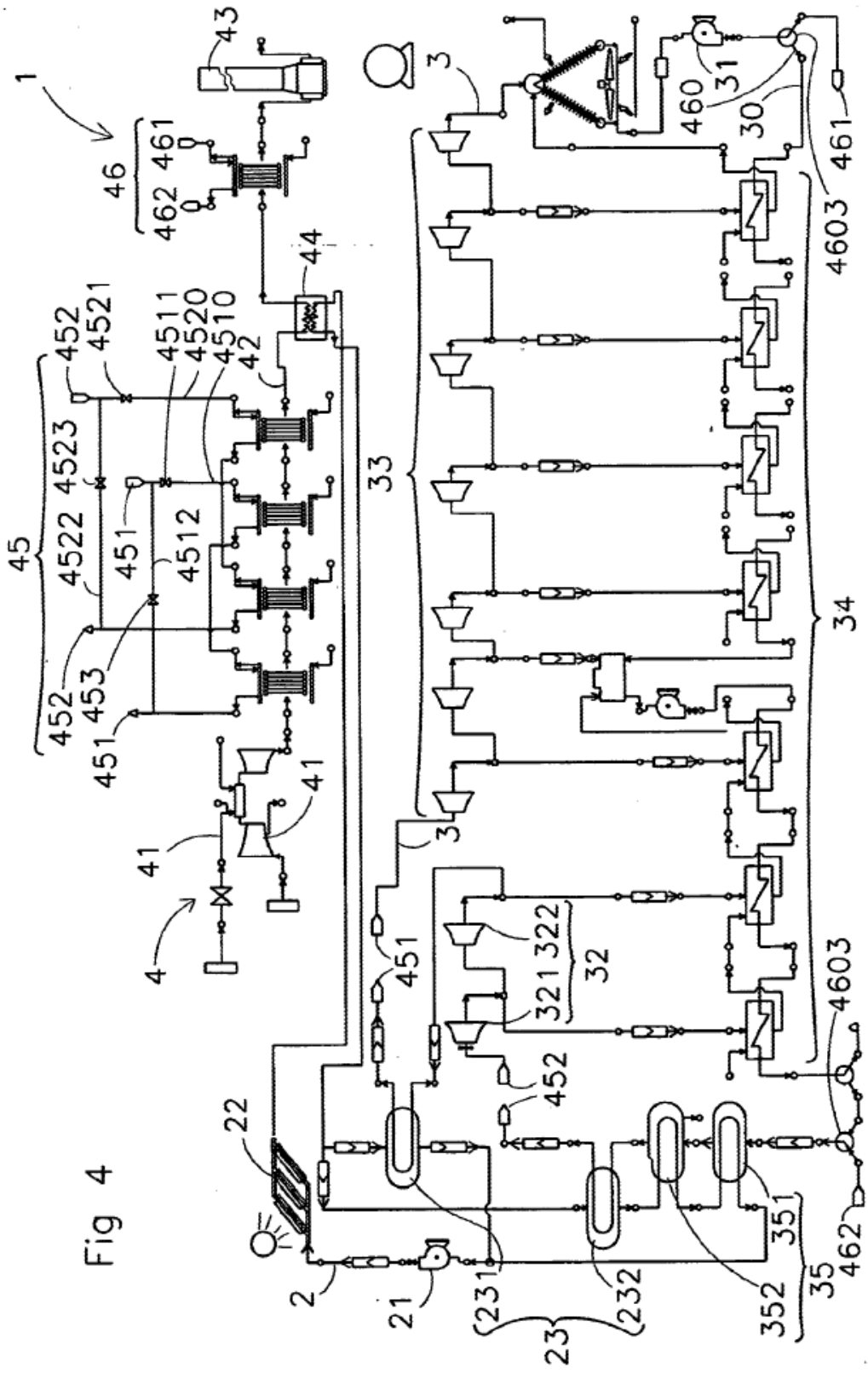


Fig 4