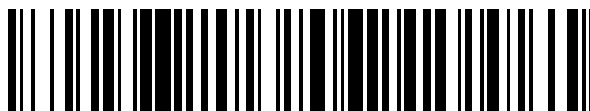


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 853**

51 Int. Cl.:

F03G 6/00 (2006.01)

F01K 7/16 (2006.01)

F22B 35/00 (2006.01)

F22G 1/16 (2006.01)

F03G 6/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2016** **E 16176800 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018** **EP 3112679**

54 Título: **Sistema de generación de energía térmica solar y método de generación de energía térmica solar**

30 Prioridad:

30.06.2015 JP 2015131553

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

14.05.2018

73 Titular/es:

MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.
(100.0%)

3-1, Minatomirai 3-chome
Nishi-kuYokohama 220-8401, JP

72 Inventor/es:

MISHIMA, NOBUYOSHI y
NAGAFUCHI, NAOYUKI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 667 853 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

Sistema de generación de energía térmica solar y método de generación de energía térmica solar

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un sistema de generación de energía térmica solar y a un método de generación de energía solar térmica y, en particular, a un sistema de generación de energía térmica solar que incluye un sistema de almacenamiento de calor capaz de almacenar calor solar y liberar el calor solar almacenado, y a un método de generación de energía mediante el sistema de generación de energía.

2. Descripción de la técnica relacionada

Existen sistemas de generación de energía solar térmica capaces de llevar a cabo la generación de energía mediante la captación de calor solar al mismo tiempo que se almacena el calor solar captado, y capaces asimismo de llevar a cabo la generación de energía mediante la liberación de calor solar almacenado. La patente JP-2014-92086-A da a conocer un sistema de generación de energía térmica solar (planta de generación de energía térmica solar) diseñado para simplificar el ciclo medio de calentamiento de la totalidad del sistema de generación de energía mediante la integración de un ciclo medio de calentamiento para captar el calor solar junto con un ciclo medio de calentamiento para accionar una turbina de vapor. Para tal fin, el sistema de generación de energía térmica solar incluye una unidad de captación de calor solar que utiliza agua / vapor como medio de calentamiento para captar el calor solar y genera vapor sobrecalentado vapor sobrecalentado a partir de agua mediante el calor solar, un equipo de generación de energía mediante una turbina de vapor que lleva a cabo la generación mediante el accionamiento de la turbina de vapor con el vapor sobrecalentado generado por la unidad de captación de calor solar, y una unidad de almacenamiento / liberación de calor solar que utiliza sal fundida o aceite como medio de almacenamiento de calor y almacena el calor solar llevando a cabo un intercambio de calor entre el medio de calentamiento (agua / vapor) después de recuperar el calor solar, y el medio de almacenamiento de calor. En el sistema de generación de energía térmica solar descrito en la patente JP-2014-92086-A, con el fin de almacenar de manera eficiente el calor solar recuperado por el medio de calentamiento de la unidad de captación de calor solar, la unidad de almacenamiento / liberación de calor solar almacena el calor solar en tres intervalos de temperatura, dependiendo del estado del medio de calentamiento (agua / vapor) en el proceso que va de vapor sobrecalentado a agua subenfriada.

Además, la patente EP 2 871 334 A1 describe la provisión de una planta de energía de turbinas de vapor, y un método para activar la planta de energía de turbinas de vapor. La planta de energía de turbinas de vapor incluye una calculadora de la magnitud del consumo a lo largo de la vida configurada para calcular las magnitudes del consumo de un rotor de turbina a lo largo de la vida en base a un valor medido por un medidor, un dispositivo de almacenamiento de la magnitud del consumo a lo largo de la vida, un dispositivo de determinación de los tiempos de actualización del límite del estrés térmico configurado para determinar el instante en el que los límites del estrés térmico se actualizan, una calculadora de la magnitud del consumo captado a lo largo de la vida configurado para calcular las magnitudes captadas del consumo del rotor de la turbina a lo largo de la vida, cuando los límites del estrés térmico están actualizados, un dispositivo de ajuste de la magnitud del consumo planificado a lo largo de la vida para ajustar las magnitudes del consumo del rotor de la turbina planificado a lo largo de la vida en base a las magnitudes del consumo del rotor de la turbina captado a lo largo de la vida, una calculadora del límite del estrés térmico configurada para calcular y actualizar los límites del estrés térmico en base a las magnitudes del consumo planificado del rotor de la turbina a lo largo de la vida, y una calculadora del valor de un comando de planta configurada para calcular el valor de un comando de planta en base a los límites del estrés térmico.

COMPENDIO DE LA INVENCION

En el sistema de generación de energía térmica solar descrito en la patente JP-2014-92086-A, para almacenar el calor en tres intervalos de temperatura, son necesarios intercambiadores de calor correspondientes a tres estados del medio de calentamiento (agua / vapor). Específicamente, son necesarios tres tipos de intercambiadores de calor: un intercambiador de calor de vapor que almacena el calor apreciable del vapor sobrecalentado en sal fundida por intercambio de calor entre el vapor sobrecalentado y la sal fundida, un condensador de vapor saturado que almacena el calor latente del vapor saturado en sal fundida mediante el intercambio de calor entre el vapor saturado y la sal fundida, y un intercambiador de calor de agua saturada que almacena el calor apreciable del agua saturada en aceite mediante el intercambio de calor entre el agua saturada y el aceite.

Además, en el sistema de generación de energía térmica solar en la patente JP-2014-92086-A, para almacenar el calor en tres intervalos de temperatura son necesarios por lo menos tres depósitos de almacenamiento / liberación de calor para contener sal fundida o aceite. En estos depósitos, el interior está separado en una parte superior y una parte inferior mediante un elemento aislante del calor, un medio de almacenamiento (sal fundida o aceite) después de almacenar calor solar está contenido en la parte superior, y el medio de almacenamiento de calor antes de almacenar calor está contenido en la parte inferior. En los casos en los que se debe contener una gran cantidad de medio de almacenamiento de calor, se supone que la separación del interior del depósito en la parte superior y la parte inferior por el elemento aislante térmico es estructuralmente difícil debido al peso del medio de almacenamiento de calor. De este modo, para el almacenamiento de calor en tres intervalos de temperatura, en la práctica son necesarios un total de seis depósitos como los depósitos para

contener los medios de almacenamiento de calor después del almacenamiento de calor, y los depósitos para contener los medios de almacenamiento de calor antes del almacenamiento de calor.

Tal como se indicó anteriormente, en el sistema de generación de energía térmica solar descrito en la patente JP-2014-92086-A, la unidad de almacenamiento / liberación de calor solar almacena de manera eficiente el calor solar captado mediante la utilización de tres intercambiadores de calor y en la práctica seis depósitos. De este modo, se necesita que la unidad de almacenamiento / liberación de calor solar sea complicada y eso conduce a un aumento en los costes de construcción del sistema de generación de energía térmica solar.

La presente invención ha sido realizada para resolver el problema anterior y es un objetivo de la presente invención. proporcionar un sistema de generación de energía térmica solar y un método de generación de energía térmica solar en el que el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar se puede simplificar, y los costes de construcción se pueden reducir, a la vez que se consigue también la utilización eficiente del calor solar captado.

Para resolver el problema anterior, la presente invención incorpora las configuraciones tal como las definidas en las reivindicaciones adjuntas. Esta solicitud incluye una pluralidad de medios para resolver el problema anterior. En un aspecto, un sistema de generación de energía térmica solar incluye un sistema de captación de calor solar que utiliza agua / vapor como medio de calentamiento, estando el sistema de captación de calor solar configurado para generar vapor sobrecalentado a partir del agua mediante la captación del calor solar, un sistema principal de generación de energía que utiliza el medio de calentamiento en común con el sistema de captación de calor solar, el sistema principal de generación de energía está configurado para llevar a cabo la generación de energía mediante la utilización de parte del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación del calor solar, un sistema de almacenamiento / liberación de calor solar que utiliza un medio de almacenamiento de calor diferente del medio de calentamiento del sistema de captación del calor solar, estando el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar configurado para almacenar calor en el medio de almacenamiento de calor mediante intercambio de calor con el resto del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación del calor solar y liberar el calor almacenado en el medio de almacenamiento de calor, y un sistema secundario de generación de energía que utiliza el medio de calentamiento en común con el sistema de captación del calor solar, estando el sistema secundario de generación de energía configurado para llevar a cabo la generación de energía mediante la utilización del vapor saturado generado a partir del medio de calentamiento mediante almacenamiento de calor o liberación de calor del medio de almacenamiento de calor en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar. El sistema principal de generación de energía incluye una turbina de vapor en la que se introduce parte del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación del calor solar y un generador principal impulsado por la turbina de vapor. El sistema de almacenamiento / liberación de calor solar incluye un calentador de almacenamiento de calor para intercambiar calor entre el resto del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación del calor solar y el medio de almacenamiento de calor para almacenar calor en el medio de almacenamiento de calor y para generar vapor saturado a partir del vapor sobrecalentado, un depósito de baja temperatura para contener el medio de almacenamiento de calor que se suministrará al medio de almacenamiento de calor, y un depósito de alta temperatura para contener el medio de almacenamiento de calor después de almacenar calor en el calentador de almacenamiento de calor. El sistema secundario de generación de energía incluye una turbina de vapor saturado en la que se puede introducir el vapor saturado generado por el calentador de almacenamiento de calor y un generador secundario impulsado por la turbina de vapor saturado.

Según la presente invención, la turbina de vapor es impulsada con una parte del vapor sobrecalentado generado por el calor solar y, por lo tanto, genera energía eléctrica. Además, mediante el intercambio de calor en el calentador de almacenamiento de calor entre el resto del vapor sobrecalentado y el medio de almacenamiento de calor del depósito de baja temperatura, el calor apreciable del vapor sobrecalentado es almacenado en el medio de almacenamiento de calor mientras se genera vapor saturado a partir del vapor sobrecalentado. El medio de almacenamiento de calor después del almacenamiento de calor está contenido en el depósito de alta temperatura, y la turbina de vapor saturado es impulsada con el vapor saturado para generar energía eléctrica. Por lo tanto, el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar se simplifica y los costes de construcción se pueden reducir mientras se consigue la utilización eficiente del calor solar captado.

Los problemas, configuraciones y efectos distintos a los descritos anteriormente resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama de configuración que muestra un sistema de captación solar y un sistema principal de generación de energía que constituye parte de un sistema de generación de energía térmica solar de acuerdo con una realización de la presente invención;

la figura 2 es un diagrama de configuración que muestra un sistema de almacenamiento / liberación de calor solar y un sistema secundario de generación de energía que constituye la otra parte del sistema de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención;

la figura 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de medidas reales de irradiancia normal directa (DNI – Direct Normal Irradiance, en inglés) en un lugar determinado;

la figura 4 es un diagrama característico que muestra la transición de grados de apertura de válvula de una primera válvula de control del flujo de vapor y una segunda válvula de control del flujo de vapor en respuesta a ligeras

fluctuaciones de la DNI en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención;

la figura 5 es un diagrama característico que muestra la transición de las salidas de generación de energía de diversos sistemas en respuesta a las ligeras fluctuaciones de la DNI en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención;

la figura 6 es un diagrama característico que muestra la transición del grado de apertura de válvula de una válvula reductora de presión de derivación en respuesta a las fuertes fluctuaciones ascendentes de la DNI en un corto espacio de tiempo en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención;

la figura 7 es un diagrama característico que muestra la transición de los grados de apertura de la válvula de cierre del vapor del calentador y la válvula de cierre del vapor saturado en respuesta a una disminución significativa de la DNI en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención; y

la figura 8 es un diagrama característico que muestra la transición de las salidas de generación de energía de diversos sistemas en respuesta a la disminución significativa en la DNI en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Las realizaciones de un sistema de generación de energía térmica solar y un método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la presente invención se describirán a continuación con referencia a los dibujos.

[Realización]

En primer lugar, una configuración de sistema de un sistema de generación de energía térmica solar y de un método de generación de energía térmica solar de acuerdo con una realización de la presente invención se describirá a continuación con referencia a las figuras 1 y 2.

La figura 1 es un diagrama de configuración que muestra un sistema de captación de calentamiento solar y un sistema principal de generación de energía que constituye parte del sistema de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención. La figura 2 es un diagrama de configuración que muestra un sistema de almacenamiento / liberación de calor solar y un sistema secundario de generación de energía que constituye la otra parte del sistema de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención. En la figura 1, las flechas indican el flujo de un medio de calentamiento (agua / vapor) del sistema de generación de energía térmica solar. En la figura 2, las flechas indican el flujo de un medio de calentamiento (agua / vapor) o un medio de almacenamiento de calor (sal fundida) del sistema de generación de energía térmica solar. En las figuras 1 y 2, los caracteres de referencia Q, R y S representan, respectivamente, los puntos de unión de un segundo tubo principal de vapor 72, un tubo de confluencia de condensado 89 y un tubo de distribución de agua de alimentación 95 que se extiende en las figuras 1 y 2.

En las figuras 1 y 2, el sistema de generación de energía térmica solar incluye un sistema de captación de calor solar 1, un sistema principal de generación de energía 2, un sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 y un sistema secundario de generación de energía 4. El sistema de captación de calor solar 1 utiliza agua / vapor como medio de calentamiento y genera vapor sobrecalentado a partir del agua mediante la captación de calor solar. El sistema principal de generación de energía 2 utiliza el medio de calentamiento en común con el sistema de captación de calor solar 1 y lleva a cabo la generación de energía utilizando parte del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar 1. El sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 utiliza un medio de almacenamiento de calor diferente del medio de calentamiento del sistema de captación de calor solar 1. El sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 almacena calor en el medio de almacenamiento de calor mediante intercambio de calor con el resto del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar 1 y libera el calor almacenado del medio de almacenamiento de calor. El sistema secundario de generación de energía 4 utiliza el medio de calentamiento en común con el sistema de captación de calor solar 1 y lleva a cabo la generación de energía utilizando vapor saturado generado a partir del medio de calentamiento (vapor sobrecalentado o agua) mediante el almacenamiento de calor o la liberación de calor del medio de almacenamiento de calor en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3. Mediante la utilización del medio de calentamiento común (agua / vapor) en el sistema de captación de calor solar 1, el sistema principal de generación de energía 2 y el sistema secundario de generación de energía 4, los ciclos del medio de calentamiento para la captación de calor solar del sistema de captación de calor solar 1, la generación de energía del sistema principal de generación de energía 2 y la generación de energía del sistema secundario de generación de energía 4 están integrados entre sí y se simplifica el ciclo del medio de calentamiento de todo el sistema de generación de energía. Como medio de almacenamiento de calor para almacenar el calor solar y liberar el calor almacenado en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, se utiliza sal fundida a base de sal de nitrato, por ejemplo.

El sistema de captación de calor solar 1 incluye, por ejemplo, un evaporador de calor solar 10 que genera el vapor saturado calentando el agua (agua de alimentación) como medio de calentamiento con el calor solar y un sobrecalentador de calor solar 11 que está conectado en serie con el evaporador solar 10 y genera el vapor sobrecalentado mediante el sobrecalentamiento del vapor saturado generado por el evaporador de calor solar 10. El evaporador de calor solar 10 es,

por ejemplo, un colector de calor solar de tipo Fresnel del tipo lineal de captación de calor que condensa linealmente el haz solar en un tubo colector de calor en forma de barra reflejando el haz solar con una gran cantidad de espejos reflectores. El sobrecalentador de calor solar 11 es, por ejemplo, un colector de calor solar de tipo torre del tipo de captación de calor que condensa el haz solar en un punto del colector de calor reflejando el haz solar con muchos espejos planos (helióstatos).

Conectado a la entrada del evaporador de calor solar 10 está dispuesto un tubo de agua de alimentación 12 del evaporador de calor solar para suministrar agua de alimentación desde un sistema de agua de alimentación del condensado del sistema principal de generación de energía 2 que se explicará más adelante. Un tubo de vapor del sobrecalentador de vapor solar 13 está conectado a la salida del evaporador de calor solar 10 y a la entrada del sobrecalentador de calor solar 11. Un tubo de salida del sobrecalentador de calor solar 14 está conectado a la salida del sobrecalentador de calor solar 11. El tubo de salida del sobrecalentador de calor solar 14 se bifurca en un primer tubo de vapor principal 26 del sistema principal de generación de energía 2 que se explicará más adelante y un segundo tubo de vapor principal 72 del sistema secundario de generación de energía 4 que se explicará más adelante. El tubo de agua de alimentación 12 del evaporador de calor solar está provisto de una válvula de cierre del agua de alimentación 15 para abrir y cerrar el tubo de agua de alimentación 12 del evaporador de calor solar. El tubo de salida de sobrecalentador de calor solar 14 está provisto de una válvula de cierre del vapor principal 16 para abrir y cerrar el tubo de salida del sobrecalentador de calor solar 14. Un separador de vapor 17 está dispuesto en el centro del tubo de vapor 13 del sobrecalentador de calor solar. Un tubo de retorno 18 está conectado en un extremo al separador de vapor 17 y conectado en el otro extremo a una porción del calor solar tubo de agua de alimentación 12 del evaporador de calor solar en el lado de más abajo de la válvula de cierre del agua de alimentación 15. El tubo de retorno 18 está provisto de una bomba de circulación 19.

El sistema principal de generación de energía 2 incluye una turbina de vapor constituida por una turbina de vapor de alta presión 21, una turbina de vapor de presión intermedia 22 (turbina separada en dos en la figura 1) y una turbina de vapor de baja presión 23, el sistema de agua de alimentación de condensado para la turbina de vapor, y un generador principal 24 impulsado por la turbina de vapor. Parte del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar 1 es introducido en la turbina de vapor de alta presión 21 a través del primer tubo de vapor principal 26 que se bifurca desde el tubo de salida del sobrecalentador de calor solar 14 del sistema de captación de calor solar 1. El primer tubo de vapor principal 26 está provisto de una primera válvula de control del flujo de vapor 27 y una válvula de regulación del vapor principal 28 en el lado de más abajo de la primera válvula de control del flujo de vapor 27. La primera válvula de control del flujo de vapor 27 controla la tasa de flujo del vapor sobrecalentado que fluye desde el tubo de salida del sobrecalentador de calor solar 14 del sistema de captación de calor solar 1 al primer tubo de vapor principal 26 y al segundo tubo de vapor principal 72 en cooperación con una segunda válvula de control del flujo de vapor 74 del sistema secundario de generación de energía 4 que se explicará más adelante.

El sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2 incluye un primer condensador de vapor enfriado por aire 30 que enfría el vapor de descarga desde la turbina de vapor de baja presión 23 con aire y devolver de este modo el vapor de descarga al agua condensada, un calentador de agua de alimentación a baja presión 31 que calienta el agua condensada del primer condensador de vapor enfriado por aire 30, un desaireador 32 que calienta y desaiera el agua condensada del calentador de agua de alimentación a baja presión 31, y un calentador de agua de alimentación a alta presión 33 que calienta el agua de alimentación del desaireador 32. El sistema de agua de alimentación de condensado incluye además un primer tubo de condensado 35 conectado a la salida del primer condensador de vapor enfriado por aire 30 y a la entrada del calentador de agua de alimentación a baja presión 31, un tubo de entrada del desaireador 36 conectado a la salida del calentador de agua de alimentación a baja presión 31 y a la entrada del desaireador 32, y un tubo de agua de alimentación 37 conectado a la salida del desaireador 32 y a la entrada del calentador de agua de alimentación de alta presión 33. El tubo de agua de alimentación del evaporador de calor solar 12 de sistema de captación de calor solar 1 está conectado a la salida del calentador de agua de alimentación de alta presión 33, mediante el cual el trayecto del medio de calentamiento del sistema principal de generación de energía 2 y el trayecto del medio de calentamiento del sistema de captación de calor solar 1 están integrados en un trayecto. El primer tubo de condensado 35 está provisto de una primera bomba de condensado 38. El tubo de alimentación 37 está provisto de una primera bomba de agua de alimentación 39.

Un extremo de un tubo de drenaje del calentador de agua de alimentación de baja presión 41 está conectado al calentador de agua de alimentación de baja presión 31, mientras que el otro extremo del tubo de drenaje del calentador de agua de alimentación de baja presión 41 está conectado al conducto de entrada del desaireador 36. El tubo de drenaje del calentador de agua de alimentación de baja presión 41 está provisto de una bomba de drenaje 42. Un extremo del tubo de drenaje del calentador del agua de alimentación de alta presión 43 está conectado al calentador de agua de alimentación de alta presión 33, mientras que el otro extremo del tubo de drenaje del calentador de agua de alimentación de alta presión 43 está conectado al desaireador 32. Un tubo de extracción del calentador del agua de alimentación de baja presión 45 para el suministro de vapor de extracción desde la salida de la turbina de vapor de presión intermedia 22 al calentador de agua de alimentación de baja presión 31 está conectado al calentador de agua de alimentación de baja presión 31. Un tubo de extracción del desaireador 46 para suministrar vapor de extracción desde la salida de la turbina de vapor de alta presión 21 al desaireador 32 está conectado al desaireador 32. Un tubo de extracción del calentador de agua de alimentación de alta presión 47 para suministrar vapor de extracción desde una parte en el centro de la turbina de vapor de

alta presión 21 al calentador del agua de alimentación de alta presión 33 está conectado al calentador del agua de alimentación de alta presión 33.

El sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 incluye un depósito de alta temperatura 50 para contener la sal fundida (medio de almacenamiento de calor) después de almacenar el calor solar, y un depósito de baja temperatura 51 para contener la sal fundida antes del almacenamiento de calor (después de la liberación del calor). El sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 incluye además un calentador de almacenamiento de calor 52 para intercambiar calor entre parte del vapor sobrecalentado (medio de calentamiento) generado por el sistema de captación de calor solar 1 y la sal fundida suministrada desde el depósito de baja temperatura 51, un precalentador 53 para intercambiar calor entre agua (medio de calentamiento) en el sistema secundario de generación de energía 4 y la sal fundida de un evaporador 54 que se explicará más adelante, y el evaporador 54 para realizar el intercambio de calor entre el agua de alimentación del precalentador 53 y la sal fundida suministrada desde el depósito de alta temperatura 50. Intercambiadores de calor del tipo de tubo o de otros tipos se pueden citar como ejemplos del calentador de almacenamiento de calor 52, el precalentador 53 y el evaporador 54.

Un tubo de entrada del calentador de almacenamiento de calor 56 está conectado a la salida del depósito de baja temperatura 51 y a la entrada del calentador de almacenamiento de calor 52. Un tubo de entrada del depósito de alta temperatura 57 está conectado a la salida del calentador de almacenamiento de calor 52 y a la entrada del depósito de alta temperatura 50. Un tubo de entrada del evaporador 58 está conectado a la salida del depósito de alta temperatura 50 y a la entrada del evaporador 54. Un tubo de entrada del precalentador 59 está conectado a la salida del evaporador 54 y a la entrada del precalentador 53. Un tubo de entrada del depósito de baja temperatura 60 está conectado a la salida del precalentador 53 y a la entrada del depósito de baja temperatura 51. El tubo de entrada del calentador de almacenamiento de calor 56 está provisto de una válvula de salida del depósito de baja temperatura 62 y una primera bomba de sal fundida 63 en el lado de más abajo de la válvula de salida del depósito de baja temperatura 62. El tubo de entrada del depósito de alta temperatura 57 está provisto de una válvula de entrada del depósito de alta temperatura 64. El tubo de entrada del evaporador 58 está provisto de una válvula de salida del depósito de alta temperatura 65 y de una segunda bomba de sal fundida 66 en el lado de más abajo de la válvula de salida del depósito de alta temperatura 65. El tubo de entrada del depósito de baja temperatura 60 está provisto de una válvula de entrada del depósito de baja temperatura 67.

El sistema secundario de generación de energía 4 incluye una turbina de vapor saturado 70 impulsada en rotación por el vapor saturado y por un generador secundario 71 impulsado por la turbina de vapor saturado 70. La turbina de vapor saturado 70 está provista de varios mecanismos de separación de la humedad para suprimir la erosión generada durante la operación en una región húmeda. Para paletas de rotor, por ejemplo, se emplean cuchillas de separación de la humedad con ranuras de separación. Además, un elemento estacionario dispuesto en el lado periférico exterior de las paletas del rotor está provisto de una cámara de separación de la humedad para descargar al exterior de la turbina la humedad separada por las ranuras de las paletas de separación de la humedad.

En la turbina de vapor saturado 70, el vapor saturado es introducido a través del segundo tubo de vapor principal 72 que se bifurca desde el tubo de salida del sobrecalentador de calor solar 14 del sistema de captación de calor solar 1 y un tubo de vapor saturado 73. El extremo de más abajo del segundo tubo de vapor principal 72 está conectado a la entrada del calentador de almacenamiento de calor 52 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3. El extremo de más arriba del tubo de vapor saturado 73 está conectado a la salida del calentador de almacenamiento de calor 52. El segundo tubo de vapor principal 72 está provisto de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74 y una válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor 75 en el lado de más abajo de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74. La segunda válvula de control del flujo de vapor 74 controla la tasa de caudal de vapor sobrecalentado que fluye desde el tubo de salida del sobrecalentador de calor solar 14 del sistema de captación de calor solar 1 hasta el primer tubo de vapor principal 26 y el segundo tubo de vapor principal 72 en cooperación con la primera válvula de control del flujo de vapor 27 del sistema principal de generación de energía 2. La válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor 75 es una válvula para abrir y cerrar el segundo tubo de vapor principal 72. El tubo de vapor saturado 73 está provisto de una válvula de ajuste del vapor saturado 76.

El sistema secundario de generación de energía 4 incluye además un sistema de circulación para suministrar el medio de calentamiento (agua / vapor) después de impulsar la turbina de vapor saturado 70 al precalentador 53 y el evaporador 54 del sistema de almacenamiento / liberación 3 de calor solar y del reabastecimiento del vapor saturado generado por intercambio de calor con el medio de almacenamiento de calor del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 a la turbina de vapor saturado 70. El sistema de circulación incluye un segundo condensador de vapor refrigerado por aire 78 que enfría con aire el vapor de descarga desde la turbina de vapor saturado 70 y, de este modo, retorna el vapor de descarga al agua condensada, un segundo tubo de condensado 79 que está conectado al segundo condensador de vapor refrigerado por aire 78, un tubo de agua de alimentación del precalentador 80 que está conectado al segundo tubo de condensado 79 y a la entrada del precalentador 53 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, un tubo de agua de alimentación del evaporador 81 que está conectado a la salida del precalentador 53 y a la entrada del evaporador 54 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, y un tubo de salida del evaporador 82 que está conectado a la salida del evaporador 54 y a una porción del tubo de vapor saturado 73 en el lado de más arriba de la válvula de regulación del vapor saturado 76. El segundo tubo de condensación 79 está provisto de una segunda bomba de condensado 83. El tubo de agua de alimentación del precalentador 80 está provisto de una segunda bomba de agua de alimentación 84 y de una válvula de control del agua de alimentación del precalentador 85 en el lado de más abajo de la

segunda bomba de agua de alimentación 84. La válvula de control del agua alimentación del precalentador 85 controla la cantidad de agua de alimentación a suministrar al precalentador 53. El tubo de salida del evaporador 82 está provisto de una válvula de cierre del vapor saturado 86 para abrir y cerrar el tubo de salida del evaporador 82.

Una válvula de conmutación de tres vías de agua de alimentación 88 es dispuesta en el segundo tubo de condensado 79 del sistema de circulación en el lado de más abajo de la segunda bomba de condensado 83. Un extremo del tubo de confluencia de condensado 89 está conectado a la válvula de conmutación de tres vías de agua de alimentación 88, mientras que el otro extremo del tubo de confluencia de condensado 89 está conectado a una porción del primer tubo de condensado 35 del sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2 en el lado de más arriba de la primera bomba de condensado 38. La válvula de conmutación de tres vías de agua de alimentación 88 es una válvula para conmutar la línea de suministro del agua condensada (medio de calentamiento) desde el segundo condensador de vapor refrigerado por aire 78 entre el tubo de confluencia de condensado 89 y el tubo de agua de alimentación del precalentador 80. En otras palabras, la válvula de conmutación de tres vías de agua de alimentación 88 es una válvula que suministra el agua condensada del sistema secundario de generación de energía 4 a uno seleccionado de entre el sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2 y el precalentador 53 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar (el sistema de circulación de este sistema secundario de generación de energía 4).

El sistema secundario de generación de energía 4 incluye además un sistema de derivación para permitir que parte del vapor saturado del calentador de almacenamiento de calor 52 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 evite la turbina de vapor saturado 70. El sistema de derivación incluye un tubo de derivación 91 que se bifurca desde una porción del tubo de vapor saturado 73 en el lado de más arriba de la válvula de regulación de vapor saturado 76, un atemperador de vapor saturado 92 para reducir la temperatura del vapor saturado 91 del tubo de derivación 91, y un tubo de salida del atemperador 93 conectado al atemperador de vapor saturado 92 y al segundo condensador de vapor refrigerado por aire 78. El tubo de agua de atemperación 94 está conectado al atemperador de vapor saturado 92. Al tubo de agua de atemperación 94, se conecta un ramal de agua de alimentación 95 que se extiende desde el lado de más abajo de la primera bomba de agua de alimentación 39 en el tubo de agua de alimentación 37 del sistema principal de generación de energía 2. Para el atemperador de vapor saturado 92, el agua de alimentación del sistema principal de generación de energía 2 es suministrada a través del tubo de agua de atemperación 94 y del tubo de derivación de agua de alimentación 95 como agua de atemperación para reducir la temperatura del vapor saturado. El tubo de derivación 91 está provisto de una válvula de reducción de la presión de derivación 97 para controlar el caudal del vapor saturado para eludir la turbina de vapor saturado 70. El tubo de agua de atemperación 94 está provisto de una válvula de control de derivación 98 para ajustar el caudal del agua de atemperación que se suministrará al atemperador de vapor saturado 92.

A continuación, la generación de energía térmica solar empleada en el sistema de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención se describirá en lo que sigue con referencia a las figuras 1 y 2.

En primer lugar, se describirá un método para llevar a cabo la generación de energía y el almacenamiento de calor mediante la captación de calor solar durante el día.

En general, el sistema de captación de calor solar 1 calienta el agua de alimentación (medio de calentamiento) suministrada por el sistema de agua de condensación del sistema principal de generación de energía 2 mediante el calor solar captado, generando de este modo el vapor sobrecalentado (medio de calentamiento). El vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar 1 es dividido, parte del vapor sobrecalentado es suministrado al sistema principal de generación de energía 2, y el resto del vapor sobrecalentado es suministrado al sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 y al sistema secundario de generación de energía 4. El sistema principal de generación de energía 2 lleva a cabo la generación de energía mediante el generador principal 24, impulsando la turbina de vapor 21, 22 y 23 con el vapor sobrecalentado suministrado desde el sistema de captación de calor solar 1. El agua condensada (medio de calentamiento) generada por la impulsión de la turbina de vapor 21, 22 y 23 es suministrada nuevamente al sistema de captación de calor solar 1 del sistema de agua de alimentación de condensado y el medio de calentamiento se hace circular en el sistema de captación de calor solar 1 y en el sistema principal de generación de energía 2. El sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 recupera calor apreciable del vapor sobrecalentado en la sal fundida (medio de almacenamiento de calor) mediante intercambio de calor entre el vapor sobrecalentado suministrado desde el sistema de captación de calor solar 1 y la sal fundida a baja temperatura, almacenando de este modo el calor solar en la sal fundida. El sistema secundario de generación de energía 4 lleva a cabo la generación de energía mediante el generador secundario 71 impulsando la turbina de vapor saturado 70 con el calor solar no recuperado en la sal fundida del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, es decir, con la energía del vapor saturado (medio de calentamiento). El agua condensada (medio de calentamiento) generada mediante la impulsión de la turbina de vapor saturado 70 es suministrada al sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2 y el medio de calentamiento se hace circular en el sistema de captación de calor solar 1 y en el sistema secundario de generación de energía 4.

Como se ha indicado anteriormente, en el sistema de generación de energía térmica solar, el calor apreciable del vapor sobrecalentado generado por el calor solar es almacenado en la sal fundida del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, y el calor latente del vapor saturado generado por el vapor sobrecalentado mediante intercambio de calor con

la sal fundida, impulsa la turbina de vapor saturado 70 del sistema secundario de generación de energía 4, generando de este modo energía eléctrica. Por lo tanto, se consigue una utilización eficiente del calor solar.

Específicamente, en las figuras 1 y 2, se abren la válvula de cierre del agua de alimentación 15 y la válvula de cierre del vapor principal 16 del sistema de captación de calor solar 1, por lo que el sistema de captación de calor solar 1 está habilitado para funcionar. Además, la válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor 75 del sistema secundario de generación de energía 4 se abre, y la válvula de conmutación del flujo de alimentación 88 se conmuta al lado del sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2. Por consiguiente, el sistema secundario de generación de energía 4 forma un ciclo de calor junto con el sistema de captación de calor solar 1 y el sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2. La válvula de cierre del vapor saturado 86 y la válvula de derivación de reducción de la presión 97 del sistema secundario de generación de energía 4 están cerradas, por lo que el sistema de circulación y el sistema de derivación del sistema secundario de generación de energía 4 se encuentran en un estado de parada. Además, la válvula de salida del depósito de baja temperatura 62 y la válvula de entrada del depósito de alta temperatura 64 del sistema 3 de almacenamiento / liberación de calor están abiertas y la válvula de salida del depósito de alta temperatura 65 y la válvula de entrada del depósito de baja temperatura 67 están cerradas, mediante lo cual el flujo del medio de almacenamiento de calor en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 se cambia al de almacenamiento de calor.

Al evaporador de calor solar 10 (colector de calor solar) del sistema de captación de calor solar 1 que se muestra en la figura 1, el agua de alimentación a alta presión (medio de calentamiento) del sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2 es suministrado a través del tubo de alimentación de agua del evaporador de calor solar 12. Esta agua de alimentación a alta presión es calentada con la energía térmica del sol S mientras fluye a través del evaporador de calor solar 10 y se convierte en vapor saturado (medio de calentamiento). El vapor saturado del evaporador de calor solar 10 fluye hacia abajo hacia el separador de vapor 17 y es separado en agua saturada y vapor saturado. El agua saturada separada por el separador de vapor 17 está puesta a presión por la bomba de circulación 19, se mezcla con el agua de alimentación a alta presión del sistema de alimentación de agua del sistema principal de generación de energía 2, y regresa de nuevo al evaporador solar 10.

Mientras tanto, el vapor saturado separado por el separador de vapor 17 es suministrado al sobrecalentador de calor solar 11 a través del tubo de vapor del sobrecalentador de calor solar 13. Este vapor saturado es calentado por la energía térmica del sol S mientras fluye a través del sobrecalentador de calor solar 11 y se convierte en vapor a alta temperatura y alta presión (medio de calentamiento). El vapor sobrecalentado a alta temperatura y alta presión se conoce habitualmente como vapor principal. El vapor principal se bifurca desde el tubo de salida del calentador solar 14 al primer tubo de vapor principal 26 y al segundo tubo de vapor principal 72. La relación del caudal de vapor principal entre el primer tubo de vapor principal 26 y el segundo tubo de vapor principal 72 es controlada ajustando los grados de apertura de válvula de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 y la segunda válvula de control del flujo de vapor 74 uno con respecto a otro.

Fuera del vapor sobrecalentado (medio de calentamiento) generado en el sistema de captación de calor solar 1, el vapor sobrecalentado suministrado al sistema principal de generación de energía 2 a través del primer tubo de vapor principal 26 es introducido sucesivamente en la turbina de vapor de alta presión 21, la turbina de vapor de presión intermedia 22 y la turbina de vapor de baja presión 23 a través de la válvula de ajuste del vapor principal 28 e impulsa estas turbinas de vapor 21, 22 y 23. Mediante la impulsión en rotación de la turbina de vapor 21, 22 y 23, el generador principal 24 es impulsado y lleva a cabo la generación de energía. El vapor (medio de calentamiento) descargado desde la turbina de vapor de baja presión 23 fluye hasta el primer condensador de vapor enfriado por aire 30, es enfriado con aire en el primer condensador de vapor enfriado por aire 30 a través de una toma de aire y vuelve a agua condensada (medio de calentamiento). El aire, después de enfriar el vapor en el primer condensador de vapor enfriado por aire 30, es descargado a la atmósfera a través de una salida de aire.

El agua condensada generada en el primer condensador de vapor enfriado por aire 30 es suministrado al calentador de agua de alimentación a baja presión 31 por la primera la bomba de condensado 38 a través del primer tubo de condensado 35. En el calentador de agua alimentada a baja presión 31, el agua condensada es calentada mediante un equipo de extracción suministrado desde la salida de la turbina de vapor de presión intermedia 22 a través del tubo de extracción del calentador de agua de alimentación de baja presión 45. El agua condensada calentada por el calentador de agua de alimentación de baja presión 31 se suministra al desaireador 32 a través del tubo de entrada del desaireador 36. En el desaireador 32, el agua condensada es calentada y desaireada mediante el vapor de extracción suministrado desde la salida de la turbina de vapor de alta presión 21 a través del tubo de extracción del desaireador 46. El agua de alimentación (medio de calentamiento) obtenida por la desaireación en el desaireador 32 es puesta a presión por la primera bomba de agua de alimentación 39 y es suministrada al calentador de agua de alimentación a alta presión 33 a través del tubo de alimentación 37. En el calentador de agua de alimentación a alta presión 33, el agua de alimentación (medio de calentamiento) se calienta mediante el vapor de extracción suministrado desde la parte en el centro de la turbina de vapor a alta presión 21 a través del tubo de extracción de calor del agua de alimentación a alta presión 47. El agua de alimentación que ha alcanzado alta temperatura y alta presión mediante el calentamiento en el calentador de agua de alimentación a alta presión 33 es suministrada de nuevo al evaporador de calor solar 10 del sistema de captación de calor solar 1 a través del tubo de agua de alimentación del evaporador de calor solar 12.

Por cierto, el drenaje generado durante el calentamiento del agua condensada mediante el calentador de agua de alimentación de baja presión 31 es puesto a presión mediante la bomba de drenaje 42, mezclado con el agua condensada en el tubo de entrada del desaireador 36 a través del tubo de drenaje del calentador de agua de alimentación de baja presión 41, y suministrado al desaireador 32. Mientras tanto, el drenaje generado durante el calentamiento del agua condensada mediante el calentador de agua de alimentación de alta presión 33 es devuelto al desaireador 32 a través del tubo de drenaje del calentador de agua de alimentación de alta presión 43.

Por otra parte, a partir del vapor sobrecalentado generado en el sistema de captación de calor solar 1, el vapor sobrecalentado suministrado a través del segundo tubo de vapor principal 72 es introducido en el calentador de almacenamiento de calor 52 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, tal como se muestra en la figura 2. En este caso, la sal fundida a baja temperatura (medio de almacenamiento de calor) contenida en el depósito de baja temperatura 51 es puesta a presión por la primera bomba de sal fundida 63, suministrada al calentador de almacenamiento de calor 52 a través del tubo de entrada del calentador de almacenamiento de calor 56. En el calentador de almacenamiento de calor 52, la sal fundida a baja temperatura se calienta por intercambio de calor con el vapor de agua sobrecalentado. La sal fundida calentada a alta temperatura por el calentador de almacenamiento de calor 52 está contenida en el depósito de alta temperatura 50 a través del tubo de entrada del depósito de alta temperatura 57. En resumen, en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, el calor apreciable del vapor sobrecalentado por encima de la temperatura de solidificación de la sal fundida (aproximadamente 250 °C) generado por el calentador solar es almacenado (recuperado) en la sal fundida, y la sal fundida después del almacenamiento de calor está contenida en el depósito de alta temperatura 50.

El vapor sobrecalentado que ha intercambiado calor con la sal fundida a baja temperatura en el calentador de almacenamiento de calor 52 baja de temperatura y se convierte en vapor saturado (medio de calentamiento). El vapor saturado del calentador de almacenamiento de calor 52 fluye a través de la válvula de regulación de vapor saturado 76, es introducido en la turbina de vapor saturado 70 a través del tubo de vapor saturado 73 e impulsa en rotación la turbina de vapor saturada 70. Mediante la impulsión en rotación de la turbina de vapor saturado 70, el generador secundario 71 es impulsado y lleva a cabo la generación de energía. En resumen, en este sistema secundario de generación de energía 4, el calor latente del vapor saturado en las proximidades de la temperatura de solidificación de la sal fundida, donde el almacenamiento de calor por la sal fundida es difícil, se utiliza para la generación de energía mediante la turbina de vapor saturado 70.

El vapor (medio de calentamiento) descargado desde la turbina de vapor saturado 70 fluye hacia el segundo condensador de vapor 78 enfriado por aire, en el que el vapor es enfriado por aire y vuelve a agua condensada (medio de calentamiento) de la misma manera que en el primer condensador de vapor refrigerado por aire 30. Dado que la válvula de conmutación de tres vías de agua de alimentación 88 ha sido conmutada al lado del sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2, el agua condensada generada en el segundo condensador de vapor refrigerado por aire 78 se mezcla con el agua condensada que fluye en el primer tubo de condensado 35 del sistema principal de generación de energía 2 mostrado en la figura 1 por medio de la segunda bomba de condensado 83 a través del segundo tubo de condensado 79 y del tubo de confluencia de condensado 89, y es suministrada al calentador de agua de alimentación de baja presión 31. El agua condensada mezclada es suministrada nuevamente al sistema de captación de calor solar 1 desde el sistema de captación de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2.

Tal como se ha indicado anteriormente, en esta realización, un ciclo de un medio de calentamiento (agua / vapor) está formado por el sistema de captación de calor solar 1 y el sistema principal de generación de energía 2 sin formar por separado ciclos de medio de calentamiento del sistema de captación de calor solar 1 y el sistema principal de generación de energía 2. En consecuencia, se puede conseguir una simplificación del ciclo del medio de calentamiento.

Además, en esta realización, se forma un ciclo de un medio de calentamiento (agua / vapor) mediante el sistema de captación de calor solar 1, el sistema secundario de generación de energía 4 y el sistema de agua de alimentación de condensado del sistema principal de generación de energía 2 sin formar por separado ciclos del medio de calentamiento del sistema de captación de calor solar 1 y el sistema secundario de generación de energía 4. En consecuencia, se puede conseguir una simplificación del ciclo del medio de calentamiento.

Además, en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, el calor solar es almacenado en la sal fundida haciendo que el calentador de almacenamiento de calor 52 lleve a cabo el intercambio de calor entre el vapor sobrecalentado generado por el calor solar y la sal fundida a baja temperatura. Por lo tanto, se puede conseguir una simplificación de la configuración en comparación con el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar que almacena calor solar en medios de almacenamiento de calor mediante la utilización de tres intercambiadores de calor dependiendo del estado del proceso que va desde vapor sobrecalentado a agua subenfriada.

Además, en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3, el medio de almacenamiento de calor antes del almacenamiento de calor está contenido en el depósito de baja temperatura 51 y el medio de almacenamiento de calor después del almacenamiento de calor está contenido en el depósito de alta temperatura 50. Por lo tanto, se puede conseguir una simplificación de la configuración en comparación con el sistema de almacenamiento / liberación de calor

solar que contiene los medios de almacenamiento de calor mediante la utilización, por lo menos, de tres depósitos, en la práctica seis depósitos, dependiendo del estado del proceso que va desde vapor sobrecalentado a agua subenfriada.

Además, el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 almacena calor en el medio de almacenamiento de calor mediante el intercambio de calor solo con vapor sobrecalentado sobre la temperatura de solidificación de la sal fundida sin almacenamiento de calor del medio de almacenamiento de calor mediante intercambio de calor con vapor saturado en las proximidades de la temperatura de solidificación de la sal fundida, o mediante intercambio de calor mediante agua a alta temperatura por debajo de la temperatura de solidificación de la sal fundida. Por consiguiente, es posible utilizar sal fundida sola como medio de almacenamiento de calor.

Además, en esta realización, la turbina de vapor saturado 70 del sistema secundario de generación de energía 4 es impulsada y genera energía eléctrica con la energía térmica del vapor saturado que es difícil de almacenar en sal fundida. En consecuencia, el calor solar puede ser utilizado eficientemente.

A continuación, se describirá en lo que sigue un método de generación de energía mediante la liberación de calor de la sal fundida (medio de almacenamiento de calor) del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 durante la noche o durante el día en ausencia de insolación (por ejemplo, en un tiempo lluvioso).

En general, el sistema de captación de calor solar 1 es incapaz de generar vapor durante la noche o durante el día en ausencia de insolación. Por lo tanto, el vapor saturado (medio de calentamiento) es generado a partir del agua de alimentación mediante la liberación de calor de la sal fundida por intercambio de calor entre la sal fundida a alta temperatura (medio de almacenamiento de calor) del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 después del almacenamiento de calor y el agua de alimentación (medio de calentamiento) del sistema secundario de generación de energía 4. La turbina de vapor saturado 70 del sistema secundario de generación de energía 4 es impulsada por el vapor saturado y, por lo tanto, genera energía eléctrica. El agua de alimentación generada por la impulsión de la turbina de vapor saturado 70 intercambia de nuevo calor con la sal fundida del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3. Como anteriormente, la generación de energía se lleva a cabo utilizando el vapor saturado generado mediante intercambio de calor entre el medio de calentamiento del sistema secundario de generación de energía 4 y el medio de almacenamiento de calor del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3.

Específicamente, en las figuras 1 y 2, la válvula de cierre del agua de alimentación 15 y la válvula de cierre del vapor principal 16 del sistema de captación de calor solar 1 están cerradas, por lo que el sistema de captación de calor solar 1 es ajustado a un estado parado. Además, la válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor 75 del sistema secundario de generación de energía 4 está cerrada, la válvula de cierre del vapor saturado 86 está abierta, y la válvula de conmutación de tres vías del agua de alimentación 88 es conmutado al lado del tubo del agua de alimentación del precalentador 80 del sistema secundario de generación de energía 4. Por consiguiente, el ciclo del medio de calentamiento del sistema secundario de generación de energía 4 es conmutado al sistema de circulación y el intercambio de calor en el calentador de almacenamiento de calor 52 es ajustado a un estado parado. La válvula de reducción de presión de derivación 97 del sistema secundario de generación de energía 4 se cierra, mediante lo cual el sistema de derivación del sistema secundario de generación de energía 4 es ajustado a un estado parado. Además, la válvula de salida del depósito de alta temperatura 65 y la válvula de salida del depósito de baja temperatura 67 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 están abiertas y la válvula de entrada del depósito de alta temperatura 64 y la válvula de entrada del depósito de baja temperatura 62 están cerradas, por lo que el flujo del medio de almacenamiento de calor en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 es conmutado al de liberación de calor.

El agua de alimentación (medio de calentamiento) del sistema secundario de generación la energía 4 que se muestra en la figura 2 es puesta a presión por la segunda bomba de agua de alimentación 84 y es suministrada al precalentador 53 a través del tubo de agua de alimentación del precalentador 80. La cantidad de agua de alimentación que debe ser suministrada al precalentador 53 es controlada mediante la válvula de control de agua de alimentación del precalentador 85. El agua de alimentación suministrada al precalentador 53 es calentada mediante el intercambio de calor con la sal fundida (medio de almacenamiento de calor) del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 suministrada desde el evaporador 54 al precalentador 53. El agua de alimentación calentada mediante el precalentador 53 es suministrada al evaporador 54 en el lado de más abajo a través del tubo de agua de alimentación del evaporador 81. En el evaporador 54, el agua de alimentación calentada se convierte en vapor saturado mediante el intercambio de calor con la sal fundida a alta temperatura que es introducida desde el depósito de alta temperatura 50 en el evaporador 54 y ha almacenado el calor solar. El vapor saturado generado en el evaporador 54 es introducido en la turbina de vapor saturado 70 a través del tubo de salida del evaporador 82 y del tubo de vapor saturado 73 e impulsa en rotación a la turbina de vapor saturado 70. Mediante la impulsión en rotación de la turbina de vapor saturado 70, el generador secundario 71 es impulsado y lleva a cabo la generación de energía.

El vapor (medio de calentamiento) descargado desde la turbina de vapor saturado 70 fluye hacia el segundo condensador de vapor enfriado con aire 78, en el que el vapor es enfriado con aire y vuelve a agua condensada (medio de calentamiento). Dado que la válvula de conmutación de tres vías del agua de alimentación 88 ha sido conmutada al lado del tubo del agua de alimentación del precalentador 80 del sistema secundario de generación de energía 4, el agua condensada generada en el segundo condensador del vapor enfriado con aire 78 fluye en el tubo del agua de alimentación del precalentador 80 a través del segundo tubo de condensado 79 mediante la segunda bomba de condensado 83. El

agua condensada (agua de alimentación) es suministrada de nuevo al precalentador 53 y fluye en el sistema secundario de generación de energía 4.

Mientras tanto, la sal fundida a alta temperatura que está contenida en el depósito de alta temperatura 50 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 y ha almacenado el calor solar es puesta a presión mediante la segunda bomba de sal fundida 66 y es suministrada al evaporador 54 a través del tubo de entrada del evaporador 58. El evaporador 54 intercambia calor entre la sal fundida y el agua de alimentación del sistema secundario de generación de energía 4 que entra desde el precalentador 53 y, de este modo, se genera vapor saturado a partir del agua de alimentación mediante la liberación de calor de la sal fundida. La sal fundida después de liberar calor y disminuir la temperatura es suministrada al precalentador 53 a través del tubo de entrada del precalentador 59. El precalentador 53 intercambia calor entre el agua de alimentación y la sal fundida y, de este modo, el agua de alimentación es precalentada por la liberación de calor de la sal fundida. La sal fundida después de liberar calor y disminuir aún más la temperatura en el precalentador 53 está contenida en el depósito de baja temperatura 51 a través del tubo de entrada del depósito de baja temperatura 60.

Tal como se ha indicado anteriormente, en esta realización, el intercambio de calor entre la sal fundida (medio de almacenamiento de calor) del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 después del almacenamiento de calor y el agua de alimentación (medio de calentamiento) del sistema secundario de generación de energía 4 se lleva a cabo en el precalentador 53 y en el evaporador 54, y la generación de energía se lleva a cabo utilizando el vapor saturado generado por la liberación de calor de la sal fundida. Por lo tanto, se puede conseguir una simplificación de la configuración en comparación con los sistemas de generación de energía térmica solar que utilizan tres intercambiadores de calor para implementar la liberación de calor de los medios de almacenamiento de calor y generar vapor sobrecalentado a partir del agua de alimentación para llevar a cabo la generación de energía.

Además, esta realización, el vapor generado por la liberación de calor de la sal fundida no es vapor sobrecalentado sino vapor saturado. De este modo, la temperatura final de la liberación de calor de la sal fundida (temperatura a la salida del precalentador 53) puede ser alta en comparación con los casos en los que se genera vapor sobrecalentado. En otras palabras, la temperatura final de liberación de calor de la sal fundida puede mantenerse constantemente más alta que la temperatura de solidificación de la sal fundida.

Por cierto, en los colectores de calor solar de tipo Fresnel o de tipo torre utilizados como evaporador de calor solar 10 y sobrecalentador de calor solar 11 del sistema de captación de calor solar 1 que se muestra en la figura 1, la cantidad de carga generada fluctúa dependiendo de la magnitud de la DNI. Fluctuaciones bruscas en la cantidad de vapor generado pueden provocar subidas / bajadas de la temperatura del vapor a la entrada de la turbina de vapor, lo que podría afectar a la vida útil de la turbina de vapor y afectar a la fiabilidad de la turbina de vapor. Por lo tanto, surge la necesidad de regular la salida de generación de energía y la cantidad de almacenamiento de calor de acuerdo con la cantidad de vapor generado que fluctúa dependiendo de la magnitud de la DNI. La DNI puede fluctuar durante el día de diversas maneras, tal como fluctuar ligeramente (por ejemplo, la región indicada por el carácter de referencia X en la figura 3) y disminuir significativamente debido a una pérdida repentina de insolación tal como el paso de una gran masa de nubes sobre el colector de calor solar (por ejemplo, la región indicada por el carácter de referencia Y en la figura 3). La figura 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de mediciones reales de la DNI en un lugar determinado. En la figura 3, el eje vertical I representa la DNI y el eje horizontal T representa el tiempo.

Por lo tanto, el método de generación de energía térmica solar empleado cuando la DNI fluctúa durante el día en el sistema de generación de energía térmica solar según la realización de la presente invención se describirá a continuación.

En primer lugar, se describirá un método de generación de energía empleado cuando la DNI fluctúa dentro de un intervalo pequeño haciendo referencia a las figuras 1, 2, 4 y 5.

La figura 4 es un diagrama característico que muestra la transición de los grados de apertura de válvula de la primera válvula de control del flujo de vapor y la segunda válvula de control del flujo de vapor en respuesta a las ligeras fluctuaciones de la DNI en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención. La figura 5 es un diagrama característico que muestra la transición de las salidas de generación de energía de diversos sistemas en respuesta a las ligeras fluctuaciones de la DNI en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención. En la parte superior de la figura 4, el eje vertical I representa la DNI y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior de la figura 4, el eje vertical Vf representa los grados de apertura de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 y de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74 y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior, las líneas de puntos A indican el grado de apertura de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 y las líneas continuas B indican el grado de apertura de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74. En la parte superior de la figura 5, el eje vertical I representa la DNI y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior de la figura 5, el eje vertical P representa las salidas de generación de energía de varios sistemas y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior, las líneas continuas J indican la salida de generación de energía de todo el sistema de generación de energía térmica solar, las líneas de puntos K indican la salida de generación de energía del sistema principal de generación de energía 2 y las líneas discontinuas L indican la salida de generación de energía del sistema secundario de generación de energía 4. Caracteres

de referencia en las figuras 4 y 5 idénticos a los mostrados en las figuras 1 a 3 representan las mismas partes que las de las figuras 1a 3 y, por lo tanto, su explicación detallada se omite en el presente documento.

Cuando la DNI en un estado sustancialmente constante y estable ha comenzado a fluctuar dentro de un intervalo pequeño (por ejemplo, aproximadamente de 12:00 a 16:00 en las partes superiores de las figuras 4 y 5), ajustando los grados de apertura de válvula de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 y de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74 una con relación a la otra tal como se muestra en la parte inferior de la figura 4, la operación del sistema manteniendo la salida de generación de energía del sistema de generación de energía térmica solar a un nivel sustancialmente constante es posible, tal como se muestra en la parte inferior de la figura. 5.

Específicamente, cuando la DNI en un estado sustancialmente constante y estable ha aumentado ligeramente, tal como se muestra en la parte superior de la figura 4, disminuyendo el grado de apertura de válvula de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 mostrada en la figura 1 que corresponde al ligero aumento en la DNI, la cantidad de vapor introducido desde el sistema de captación de calor solar 1 en la turbina de vapor 21, 22 y 23 del sistema principal de generación de energía 2 disminuye y, de este modo, la producción de energía generada por la turbina de vapor 21, 22 y 23 disminuye. Por otra parte, incrementando el grado de apertura de válvula de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74 correspondiente al ligero incremento en la DNI, la cantidad de vapor suministrado desde el sistema de captación de calor solar 1 al calentador de almacenamiento de calor 52 del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 que se muestra en la figura 2 aumenta, y el incremento en el calor solar debido al aumento en la DNI puede ser almacenado también en la sal fundida. En este caso, la cantidad de vapor saturado generado por el calentador 52 de almacenamiento de calor también aumenta debido al aumento en la cantidad de vapor sobrecalentado suministrado al calentador de almacenamiento de calor 52. Por consiguiente, la cantidad de vapor saturado introducido en la turbina de vapor saturado 70 del sistema secundario de generación de energía 4 también aumenta y la producción de potencia generada por la turbina de vapor saturado 70 aumenta. Realizando el ajuste de tal manera que el aumento en la producción de energía generada por la turbina de vapor saturado 70 y la disminución en la salida de generación de energía por la turbina de vapor 21, 22 y 23 coincidan sustancialmente entre sí, la salida de generación de energía de la totalidad del sistema de generación de energía térmica solar (suma total de la potencia de generación generada por la turbina de vapor 21, 22 y 23 y la salida de generación de energía por la turbina de vapor saturado 70) puede mantenerse a un nivel sustancialmente constante.

Por el contrario, cuando la DNI ha cambiado de un ligero aumento a una ligera disminución tal como se muestra en la parte superior de la figura 4, aumentando el grado de apertura de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 mostrada en la figura 1 correspondiente a la ligera disminución en la DNI, la cantidad de vapor introducido en la turbina de vapor 21, 22 y 23 aumenta y, por lo tanto, la producción de energía generada por la turbina de vapor 21, 22 y 23 aumenta. Por otra parte, disminuyendo el grado de apertura de válvula de la segunda válvula de control del flujo 74 correspondiente a la ligera disminución en la DNI, la cantidad de vapor suministrada al calentador de almacenamiento de calor 52 mostrado en la figura 2 disminuye y la cantidad de almacenamiento de calor mediante la sal fundida disminuye por la disminución del calor solar debido a la disminución en la DNI. En este caso, la cantidad de vapor saturado generado por el calentador de almacenamiento de calor 52 también disminuye debido a la disminución en la cantidad de vapor sobrecalentado suministrado al calentador de almacenamiento de calor 52. Por consiguiente, la cantidad de vapor saturado introducido en la turbina de vapor saturado 70 también disminuye y la producción de energía producida por la turbina de vapor saturado 70 disminuye. Realizando el ajuste de tal manera que la disminución en la producción de potencia generada por la turbina de vapor saturada 70 y el aumento en la salida de generación de energía por la turbina de vapor 21, 22 y 23 coincidan sustancialmente entre sí, la producción de energía de la totalidad del sistema de generación energía térmica solar puede mantenerse a un nivel sustancialmente constante.

Tal como se ha indicado anteriormente, en esta realización, la cantidad de almacenamiento de calor por la sal fundida en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 puede ser aumentada y disminuida ajustando los grados de apertura de válvula de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 y de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74 una con respecto a la otra de acuerdo con un ligero aumento / disminución en la DNI. Por consiguiente, la salida de generación de energía de la totalidad del sistema de generación de energía térmica solar se puede mantener a un nivel sustancialmente constante.

Por cierto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, los grados de apertura de válvula de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 y de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74 están ajustados para que sean sustancialmente iguales entre sí cuando el sistema principal de generación de energía 2 se pone en marcha o se detiene y cuando la DNI es sustancialmente constante. En otras palabras, la relación de caudal del vapor sobrecalentado que fluye desde el sistema de captación de calor solar 1 a la turbina de vapor 21, 22 y 23 y el calentador 52 de almacenamiento de calor se establece en 1 : 1.

A continuación, se describirá un método de generación de energía empleado cuando la DNI que fluctúa bruscamente hacia arriba durante un corto espacio de tiempo haciendo referencia a las figuras 1, 2 y 6.

La figura 6 es un diagrama característico que muestra la transición del grado de apertura de válvula de la válvula de derivación de reducción de la presión en respuesta a las fuertes fluctuaciones ascendentes de la DNI en un corto espacio de tiempo en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de

acuerdo con la realización de la presente invención. En la parte superior de la figura 6, el eje vertical I representa la DNI y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior de la figura 6, el eje vertical Vb representa la apertura de válvula de la válvula de derivación de reducción de la presión 97 y el eje horizontal T representa el tiempo. Los caracteres de referencia en la figura 6 idénticos a los que se muestran en las figuras 1 a 5 representan las mismas partes que las de las figuras 1 a 5 y, de este modo se omite en el presente documento su explicación detallada.

Cuando la DNI aumenta bruscamente durante un corto espacio de tiempo como de varios a diez minutos tal como se muestra en la parte superior de la figura 6, incluso si se intenta regular la salida de generación de energía. ajustando los grados de apertura de válvula de la primera válvula de control del flujo de vapor 27 y de la segunda válvula de control del flujo de vapor 74 como en el método de generación de energía antes mencionado para un ligero aumento en la DNI, el cambio de la relación de caudal del vapor sobrecalentado que fluye hacia la turbina de vapor 21, 22 y 23 y el calentador de almacenamiento de calor 52 puede no seguir al brusco aumento en la DNI y, por lo tanto, la salida de generación de energía del sistema de generación de energía térmica solar no puede mantenerse a un nivel sustancialmente constante. Por lo tanto, el sistema de derivación del sistema secundario de generación de energía 4 se activa para que parte del vapor saturado eluda la turbina de vapor saturado 70. Por consiguiente, la salida de generación de energía por la turbina de vapor saturado 70 disminuye y la salida de generación de energía del sistema de generación de energía térmica solar se mantiene a un nivel sustancialmente constante.

Específicamente, el grado de apertura de válvula de la válvula de reducción de presión de derivación 97 mostrada en la figura 2 se incrementa correspondiendo al grado del brusco aumento en la DNI (véase la figura 6). Por consiguiente, parte del vapor saturado del calentador de almacenamiento de calor 52 que fluye en el tubo de vapor saturado 73 es descomprimido por la válvula de reducción de presión de derivación 97 y a continuación fluye hacia el atemperador de vapor saturado 92 a través del tubo de derivación 91. El vapor saturado que fluye hacia el atemperador de vapor saturado 92 es reducido en temperatura por el agua de atemperación, y a continuación fluye hacia el segundo condensador de vapor 78 enfriado con aire a través del tubo de salida del atemperador 93. En el segundo condensador de vapor refrigerado con aire 78, el vapor saturado se enfría y se convierte en agua condensada. El agua de atemperación del atemperador de vapor saturado 92 es el agua de alimentación extraída del lado de salida de la primera bomba de agua de alimentación 39 del sistema principal de generación de energía 2 mostrado en la figura 1 a través del tubo de alimentación de agua 95, y suministrada a través del tubo de agua de atemperación 94 abriendo la válvula de atemperación de derivación 98.

Como anteriormente, en esta realización, cuando la válvula de reducción de presión de derivación 97 está parcialmente abierta, parte del vapor saturado del calentador de almacenamiento de calor 52 fluye inmediatamente hacia el segundo condensador de vapor enfriado con aire 78 a través del tubo de derivación 91 y el tubo de salida del atemperador 93 y elude la turbina de vapor saturado 70. Por lo tanto, incluso en casos de fuertes fluctuaciones hacia arriba de la DNI en un corto espacio de tiempo, la salida de generación de energía del sistema de generación de energía solar puede mantenerse en un nivel sustancialmente constante disminuyendo la salida de generación de energía por la turbina de vapor saturado 70.

A continuación, se describirá un método de generación de energía empleado cuando la DNI disminuye significativamente haciendo referencia a las figuras 1, 2, 7 y 8.

La figura 7 es un diagrama característico que muestra la transición de los grados de apertura de la válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor y la válvula de cierre del vapor saturado en respuesta a una disminución significativa de la DNI en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención. La figura 8 es un diagrama característico que muestra la transición de las salidas de generación de energía de diversos sistemas en respuesta a la disminución significativa en la DNI en el sistema de generación de energía térmica solar y en el método de generación de energía térmica solar de acuerdo con la realización de la presente invención. En la parte superior de la figura 7, el eje vertical I representa la DNI y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior de la figura 7, el eje vertical Vs representa los grados de apertura de la válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor 75 y la válvula de cierre del vapor saturado 86, y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior, las líneas continuas C indican el grado de apertura de la válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor 75, y las líneas de puntos D indican el grado de apertura de válvula de la válvula de cierre del vapor saturado 86. En la parte superior de la figura 8, el eje vertical I representa la DNI y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior de la figura 8, el eje vertical P representa las salidas de generación de energía de diversos sistemas, y el eje horizontal T representa el tiempo. En la parte inferior, las líneas continuas J indican la salida de generación de energía de la totalidad del sistema de generación de energía térmica solar, las líneas de puntos K indican la salida de generación de energía del sistema principal de generación de energía 2, y las líneas discontinuas L indican la salida de generación de energía del sistema secundario de generación de energía 4. Los caracteres de referencia en las figuras 7 y 8 idénticos a los mostrados en las figuras 1 a 6 representan las mismas partes que las de las figuras 1 a 6 y, por lo tanto, su explicación detallada se omite en el presente documento.

Cuando la DNI disminuye significativamente en algunas horas, se espera dificultad en la captación de calor solar por el sistema de captación de calor solar 1. En otras palabras, la cantidad de vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar 1 disminuye significativamente y, consecuentemente, la generación de energía por la turbina de vapor 21, 22 y 23 del sistema principal de generación de energía 2 y la turbina de vapor saturado 70 del sistema

secundario de generación de energía 4 no se puede mantener. Por lo tanto, el vapor saturado se genera intercambiando calor entre el medio de calentamiento (agua de alimentación) del sistema secundario de generación de energía 4 y el medio de almacenamiento de calor (sal fundida) del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 e impulsa a la turbina de vapor saturado 70 a generar energía eléctrica de la misma manera que durante la noche. De este modo, el sistema de generación de energía térmica solar asegura un cierto nivel de salida de generación de energía del mismo y evita una caída significativa en la salida de generación de energía.

En el estado estacionario (por ejemplo, de 8:00 a 12:00 en las partes superiores de las figuras 7 y 8) antes de la disminución en la DNI, el sistema principal de generación de energía 2 lleva a cabo la generación de energía utilizando parte del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar 1 mostrado en la figura 1 mientras que el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 mostrado en la figura 2 en la sal fundida, y el sistema secundario de generación de energía 4 lleva a cabo la generación de energía utilizando el resto del vapor sobrecalentado tal como se explicó anteriormente. En este caso, tal como se muestra en la parte inferior de la figura 7, la válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor 75 del sistema secundario de generación de energía 4 está abierta para el almacenamiento de calor de la sal fundida. Por otra parte, la válvula de cierre del vapor saturado 86 del sistema secundario de generación de energía 4 se cierra para mantener la generación de energía del sistema secundario de generación de energía 4 mediante la liberación de calor de la sal fundida en el estado parado.

Cuando se produce una disminución significativa en la DNI (por ejemplo, de 12:00 a 14:00 en las partes superiores de las figuras 7 y 8) después de dicho estado, la cantidad de vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar 1 mostrado en la figura 1 disminuye significativamente. La generación de energía por la turbina de vapor 21, 22 y 23 del sistema principal de generación de energía 2, por lo tanto, se detiene, mientras que el almacenamiento de calor por la sal fundida del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 mostrado en la figura 2 y la generación de energía por el sistema secundario de generación de energía 4 también se detiene. Para detener el intercambio de calor por el calentador de almacenamiento de calor 52, la válvula de cierre del vapor del calentador de almacenamiento de calor 75 se cierra gradualmente tal como se muestra en la parte inferior de la figura 7.

Para asegurar un cierto nivel de salida de generación de energía de la totalidad del sistema de generación de energía térmica solar, el sistema secundario de generación de energía 4 lleva a cabo la generación de energía mediante la liberación de calor de la sal fundida. Específicamente, la válvula de cierre del vapor saturado 86 del sistema secundario de generación de energía 4 se abre tal como se muestra en la parte inferior de la figura 7. El flujo de la sal fundida (medio de almacenamiento de calor) del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 y el flujo del agua de alimentación (medio de calentamiento) del sistema secundario de generación de energía 4 en el momento de la liberación de calor de la sal fundida es equivalente a los del caso de la generación de energía del sistema secundario de generación de energía 4 mediante la liberación de calor desde la sal fundida durante la noche. Incluso en casos de disminución significativa en la DNI, la turbina de vapor saturado 70 es impulsada mediante el vapor saturado generado por la liberación de calor de la sal fundida y, de ese modo, genera energía eléctrica, tal como se muestra en la parte inferior de la figura 8. En consecuencia, se puede garantizar un cierto nivel de salida de generación de energía de la totalidad del sistema de generación de energía térmica solar, como un nivel correspondiente a la salida de generación de energía de la turbina de vapor saturado 70 antes de la disminución en la DNI, y se puede evitar una caída significativa en la salida de generación de energía.

Por cierto, incluso cuando la DNI se recupera de la disminución significativa del estado original (por ejemplo, de 14:00 a 16:00 en las partes superiores de las figuras 7 y 8), la generación de energía del sistema secundario de generación de energía 4 por la liberación de calor de la sal fundida se mantiene. Esto se debe a que el arranque y la parada de la turbina de vapor 21, 22 y 23 del sistema principal de generación de energía 2 muchas veces en respuesta a fluctuaciones significativas en la DNI pueden conducir al deterioro de la fiabilidad de la turbina de vapor 21, 22 y 23. La generación de energía del sistema secundario de generación de energía 4 mediante la liberación de calor de la sal fundida continúa también en la noche siguiente; sin embargo, la salida de generación de energía del sistema secundario de generación de energía 4 se reduce de acuerdo con la salida de generación de energía demandada durante la noche.

Tal como se indicó anteriormente, en esta realización, cuando la DNI disminuye significativamente, la turbina de vapor saturado 70 se puede impulsar con el vapor saturado generado por la liberación de calor de la sal fundida después de almacenar el calor solar de la misma manera que durante la noche. Por lo tanto, se puede asegurar un cierto nivel de salida de generación de energía de todo el sistema de generación de energía térmica solar y se puede evitar una caída significativa en la salida de generación de energía.

Tal como se describió anteriormente, de acuerdo con esta realización, la turbina de vapor 21, 22 y 23 es impulsada con parte del vapor sobrecalentado generado por el calor solar y por lo tanto genera energía eléctrica. Además, mediante el intercambio de calor en el calentador de almacenamiento de calor 52 entre el resto del vapor sobrecalentado y la sal fundida (medio de almacenamiento de calor) del depósito de baja temperatura 51, el calor apreciable del vapor sobrecalentado es almacenado en la sal fundida (medio de almacenamiento de calor) mientras se genera vapor saturado a partir del vapor sobrecalentado. La sal fundida (medio de almacenamiento de calor) después del almacenamiento de calor está contenida en el depósito de alta temperatura 50, y la turbina de vapor saturado 70 es impulsada con vapor saturado para generar energía eléctrica. Por lo tanto, el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 se simplifica y los costes de construcción se pueden reducir a la vez que se consigue una utilización eficiente del calor solar captado.

Además, de acuerdo con esta realización, en casos en los que no se puede captar el calor solar, tal como durante la noche, el intercambio de calor entre la sal fundida del sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 después del almacenamiento de calor solar y el agua de alimentación del sistema secundario de generación de energía 4 se lleva a cabo en el precalentador 53 y el evaporador 54, y la turbina de vapor saturado 70 es impulsada con vapor saturado generado a partir del agua de alimentación por la liberación de calor de la sal fundida para generar energía eléctrica. Por lo tanto, el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar 3 se simplifica y los costes de construcción se pueden reducir a la vez que se consigue una utilización eficiente del calor solar captado.

[Otras realizaciones]

Por cierto, aunque se ha ilustrado un ejemplo que emplea un colector de calor solar del tipo Fresnel como evaporador de calor solar 10 y un colector de calor solar del tipo de torre como sobrecalentador de calor solar 11 en la realización descrita anteriormente, colectores de calor de cualquier tipo seleccionado del tipo de artesa, el tipo de Fresnel y el tipo de torre se pueden emplear como evaporador de calor solar y sobrecalentador de calor solar del sistema de captación de calor solar 1.

Además, aunque se ha ilustrado en la realización descrita anteriormente un ejemplo que utiliza una sal fundida a base de sal de nitrato como medio de almacenamiento de calor para el almacenamiento de calor solar, también es posible utilizar aceite sintético que tenga un punto de fusión más bajo que la sal fundida a base de sal de nitrato como medio de almacenamiento de calor.

Aunque un ejemplo que utiliza condensadores de vapor refrigerados por aire como condensadores de vapor para la turbina de vapor 21, 22 y 23 del sistema principal de generación de energía 2 y la turbina de vapor saturado 70 del sistema secundario de generación de energía 4 se ha ilustrado en la realización descrita anteriormente, también es posible utilizar condensadores de vapor refrigerados por agua.

La presente invención no está limitada a las realizaciones descritas anteriormente, sino que contiene una variedad de modificaciones. Las realizaciones descritas anteriormente, que se han descrito en detalle para una explicación clara y fácil de la presente invención, no están necesariamente limitadas a aquellas que incluyen todos los componentes descritos anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de generación de energía térmica solar que comprende:

- 5 un sistema de captación de calor solar (1) que utiliza agua / vapor como medio de calentamiento, estando el sistema de captación de calor solar configurado para generar vapor sobrecalentado a partir del agua mediante la captación de calor solar; y
- 10 un sistema principal de generación de energía (2) que utiliza el medio de calentamiento en común con el sistema de captación de calor solar, estando el sistema principal de generación de energía configurado para habilitar la generación utilizando parte del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar (1), incluyendo el sistema principal para la generación de energía una turbina de vapor (21, 22, 23), en la que se introduce parte del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar (1) y un generador principal (24) impulsado por la turbina de vapor; y
- 15 un sistema de almacenamiento / liberación de calor solar (3) que utiliza un medio de almacenamiento de calor diferente del medio de calentamiento del sistema de captación de calor solar (1), estando el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar configurado para almacenar calor en el medio de almacenamiento de calor mediante intercambio de calor con el resto del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar (1) y para liberar el calor almacenado en el medio de almacenamiento de calor; y
- 20 un sistema secundario de generación de energía (4) que utiliza el medio de calentamiento en común con el sistema de captación de calor solar (1), estando el sistema secundario de generación de energía configurado para llevar a cabo la generación de energía utilizando vapor saturado generado a partir del medio de calentamiento mediante almacenamiento de calor, o liberación de calor del medio de almacenamiento de calor en el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar (3) **caracterizado por que**
- 25 el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar incluye:
- un calentador de almacenamiento de calor (52) para intercambiar calor entre el resto del vapor sobrecalentado generado por el sistema de captación de calor solar (1) y el medio de almacenamiento de calor para almacenar calor en el medio de almacenamiento de calor y generar vapor saturado a partir del vapor sobrecalentado;
- 30 un depósito de baja temperatura (51) para contener el medio de almacenamiento de calor para ser suministrado al calentador de almacenamiento de calor (52); y
- un depósito de alta temperatura (50) para contener el medio de almacenamiento de calor después de almacenar calor en el calentador de almacenamiento de calor (52), y
- 35 el sistema secundario de generación de energía incluye:
- una turbina de vapor saturado (70), en la cual el vapor saturado generado por el calentador de almacenamiento de calor puede ser introducido; y
- 40 un generador secundario (71), impulsado por la turbina de vapor saturado.

2. Sistema de generación de energía térmica solar según la reivindicación 1, en el que:

- el sistema de almacenamiento / liberación de calor solar (3) incluye, además:
- 45 un precalentador (53), para intercambiar calor entre el agua del sistema secundario de generación de energía (4) y el medio de almacenamiento de calor para calentar el agua por liberación de calor del medio de almacenamiento de calor; y
- un evaporador (54) para intercambiar calor entre el agua calentada por el precalentador (53) y el medio de almacenamiento de calor suministrado desde el depósito de alta temperatura (50) para generar vapor saturado a partir del agua mediante liberación de calor del medio de almacenamiento de calor,
- 50 el depósito de baja temperatura (51) contiene el medio de almacenamiento de calor del precalentador (53), y el vapor saturado generado por el evaporador (54) puede ser introducido en la turbina de vapor saturado (70).

3. El sistema de generación de energía térmica solar según la reivindicación 1 o 2, en el que:

- el sistema principal de generación de energía (2) incluye además una primera válvula de control del flujo de vapor (27),
- 60 el sistema secundario de generación de energía (4) incluye una segunda válvula de control del flujo de vapor (74), y
- la primera válvula de control del flujo de vapor y la segunda válvula de control del flujo de vapor controlan una relación entre un caudal del vapor sobrecalentado que se suministrará a la turbina de vapor (21, 22, 23) y un caudal del vapor sobrecalentado suministrado al calentador de almacenamiento de calor (52).

4. El sistema de generación de energía térmica solar según, por lo menos, una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sistema secundario de generación de energía (4) incluye además un sistema de derivación para permitir la introducción de

parte del vapor saturado del calentador de almacenamiento de calor (52) en la turbina de vapor saturado (70) para eludir la turbina de vapor saturado.

5. Método de generación de energía térmica solar que comprende:

generar vapor sobrecalentado a partir del agua mediante la captación de calor solar;
llevar a cabo la generación de energía impulsando una turbina de vapor (21, 22, 23) con parte del vapor sobrecalentado generado por el calor solar; y
suministrar un medio de almacenamiento de calor contenido en un depósito de baja temperatura (51) a un calentador de almacenamiento de calor (52), **caracterizado por que** el método de generación de energía térmica solar comprende, además:

intercambiar calor en el calentador de almacenamiento de calor (52), entre el resto del vapor sobrecalentado generado por el calor solar y el medio de almacenamiento de calor suministrado desde el depósito de baja temperatura (51) para generar vapor saturado a partir del vapor sobrecalentado y almacenar el calor solar en el medio de almacenamiento de calor;
contener en un depósito de alta temperatura (50) el medio de almacenamiento de calor después del almacenamiento de calor en el calentador de almacenamiento de calor (52); y
llevar a cabo la generación de energía impulsando una turbina de vapor saturado (70) con el vapor saturado generado en el calentador de almacenamiento de calor (52).

6. Método de generación de energía térmica solar según la reivindicación 5, en el que cuando el calor solar no puede ser captado, el medio de almacenamiento de calor que ha almacenado calor y está contenido en el depósito de alta temperatura (50) es suministrado en forma sucesiva a un evaporador (54) y a un precalentador (53),
el agua generada a partir del vapor saturado por la impulsión de la turbina de vapor saturado (70) es suministrada en forma consecutiva al precalentador (53) y al evaporador (54),
un intercambio de calor se lleva a cabo en el precalentador (53) entre el medio de almacenamiento de calor y el agua para calentar el agua por liberación de calor del medio de almacenamiento de calor,
un intercambio de calor se lleva a cabo en el evaporador (54) entre el medio de almacenamiento de calor y el agua calentada por el precalentador (53) para generar vapor saturado a partir del agua mediante la liberación de calor del medio de almacenamiento de calor,
el medio de almacenamiento de calor después de la liberación de calor en el precalentador (53) está contenido en el depósito de baja temperatura (51) y la generación de energía se lleva a cabo impulsando la turbina de vapor saturado (70) con el vapor saturado generado en el evaporador (54).

7. Método de generación de energía térmica solar según la reivindicación 5 o 6, en el que se producen fluctuaciones hacia arriba y hacia abajo de la irradiación normal directa, una relación entre un caudal del vapor sobrecalentado que debe ser suministrado a la turbina de vapor (21, 22, 23) y un caudal de vapor sobrecalentado que debe ser suministrado al calentador de almacenamiento de calor (52) se controla para mantener una suma total de la salida de generación de energía de la turbina de vapor y la generación de energía 52 de la turbina de vapor saturado (70) a un nivel sustancialmente constante independientemente de las fluctuaciones de la irradiancia normal directa.

8. Método de generación de energía térmica solar según la reivindicación 5, en el que cuando se producen fluctuaciones bruscas hacia arriba de la irradiación normal directa, la salida de generación de energía de la turbina de vapor saturado disminuye de tal manera que una suma total de la producción de energía de la turbina de vapor (21, 22, 23) y la generación de energía de la turbina de vapor saturado (70) se mantiene a un nivel sustancialmente constante independientemente de las fuertes fluctuaciones ascendentes de la irradiancia normal directa, haciendo que parte del vapor saturado introducido desde el calentador de almacenamiento de calor (52) a la turbina de vapor saturado eluda la turbina de vapor saturado.

9. Método de generación de energía térmica solar según por lo menos las reivindicaciones 5 a 8, en el que cuando la irradiación normal directa cae significativamente y se espera dificultad en la captación de calor solar, el funcionamiento de la turbina de vapor (21, 22, 23) se interrumpe y el intercambio de calor por el calentador de almacenamiento de calor (52) se detiene,
el medio de almacenamiento de calor después de almacenar el calentador solar contenido en el depósito de alta temperatura (50) es suministrado sucesivamente a un evaporador (54) y a un precalentador (53),
agua generada a partir del vapor saturado por la impulsión de la turbina de vapor saturado (70) es suministrada sucesivamente al precalentador (53) y al evaporador (54),
un intercambio de calor se lleva a cabo en el precalentador (53) entre el medio de almacenamiento de calor y el agua para sobrecalentar el agua mediante la liberación de calor del medio de almacenamiento de calor,
un intercambio de calor se lleva a cabo en el evaporador (54) entre el medio de almacenamiento de calor y el agua calentada por el precalentador (53) para generar vapor saturado a partir del agua a través del calentador del medio de almacenamiento de calor,
el medio de almacenamiento de calor después de la liberación de calor en el precalentador (53) está contenido en el depósito de baja temperatura (51), y

la generación de energía se realiza impulsando la turbina de vapor saturado (70) con el vapor saturado generado en el evaporador (54) para asegurar cierta salida de generación de energía.

Fig. 1

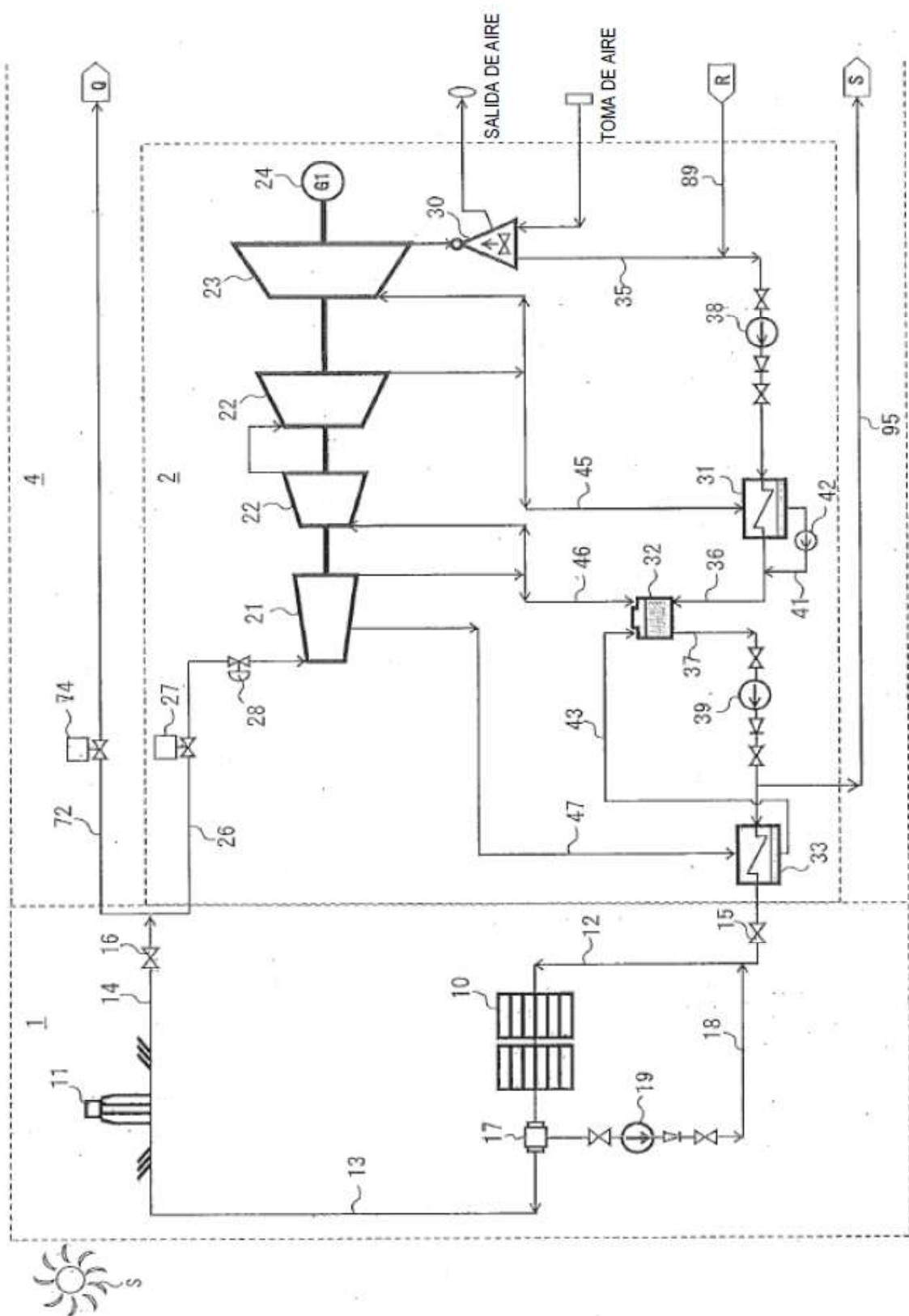
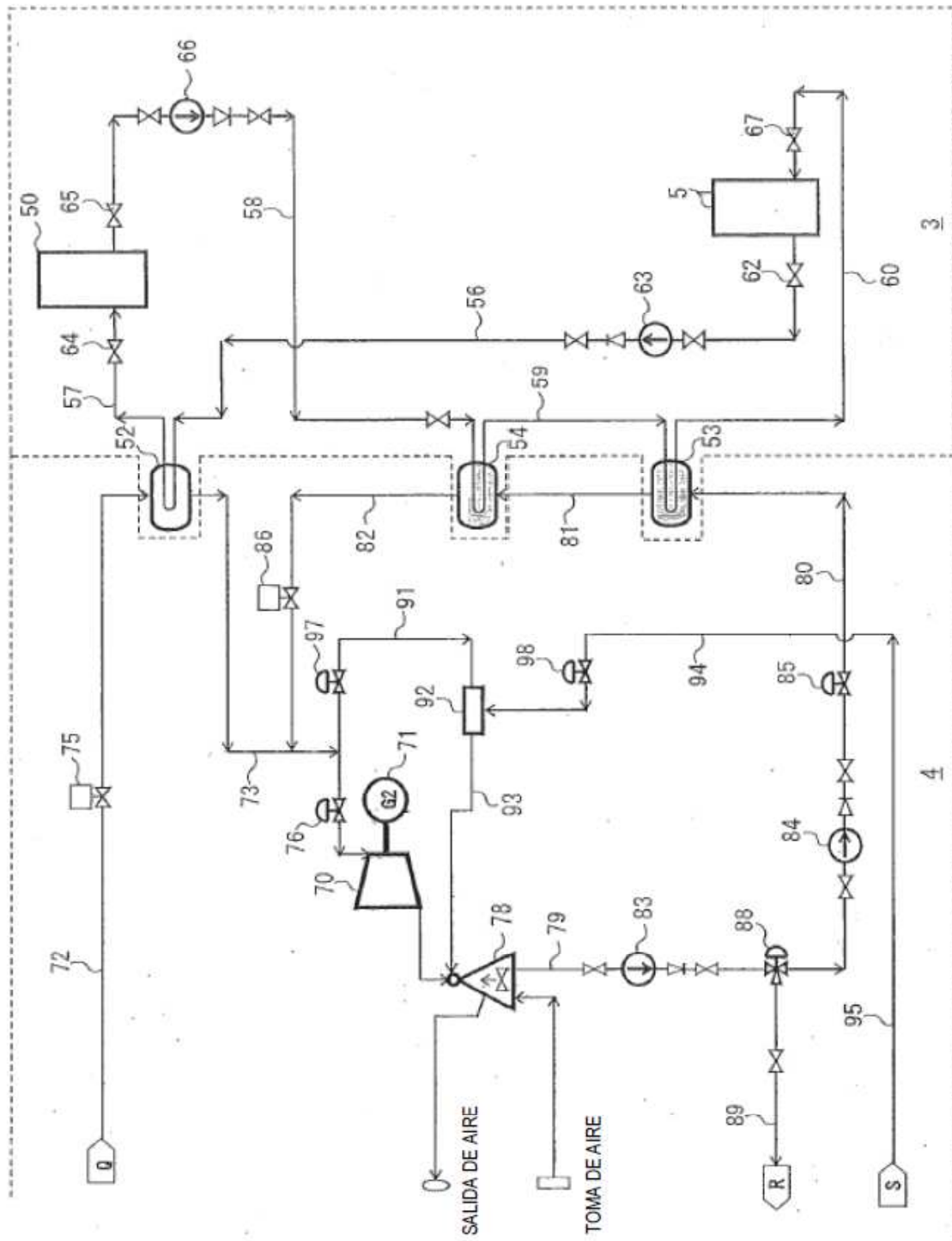


Fig. 2



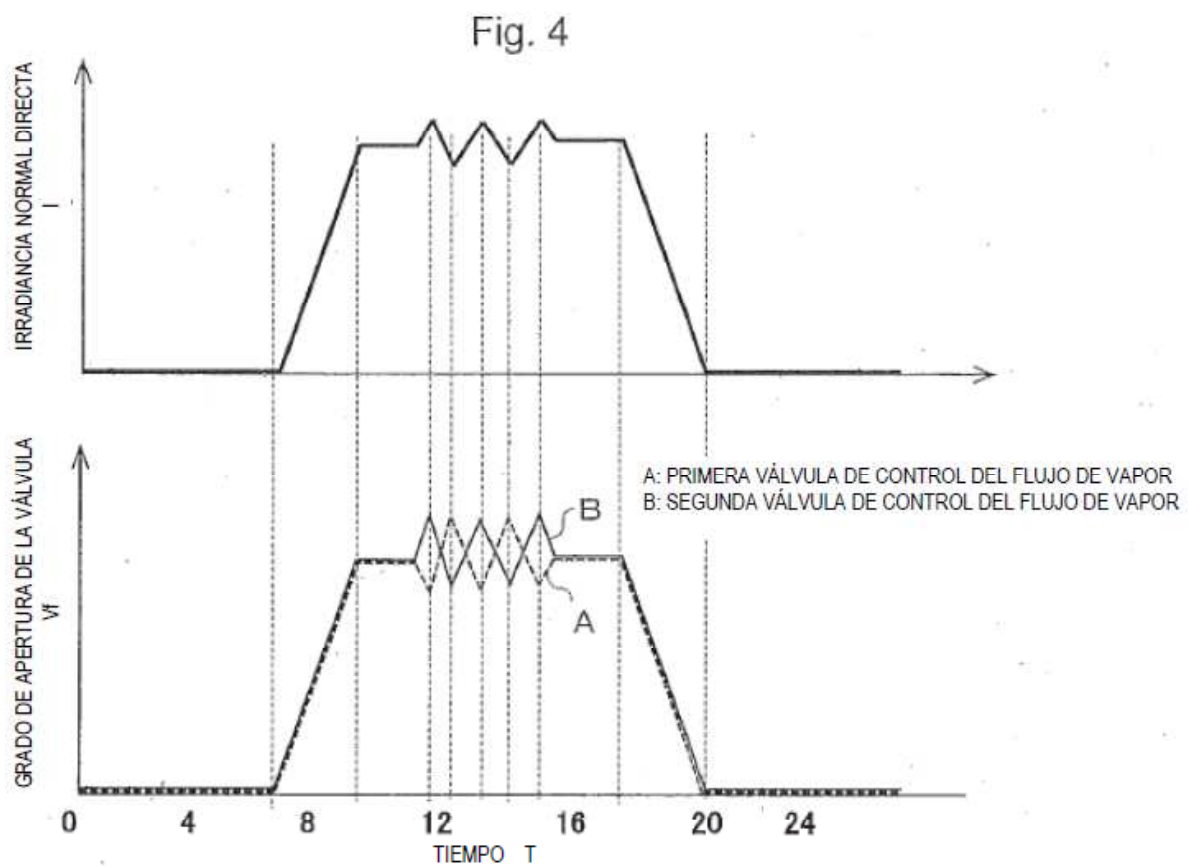
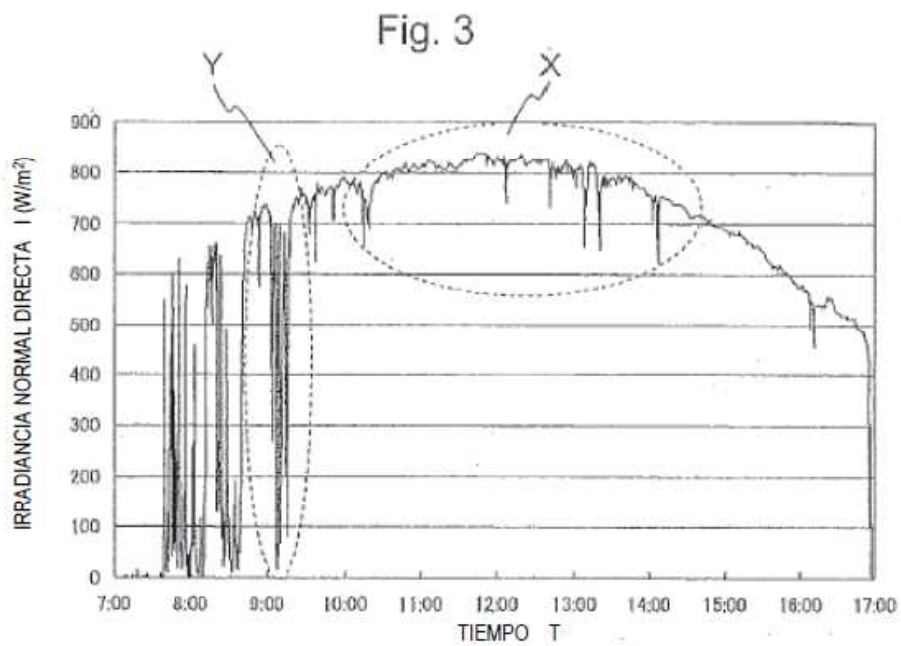


Fig. 5

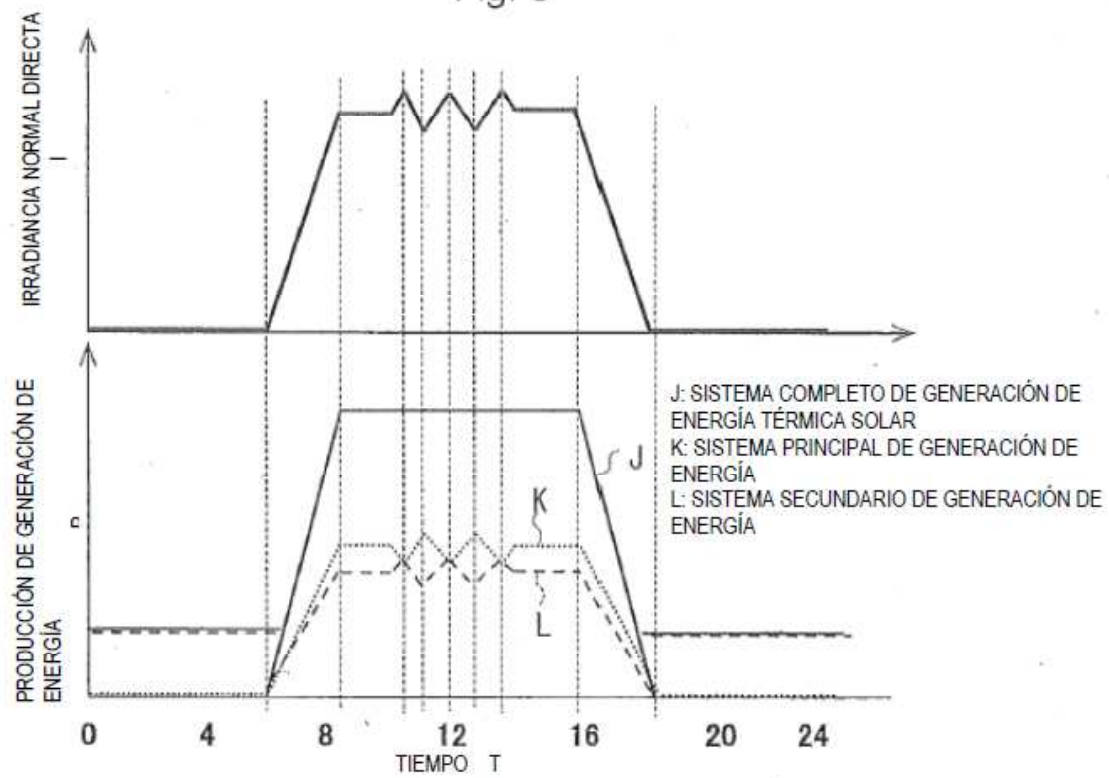


Fig. 6

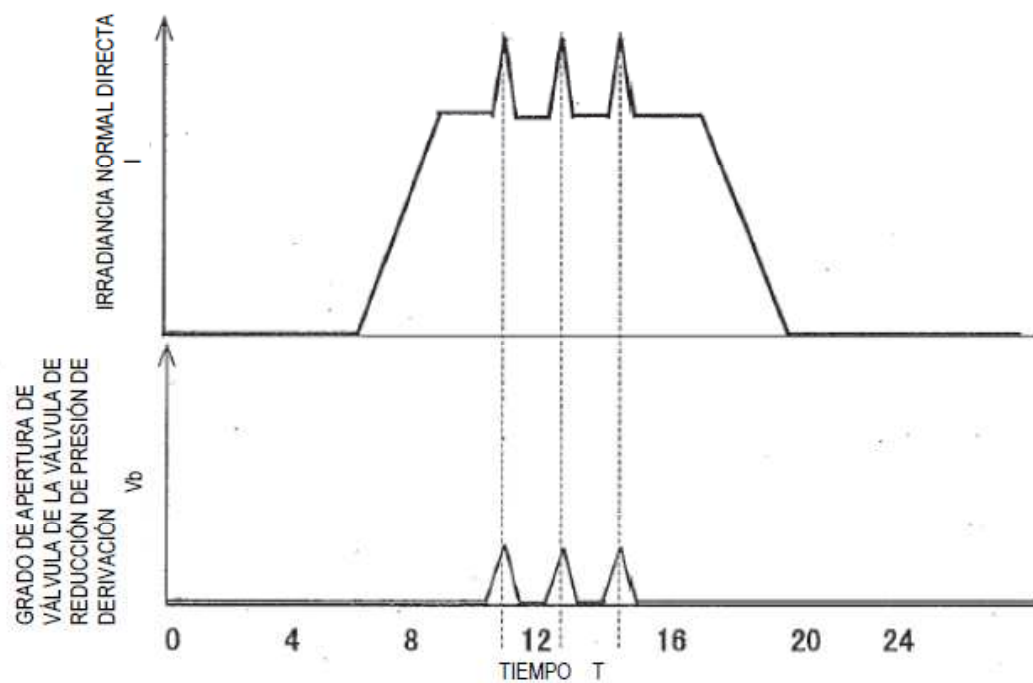


Fig. 7

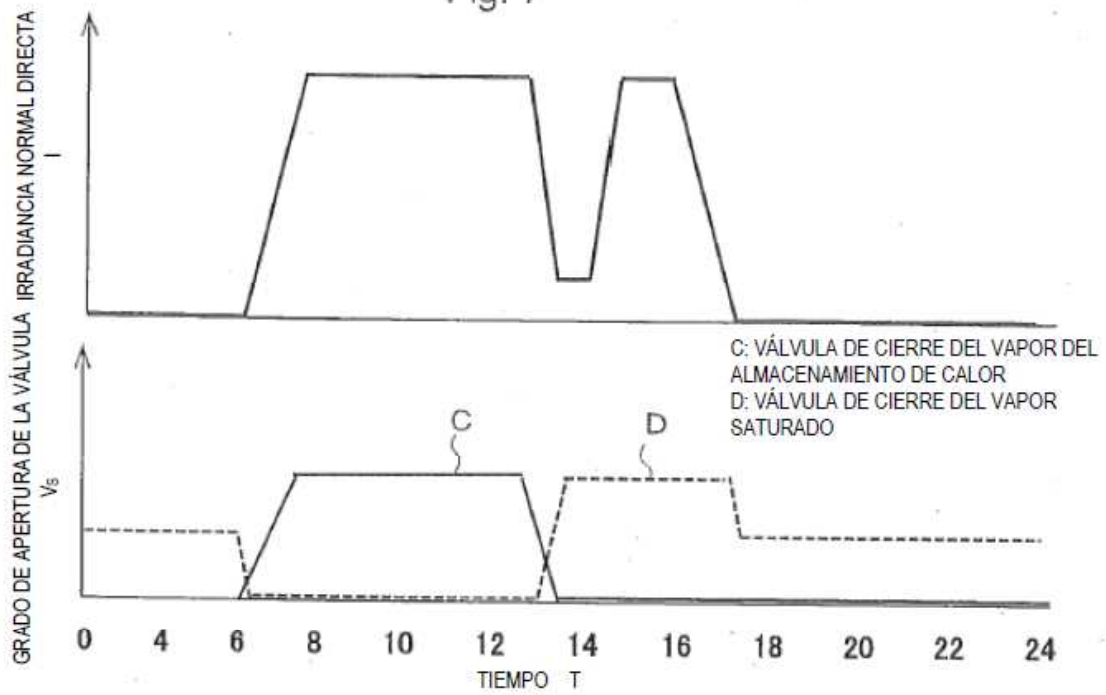


Fig. 8

