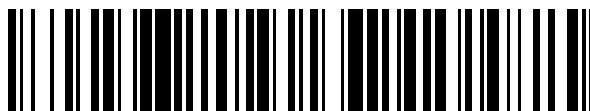


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 713**

51 Int. Cl.:

**F03G 6/00** (2006.01)

**F01K 3/18** (2006.01)

**F03G 6/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2016** **E 16153336 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017** **EP 3054155**

54 Título: **Sistema de almacenamiento y descarga de energía eléctrica**

30 Prioridad:

**04.02.2015 EP 15153755**

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

**21.02.2018**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH  
(100.0%)  
Brown Boveri Strasse 7  
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**AGA, VIPLUV y  
CONTE, ENRICO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 655 713 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 almacenamiento y descarga de energía eléctrica

### Antecedentes

#### Campo de la invención

- 5 La presente divulgación se refiere, en general, a sistemas de almacenamiento y descarga de energía eléctrica con almacenamiento térmico y, más concretamente, a un sistema de almacenamiento de energía eléctrica con unos ciclos de carga de bomba de calor que utilizan fluidos térmicos para almacenar energía.

#### Breve descripción de la técnica relacionada

- 10 Las energías renovables (eólica, solar) son fuentes intermitentes de generación de potencia y, por tanto, estos sistemas requieren unos sistemas de almacenamiento y recuperación de energía rentables que haga coincidir la demanda con la generación referida. A menudo, en zonas caracterizadas por abundante producción de energía renovable y débil infraestructura de transmisión a larga distancia, las fuentes de generación renovables tienen que ser recortadas cuando la producción sobrepasa la demanda. Las baterías integradas en las fuentes de energía renovables para renovar la energía eléctrica generada sobrante es bastante costosa. Otros procedimientos pueden
- 15 incluir la utilización de una infraestructura de almacenamiento de energía basada en tanques de almacenamiento calientes y fríos con sal fundida para almacenar dicha electricidad sobrante directamente, o indirectamente, utilizando una disposición de compresor y turbina que funciona con un fluido de trabajo apropiado en un modo de bomba de calor. Este sistema de almacenamiento de energía puede estar integrado con el sistema de almacenamiento de sal fundida de una planta de Potencia Solar Concentrada (CSP).

- 20 Sin embargo, si dicha electricidad sobrante tuviera que ser directamente utilizada para calentar la sal fundida desde el tanque frío hasta el tanque de almacenamiento caliente, esto puede provocar un uso ineficiente de la electricidad y no sería económico de utilizar para la integración a gran escala de plantas fotovoltaicas o eólicas. Así mismo, el calentamiento indirecto de la sal fundida que utiliza la electricidad sobrante por medio de un ciclo de bomba de calor puede conseguir una mayor eficiencia pero puede quedar limitada a una temperatura máxima dictada por la
- 25 tecnología de la bomba de calor, bastante por debajo de la temperatura máxima que se puede obtener por la sal fundida de aproximadamente 570° C. En general, en el modo de bomba de calor, el fluido más prometedor que puede ser utilizado podría ser dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que puede ser comprimido con un sistema de compresor comercialmente disponible hasta muy altas presiones, pero a una temperatura máxima típicamente entre 300° C y 400° C.

- 30 En un ciclo de bomba de calor, la temperatura más elevada, hasta 600° C, aunque teóricamente posible, no puede desarrollarse, en general, desde el punto de vista práctico, porque ello puede requerir el uso de metales de alta prestación y fabricaciones de precisión ultraelevadas, lo que incrementa radicalmente el coste de dichos compresores lo que se traduce en un sistema demasiado costoso. Además, la utilización de componentes estándar y la consecución de la temperatura objetivo de la sal fundida puede resultar determinante para equilibrar el coste de
- 35 la adición con pérdida de la eficiencia. El documento WO 2012/68251 A1 divulga una planta de energía térmica solar que comprende un receptor de radiación solar montado sobre una torre rodeada por un campo helioestático para recibir la radiación solar reflejada por los helioestatos que forman el campo helioestático. La planta de energía comprende un circuito de generación de energía que incluye una turbina de vapor para accionar un generador eléctrico para producir energía eléctrica y la circulación de agua por medio del receptor de radiación solar es capaz
- 40 de ser calentada directamente por la radiación solar reflejada sobre el receptor de radiación solar por el campo helioestático para generar un vapor sobrecalentado para accionar la turbina de calor.

Por consiguiente, se requiere un sistema de almacenamiento y descarga de energía eléctrica mejorado que utilice fluidos térmicos para almacenar energía y en el que pueda conseguirse dicho equilibrio.

### Sumario

- 45 La presente divulgación divulga un sistema de almacenamiento y descarga de energía alternativo que puede proporcionar una fase de almacenamiento y descarga térmicas eficiente y flexible para la generación de electricidad. El sistema se presentará en el sumario simplificado subsecuente para proporcionar una comprensión básica de uno o más aspectos de la divulgación que están destinados a superar los inconvenientes analizados, pero para incluir todas sus ventajas, junto con la provisión de algunas ventajas adicionales. Este sumario no es una panorámica por
- 50 extenso de la divulgación. No pretende identificar ni elementos clave o críticos de la divulgación, ni delinear el alcance de la presente divulgación. Por el contrario, la sola finalidad de este sumario es presentar algunos conceptos de la divulgación, sus aspectos y ventajas de una forma simplificada como preludeo a la más detallada descripción que se presenta de forma más detallada posteriormente en la presente memoria

- 55 Un objeto de la presente divulgación es describir un sistema de almacenamiento y descarga de energía alternativo que pueda ser capaz de utilizar la energía eléctrica sobrante y conseguir la temperatura objetivo de la sal fundida utilizando procedimientos estándar. La divulgación se basa en la idea general de obtener la temperatura objetivo de

la sal fundida mediante la acumulación y distribución de la energía eléctrica sobrante a partir de una o más fuentes eléctricas para generar calor utilizando un ciclo de bomba de calor y el calor que utiliza un calentador eléctrico.

5 En un aspecto de la presente divulgación, un sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Solar para almacenar energía eléctrica en forma de energía térmica incluye un ciclo de bomba de calor, un ciclo de vapor de agua, un primer sistema de almacenamiento térmico, y un segundo sistema de almacenamiento térmico, un miembro de calentamiento eléctrico y un miembro de regulación de energía. El ciclo de bomba de calor incluye un primer fluido de trabajo y el ciclo de vapor de agua incluye un segundo fluido de trabajo. El primer sistema de almacenamiento térmico incluye un primer fluido térmico y está en comunicación de fluido con el ciclo de bomba de calor y con el ciclo de vapor de agua. El primer sistema de almacenamiento térmico, con el primer fluido térmico, incluye un primer tanque de almacenamiento frío, y un primer tanque de almacenamiento caliente en comunicación de fluido con el primer tanque de almacenamiento frío. Incorporando el segundo sistema de almacenamiento térmico, un segundo fluido térmico, y en comunicación de fluido con el ciclo de bomba de calor y con el ciclo de vapor de agua. El segundo fluido térmico incluye un segundo tanque de almacenamiento frío y un segundo tanque de almacenamiento caliente en comunicación de fluido con el segundo tanque frío. El miembro de calentamiento eléctrico está operativamente conectado al primer sistema de almacenamiento térmico entre los primero y segundo tanques de almacenamiento. El miembro de regulación de energía está eléctricamente conectado a una o más fuentes eléctricas para regular la energía eléctrica sobrante de las fuentes eléctricas para suministrar la energía eléctrica sobrante, parcialmente, al miembro de calentamiento eléctrico y, parcialmente, al ciclo de bomba de calor para hacer posible el almacenamiento de la energía eléctrica sobrante en forma de energía térmica en el primer fluido térmico hasta un nivel predeterminado.

De acuerdo con formas de realización, el ciclo de bomba de calor incluye un compresor para comprimir el primer fluido de trabajo; un cambiador de calor corriente abajo del compresor; y un evaporador / calentador en conexión de fluido con el cambiador de calor. El ciclo de bomba de calor está en comunicación de fluido con el primer sistema de almacenamiento térmico por medio de una primera tubería de fluido que pasa a través del cambiador de calor para suministrar calor del primer fluido de trabajo al primer fluido térmico procedente del primer tanque de almacenamiento frío para alcanzar un valor de temperatura moderado y suministrarlo a la fuente de calentamiento eléctrico situada corriente abajo del cambiador de calor. Así mismo, el ciclo de bomba de calor está en comunicación de fluido con el segundo sistema de almacenamiento térmico por medio de una tercera tubería de fluido que pasa a través del evaporador / calentador, para recibir calor del segundo fluido térmico procedente del segundo tanque de almacenamiento caliente. De acuerdo con formas de realización, el ciclo de bomba de calor es un ciclo transcrito o supercrítico, en el que el fluido de trabajo está en un estado supercrítico en parte de o a todo lo largo del ciclo.

De acuerdo con formas de realización, el ciclo de vapor de agua incluye una turbina de vapor para expandir vapor; un condensador corriente abajo de la turbina de vapor; un primer calentador de agua corriente abajo del condensador; y una caldera corriente abajo del primer calentador de agua para convertir el agua del ciclo en vapor. El ciclo de vapor de agua está en comunicación de fluido con el primer sistema de almacenamiento térmico por medio de una segunda tubería de fluido que pasa a través de la caldera para suministrar el calor del primer fluido térmico hacia el ciclo de vapor de agua. Así mismo, el ciclo de vapor de agua está en comunicación de fluido con el segundo almacenamiento térmico al menos a través de una cuarta tubería de fluido que pasa a través del primer calentador de agua o a través de una quinta tubería de fluido que pasa a través del condensador, para calentar el segundo fluido térmico procedente del segundo tanque de almacenamiento frío.

De acuerdo con formas de realización, la turbina de vapor es una turbina de vapor de múltiples etapas, con una tubería de extracción configurada y dispuesta para extraer vapor de la turbina de vapor a partir de una etapa intermedia. La tubería de extracción está conectada a un segundo calentador de agua situado en el ciclo de vapor de agua corriente abajo del primer calentador de agua para hacer posible un calentamiento de agua suplementario en el ciclo de vapor de agua con el vapor de extracción.

De acuerdo con formas de realización, el miembro de regulación de energía puede incluir un algoritmo automatizado para utilizar el sobrante de la energía eléctrica procedente de las fuentes eléctricas que incluyan al menos unos sistemas de generación de energía solar, unos sistemas de generación de energía, unas redes de distribución eléctrica, y similares.

50 De acuerdo con formas de realización, el sistema de almacenamiento térmico incluye un tercer tanque de almacenamiento dispuesto entre los primero y segundo tanques de almacenamiento calientes corriente arriba del miembro de calentamiento eléctrico y corriente abajo del cambiador de calor para almacenar, moderadamente calentado, el primer fluido térmico en el tercer tanque de almacenamiento.

De acuerdo con formas de realización, el primer fluido térmico es sal fundida.

55 De acuerdo con formas de realización, el segundo fluido térmico es un fluido entre agua, agua a presión, aceite, aceite sintético y aceite mineral.

Estos junto con otros aspectos de la presente divulgación, en unión con las diversas características novedosas que caracterizan la presente divulgación, se señalan de forma específica en la presente divulgación. Para una mejor

compresión de la presente divulgación, sus ventajas operativas y sus usos, debe hacerse referencia a los dibujos que se acompañan y a la materia descriptiva en la que se ilustran formas de realización ejemplares de la presente divulgación.

**Breve descripción de los dibujos**

5 Las ventajas y características de la presente divulgación se comprenderán mejor con referencia a la descripción detallada subsecuente y a las reivindicaciones tomadas en combinación con los dibujos que se acompañan, en los que los mismos elementos son identificados con los mismos símbolos, y en los que:

La FIG. 1 es una representación esquemática de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica, de acuerdo con una forma de realización de la presente divulgación;

10 la FIG. 2 es una representación esquemática de un sistema de almacenamiento de energía eléctrica, de acuerdo con una forma de realización de la presente divulgación; y

las FIGS. 3A a 3C son vistas esquemáticas de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica que muestran la carga y descarga del ciclo de acuerdo con diversas formas de realización de la presente divulgación.

15 Las mismas referencias numerales se refieren a las mismas partes a lo largo de la descripción de las diversas vistas de los dibujos.

**Descripción detallada de formas de realización ejemplares**

Para una comprensión completa de la presente divulgación, se hace referencia a la descripción detallada subsecuente que incluye las reivindicaciones adjuntas, en conexión con los dibujos antes descritos. En la descripción posterior, a los fines del análisis, se exponen detalles específicos con el fin de ofrecer una comprensión completa de la presente divulgación. Debe resultar evidente al experto en la materia, sin embargo, que la presente divulgación puede llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, se muestran estructuras y dispositivos únicamente en forma de diagramas de bloque, para evitar oscurecer la divulgación. La referencia en la presente memoria descriptiva a "una forma de realización", "otra forma de realización", "diversos componentes", significa que un elemento, estructura o característica descrita concreta en conexión con la forma de realización se incluye al menos una forma de realización de la divulgación. La inclusión de la frase "en una forma de realización" en diversos lugares de la memoria descriptiva no se refiere necesariamente a la misma forma de realización, ni son formas de realización separadas o alternativas que se excluyan mutuamente respecto de otras formas de realización. Además, se describen diversas características que pueden ser mostradas por algunas formas de realización y no por otras. De modo similar, se describen diversos requisitos que pueden requerirse para algunas formas de realización pero no como requisitos de otra forma de realización.

Aunque la descripción subsecuente contiene muchos elementos específicos con fines de ilustración, cualquier persona experta en la materia apreciará que muchas variantes y / o alteraciones a estos detalles se incluyen en el alcance de la presente divulgación. De modo similar aunque muchas de las características de la presente divulgación se describen en términos de mucha relación, o en combinación entre sí, el experto en la materia apreciará que muchas de estas características pueden disponerse de manera independiente respecto de otras características. Por consiguiente, la descripción de la siguiente divulgación se define sin pérdida alguna de generalidad respecto de, y sin imponer limitaciones a, la presente divulgación. Así mismo, los términos utilizados en la presente memoria no denotan ningún orden, preeminencia o importancia sino que más bien son utilizados para distinguir un elemento de otro. Así mismo, los términos "un", "uno", y "pluralidad" en la presente memoria no denotan una limitación de cantidad sino que más bien indican la presencia de al menos un elemento referenciado.

Con referencia a la FIG. 1, se muestra una representación esquemática de un sistema 100 de Almacenamiento de Energía Eléctrica (en lo sucesivo denominado como "sistema 100"), de acuerdo con una forma de realización ejemplar de la presente divulgación. Una forma de realización ejemplar como la mostrada en la Fig. 1, representa el sistema 100 en su forma más simple, la cual incluye un ciclo 10 de bomba de calor, un ciclo 20 de vapor de agua, un primer sistema 30 de almacenamiento térmico, que es un sistema de almacenamiento térmico más caliente, y un segundo sistema 40 de almacenamiento térmico, que es un sistema de almacenamiento térmico más frío que interconecta el ciclo 10 de bomba de calor y el ciclo 20 de vapor de agua, respectivamente. El sistema 100 incluye además un miembro 50 de calentamiento eléctrico conectado de forma operativa al primer sistema 30 de almacenamiento eléctrico. Así mismo, el sistema 100 incluye un miembro 60 de regulación de energía para regular la electricidad sobrante destinada a ser convertida en energía térmica y que está almacenada para ser utilizada cuando se requiera.

De acuerdo con una forma de realización, el ciclo 10 de bomba de calor puede incluir cualquier ciclo 10 de bomba de calor conocido que presente unos ciclos configurados como subcríticos, transcíticos y supercríticos. En una forma de realización ejemplar mostrada en la Fig. 1, el ciclo 10 de bomba de calor incluye un compresor 18 para comprimir un primer fluido de trabajo, un cambiador de calor 12 corriente abajo del compresor 18, un expansor 15 corriente abajo del cambiador de calor 12, y un evaporador / calentador 14 en comunicación de fluido con el cambiador de

calor 12 y situado entre el expansor 15 y el compresor 18 sobre el lado de baja presión del ciclo 10 de bomba de calor.

5 De acuerdo con una forma de realización como la que se muestra en la FIG. 1, un recuperador 13 puede estar de forma fluido situado sobre el lado de alta presión del ciclo 10 de bomba de calor entre el cambiador de calor 12 y el expansor 15, y sobre el lado de baja presión del ciclo 10 de bomba de calor entre el compresor 18 y el evaporador / calentador 16. En este emplazamiento el recuperador 13 transfiere energía térmica desde el fluido de trabajo de alta presión hasta el fluido de trabajo de presión más baja.

10 De acuerdo con una forma de realización, como la mostrada en la FIG. 1, el ciclo 20 de vapor de agua comprende secuencialmente una turbina 21 de vapor, un condensador 22 para condensar el vapor aspirado de la turbina 21 de vapor, una bomba 23 de condensado para presurizar el agua condensada, un primer calentador 26 de agua, para transferir calor al almacenamiento de baja temperatura y una primera caldera 29 para generar vapor en el ciclo destinado a retornar a la turbina 21 de vapor.

15 De acuerdo con la forma de realización mostrada en la FIG. 1, la turbina 21 de vapor puede ser una turbina 21 de vapor de múltiples etapas y el circuito de vapor de agua incluye un segundo calentador 28 de agua para calentar el condensado con el vapor extraído a través de una tubería 24 de vapor de extracción. Una segunda caldera adicional 27 está situada corriente abajo del segundo calentador 28 de agua, de modo preferente, de manera fluida en paralelo con la primera caldera 29. Tanto el segundo calentador 28 de agua como la segunda caldera 27 pueden ser utilizados para proporcionar una entrada de energía suplementaria en el ciclo 20 de vapor de agua o en otro caso operar el ciclo 20 de vapor en ausencia de la entrada de calor a partir del sistema 30 de almacenamiento térmico más caliente.

20 De acuerdo con la forma de realización mostrada en la FIG. 1, el primer sistema 30 de almacenamiento térmico con un primer fluido térmico es un sistema de almacenamiento térmico más caliente. El primer sistema 30 de almacenamiento térmico (también designado como "sistema 30 de almacenamiento térmico más caliente") incluye un primer tanque 32 de almacenamiento frío más caliente y un primer tanque 36 de almacenamiento caliente más caliente que están en comunicación de fluido por medio de la primera tubería 34 de fluido que pasa a través del cambiador de calor 12 del ciclo 10 de bomba de calor. El cambiador de calor 12 puede calentar el primer fluido térmico hasta una temperatura moderada, por ejemplo, de aproximadamente 300° C a 400° C. Una segunda tubería 38 de fluido conecta el primer tanque 36 de almacenamiento caliente más caliente al primer tanque 32 de almacenamiento frío más caliente por medio de la primera caldera 29 de vapor. De esta manera, la energía térmica procedente del primer tanque 36 de almacenamiento caliente más caliente puede ser utilizada como fuente de energía en el ciclo 20 de vapor de agua. Aunque, en la forma de realización ejemplar el primer tanque 36 de almacenamiento caliente más caliente puede estar configurado solo para mantener fluido térmico, en otra forma de realización ejemplar, el primer tanque 36 de almacenamiento caliente más caliente incluye adicionalmente unos medios de retención de calor, por ejemplo metal absorbente del calor, rocas u otros minerales que hacen posible la retención de calor a largo plazo. En otra forma de realización ejemplar, el sistema 30 de almacenamiento térmico más caliente puede incluir un solo tanque de almacenamiento, llenado con un material que obstaculice la mezcla del fluido frío y caliente. En horas diurnas del día, el primer fluido térmico puede ser calentado por medio de una disposición de un heliostato 37a y receptor 37b y almacenado utilizando la disposición 32, 36 de tanques, como es conocido en la técnica.

40 De acuerdo con la forma de realización mostrada en la FIG. 1, el miembro 50 de calentamiento eléctrico puede, de manera operable, estar conectado al primer sistema 30 de almacenamiento térmico entre los primeros tanques 32, 36 de calor más caliente y de almacenamiento frío en la primera tubería 34 de fluido, corriente abajo del cambiador de calor 12 del ciclo 10 de bomba de calor. El miembro 50 de calentamiento eléctrico puede recibir el primer fluido térmico calentado hasta una temperatura moderada y calentarlo de manera adicional hasta una temperatura predeterminada, por ejemplo de aproximadamente 500° C a 600° C. Sin embargo, de acuerdo con otras formas de realización, como se muestra en la FIG. 2, el sistema 30 de almacenamiento térmico puede también incluir un tercer tanque 39 de almacenamiento dispuesto entre los primeros tanques 32, 36 de almacenamiento caliente y frío corriente arriba del miembro 50 de calentamiento eléctrico y corriente abajo del calentador de calor 12 para almacenar el primer fluido térmico calentado moderadamente en el tercer tanque 39 de almacenamiento. El tercer tanque 39 de almacenamiento puede ser instalado para actuar como separador y desacoplar las operaciones del ciclo 10 de bomba de calor respecto de la operación de calentamiento eléctrico si los dos ciclos de carga necesitan ser operados de manera independiente con el primer sistema 30 de almacenamiento térmico, haciendo con ello posible aprovechar el precio variable de la electricidad que debe adquirirse

55 De acuerdo con la forma de realización mostrada en la FIG. 1, el segundo sistema 40 de almacenamiento térmico con un segundo fluido térmico que es el sistema de almacenamiento térmico más frío. El segundo sistema 40 de almacenamiento térmico incluye un segundo tanque 46 de almacenamiento frío más frío y el segundo tanque 42 de almacenamiento frío más frío en contacto de fluido por medio de una tercera tubería 44 de fluido que pasa a través del evaporador / calentador 14 del ciclo 10 de bomba de calor. Una cuarta tubería 48 de fluido conecta también el tanque 42 de almacenamiento frío más frío con el tanque 46 de almacenamiento caliente más frío por medio de al menos el primer calentador 26 de agua como se muestra en la FIG. 1, o el condensador 22, como se muestra en la FIG. 3C del ciclo 20 de vapor de agua. De esta forma, la energía térmica procedente del ciclo 20 de vapor puede ser

utilizada para calentar aún más el agua procedente del tanque 42 de almacenamiento frío más frío y volver a llenar el tanque 46 de almacenamiento caliente más frío. Aunque, en una forma de realización ejemplar el tanque 46 de almacenamiento caliente más frío puede ser configurado para mantener solo fluido térmico, en otra forma de realización ejemplar, el tanque 46 de almacenamiento caliente más frío incluye además unos medios de retención de calor, por ejemplo metal absorbente del calor, rocas u otros minerales que permitan la retención de calor a largo plazo. En otra forma de realización ejemplar, el sistema de almacenamiento térmico más frío puede consistir en un único tanque de almacenamiento llenado con un material que obstaculice la mezcla del fluido frío más frío y caliente.

En esta disposición, el miembro 60 de regulación de energía puede ser un algoritmo basado en el miembro 60 de regulación de energía eléctricamente conectado a una o más fuentes 70 eléctricas, que incluyan al menos unos sistemas entre los sistemas 72 de generación de energía solar, los sistemas 74 de generación de energía eólica, redes de distribución eléctrica 76 y similares, para regular la energía eléctrica sobrante de las fuentes 70 eléctricas para suministrar la energía eléctrica sobrante, parcialmente, al miembro 50 de calentamiento eléctrico, y parcialmente, al ciclo 10 de bomba de calor para posibilitar el almacenamiento de la energía eléctrica sobrante en forma de energía térmica. En dicha disposición, el ciclo 10 de bomba de calor y el miembro 50 de calentamiento eléctrico actúan como sistema de carga para convertir la energía eléctrica en energía térmica.

La energía eléctrica parcial procedente del miembro 60 de regulación de energía es utilizada para accionar el compresor 18 del ciclo 10 de bomba de calor en energía térmica que es suministrada almacenada al sistema 30 de almacenamiento térmico más caliente. Así mismo, otra energía eléctrica parcial es suministrada al miembro 50 de calentamiento eléctrico por medio del miembro 60 de regulación de energía destinado a ser convertido en energía térmica para ser almacenada de manera suplementaria en el sistema 30 de almacenamiento térmico más caliente para alcanzar la temperatura máxima requerida del primer fluido térmico, por ejemplo, aproximadamente de 500° C a 600° C. Así mismo, el ciclo 20 de vapor de agua es un sistema de descarga para convertir el almacenamiento de energía térmica del sistema 30 de almacenamiento térmico más caliente en electricidad, mediante la utilización de la turbina 21 de vapor para accionar un generador. Así mismo, el ciclo 20 de vapor de agua puede ser utilizado para volver a llenar la energía de baja temperatura del sistema de almacenamiento más frío que puede ser utilizado por el ciclo 10 de bomba de calor.

Con referencia ahora a las FIGS. 3A a 30B, los sistemas 100 se ilustran representando la carga y descarga del sistema 100. De acuerdo con una forma de realización, la FIG 3A ilustra la carga del sistema 100, y las FIGS. 3B y 3C, ilustran la descarga del sistema 100. El ciclo de carga puede producirse por ejemplo durante ciertas horas del día y el ciclo de descarga puede producirse por ejemplo durante las horas de la noche. Así mismo, el ciclo de carga significa el calentamiento del primer fluido térmico hasta una temperatura predeterminada y su almacenamiento en el primer sistema 30 de almacenamiento térmico. De modo similar, el ciclo de descarga significa la utilización del calor del primer fluido térmico para operar el sistema 100.

Un procedimiento ejemplar, como se describe en la FIG. 3A (líneas y componentes oscuros), de un ciclo de carga que utiliza un fluido de trabajo transcrito implica las siguientes etapas. En primer lugar, la forma de electricidad sobrante de las diversas fuentes 70 eléctricas es regulada por medio del miembro 60 de regulación de energía, parcialmente, para accionar el ciclo 10 de bomba de calor y parcialmente hacia el miembro 50 de calentamiento eléctrico. En el ciclo 10 de bomba de calor la electricidad acciona el motor para hacer posible que el compresor 18 comprima el primer fluido de trabajo del ciclo 10 de bomba de calor hasta el estado supercrítico para alcanzar la temperatura más elevada permitida por el primer medio de almacenamiento en el que está recubierto por el cambiador de calor 12 situado corriente abajo del compresor 18.

En una etapa de recuperación posterior, el primer fluido de trabajo de elevada presión enfriada es utilizado para precalentar el fluido de trabajo de baja presión en un recuperador 13 para limitar la presión de salida del compresor 18. Así mismo, el primer fluido de trabajo enfriado es expandido dentro de un expansor 15 que estrangula la presión del primer fluido de trabajo hasta una presión más baja. El fluido de trabajo es entonces precalentado / evaporado y calentado en el evaporador / calentador 14 antes de ser devuelto al compresor. Esta etapa de calentamiento y evaporación puede conseguirse utilizando calor procedente del entorno o si no el calor procedente del segundo ciclo 40 de almacenamiento térmico más frío lo que incrementa la eficiencia del ciclo 10 de bomba de calor. El ciclo 10 de bomba de calor en el modo de carga, como se muestra en la FIG. 3A, transfiere el calor almacenado cuando la diferencia de temperatura entre los dos segundos tanques 42, 46 de almacenamiento frío y caliente, del segundo sistema 40 de almacenamiento térmico, el más frío (tanque 42) que oscila entre aproximadamente 30° C y aproximadamente 60° C y el otro tanque (tanque 46) entre aproximadamente 80° C y aproximadamente 120° C, hasta una temperatura más elevada como se ejemplifica por la diferencia de temperatura de aproximadamente 265° C y aproximadamente 565° C en los dos primeros tanques 32, 36 de almacenamiento frío y caliente del primer sistema 30 de almacenamiento térmico.

Al final de este ciclo de carga, por ejemplo teniendo en cuenta las horas diurnas, el segundo tanque 46 de agua caliente estará vacío y el segundo tanque 42 de agua fría estará lleno.

Sin embargo, dado que es difícil y costoso fabricar compresores y bombas de calor que puedan operar a una presión de 100 - 300 bares y a una temperatura por encima de los 300° C - 400° C el ciclo 10 de bomba de calor se

hace operar solo hasta la temperatura límite que se puede conseguir utilizando componentes estándar del ciclo 10 de bomba de calor, esto es, hasta un margen de aproximadamente 300° C - 400° C.

5 Por encima de esta temperatura, el primer fluido térmico en el primer sistema 30 de almacenamiento térmico puede ser calentado utilizando el miembro 50 de calentamiento eléctrico. La energía eléctrica parcial es regulada por medio del miembro 60 de regulación de energía hasta el miembro 50 de calentamiento eléctrico para que se convierta en energía térmica para que sea posteriormente utilizada en el sistema 30 de almacenamiento térmico más caliente para alcanzar la temperatura requerida máxima del primer fluido térmico, por ejemplo aproximadamente de 500° C a 600° C.

10 Un procedimiento operativo ejemplar, como se muestra en la FIG. 3B (líneas y componentes oscuros), un ciclo de descarga implica las siguientes etapas: el ciclo 20 de vapor de agua utiliza el calor del primer sistema 30 de almacenamiento térmico para producir vapor y producir electricidad como se analizó anteriormente. Así mismo, el segundo sistema 30 de almacenamiento térmico puede ser precalentado durante el ciclo de descarga cuyo calor puede ser utilizado durante el ciclo de carga por el ciclo 10 de bomba de calor como se analizó anteriormente. Para hacerlo, en una forma de realización, el segundo fluido térmico frío a partir del segundo tanque 42 de almacenamiento frío puede ser calentado utilizando el primer calentador 26 de agua del ciclo 20 de vapor de agua antes de que sea devuelto al segundo tanque 42 de almacenamiento caliente a través de la cuarta tubería 48 de fluido, como se muestra en la FIG. 3B, para alcanzar la temperatura del segundo fluido térmico frío de aproximadamente 30° C hasta aproximadamente 80° C. Sin embargo, en otra forma de realización ejemplar, como se muestra en la FIG. 3C (líneas y componentes oscuros), el segundo fluido térmico frío puede tomar este calor del condensador 22 del ciclo 20 de vapor de agua, cuando el segundo tanque 42 de almacenamiento frío puede ser calentado utilizando el condensador 22 en lugar del primer calentador 26 de agua antes de ser devuelto al segundo tanque de almacenamiento caliente a través de una quinta tubería 49 de fluido hasta la temperatura alcanzada del segundo fluido térmico frío desde aproximadamente 30° C hasta aproximadamente 50° C. El uso de la forma de realización de la FIG. 3C puede llevarse a cabo por el hecho de que un condensador enfriado por aire, por ejemplo el condensador 22, típicamente utilizado en la CSP ofrece una temperatura operativa más elevada que el agua enfriada, entonces resulta más eficiente para el ciclo de carga para cambiar el calor de temperatura baja con el condensador enfriado por aire mejor que el tren de precalentamiento.

30 Aunque pueden ser adaptados fluidos térmicos y el fluido de trabajo del ciclo 10 de bomba de calor para satisfacer los requerimientos del sistema 100, en una forma de realización ejemplar el primer fluido térmico más caliente puede ser sal fundida (60% de NaNO<sub>3</sub>, 40% de KNO<sub>3</sub>) operada a un límite de temperatura de entre 270° C y 565° C y con un punto de congelación de 238° C mientras el segundo fluido térmico más frío puede ser agua, presurizada o no o también puede ser aceite, aceite sintético y aceite mineral. Al mismo tiempo el fluido de trabajo es CO<sub>2</sub> seleccionado para el ciclo de carga transcrítico debido a las propiedades físicas apropiadas que incluyen no inflamabilidad, no degradación a la temperatura más elevada y la posibilidad de ser comprimible hasta 1000 bares. Como alternativa, el fluido de trabajo puede ser aire.

El sistema 100 de la presente divulgación es ventajoso en varios ámbitos, como se describió anteriormente. El sistema es un sistema de almacenamiento y descarga de energía alternativo mejorado que puede ser capaz de utilizar la energía eléctrica sobrante y conseguir la temperatura objetivo de la sal fundida utilizando componentes estándar de manera económica, lo que, de no ser así, sería muy costoso o teóricamente imposible.

40 Las descripciones precedentes de formas de realización específicas de la presente invención han sido presentadas con fines de ilustración y descripción. No pretenden ser exhaustivas o limitar la presente divulgación a las precisas formas divulgadas y, evidentemente, son posibles muchas modificaciones y variantes a la luz de las enseñanzas expuestas. Las formas de realización fueron escogidas y descritas para analizar de forma óptima los principios de la presente divulgación y su aplicación práctica, para de esta forma hacer posible que otros expertos en la materia utilicen del mejor modo la presente divulgación y distintas formas de realización con diversas modificaciones en cuanto se adapten al uso concreto contemplado. Se entiende que las diversas omisiones y sustituciones de equivalentes se contemplan en cuanto las circunstancias puedan propiciarlas o resultar más oportunas, pero dichas circunstancias están destinadas a amparar la aplicación y desarrollo sin apartarse del alcance de las reivindicaciones de la presente divulgación.

50 Lista de numerales de referencia:

- 100 Sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica
- 10 Ciclo de bomba de calor
- 12 Cambiador de calor
- 13 Recuperador
- 55 14 Evaporador / Cambiador
- 15 Expansor

## ES 2 655 713 T3

	18	Compresor
	20	Ciclo de Vapor de Agua
	21	Turbina de Vapor
	22	Condensador
5	23	Bomba de condensado
	24	Tubería de extracción
	26	Primer calentador de agua
	27	Segunda caldera
	28	Segundo calentador de agua
10	29	Primera caldera
	30	Primer sistema de almacenamiento térmico
	32	Primer tanque de almacenamiento frío
	34	Primera tubería de fluido
	36	Primer tanque de almacenamiento caliente
15	37a	Helioestato
	37b	Receptor
	38	Segunda tubería de fluido
	39	Tercer tanque de almacenamiento
	40	Segundo sistema de almacenamiento térmico
20	42	Segundo Tanque de almacenamiento frío
	44	Tercera tubería de fluido
	46	Segundo tanque de almacenamiento caliente
	48	Cuarta tubería de fluido
	49	Quinta tubería de fluido
25	50	Miembro de calentamiento eléctrico
	60	Miembro de regulación de energía
	70	Fuentes eléctricas
	72	Sistemas de generación de energía solar
	74	Sistemas de generación de energía eólica
30	76	Redes de distribución eléctrica



**REIVINDICACIONES**

1.- Un sistema (100) de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica para almacenar energía eléctrica en forma de energía térmica, que comprende:

- un ciclo (10) de bomba de calor que incorpora un primer fluido de trabajo;
- 5 un ciclo (20) de vapor de agua que incorpora un segundo fluido de trabajo;
- un primer sistema (30) de almacenamiento térmico que incorpora un primer fluido térmico, y en comunicación de fluido con el fluido (10) de bomba de calor y el ciclo (20) de vapor de agua, comprendiendo el primer sistema (30) de almacenamiento térmico, con el primer fluido térmico:
  - un primer tanque (32) de almacenamiento frío, y
  - 10 un primer tanque (36) de almacenamiento caliente en comunicación de fluido con el primer tanque (32) de almacenamiento frío, **caracterizado por que** comprende además:
    - un segundo sistema (40) de almacenamiento térmico que incorpora un segundo fluido térmico, y en comunicación de fluido con el ciclo (10) de bomba de calor y el ciclo (20) de vapor de agua, comprendiendo el segundo fluido térmico,
    - 15 un segundo tanque (42) de almacenamiento frío, y
    - un segundo tanque (46) de almacenamiento caliente en comunicación de fluido con el segundo tanque (42) de almacenamiento frío;
    - un miembro (50) de calentamiento eléctrico conectado de manera operable con el primer sistema (30) de almacenamiento térmico entre los primero y segundo tanques (32), (36); y
    - 20 un miembro (60) de regulación de energía eléctricamente conectado a una o más fuentes eléctricas para regular la energía eléctrica sobrante de las fuentes eléctricas para suministrar la energía eléctrica sobrante, parcialmente, al miembro (50) de calentamiento eléctrico y, parcialmente, al ciclo (10) de bomba de calor para posibilitar el almacenamiento de la energía eléctrica sobrante en forma de energía térmica en el primer fluido térmico.
    - 25

2.- El sistema (100) de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el ciclo (10) de bomba de calor comprende:

- un compresor (18) para comprimir el primer fluido de trabajo;
- un cambiador de calor (12) corriente abajo del compresor (18); y
- 30 un evaporador / calentador (14) en comunicación de fluido con el cambiador de calor (12), en el que el ciclo (10) de bomba de calor está en comunicación de fluido con el primer sistema (30) de almacenamiento térmico a través de una primera tubería (34) de fluido que pasa a través del cambiador de calor (12) para suministrar calor del primer fluido de trabajo al primer fluido térmico procedente del primer tanque (32) de almacenamiento frío para alcanzar un valor de temperatura moderada suministrándolo a la
- 35 fuente (50) de calentamiento eléctrico situada corriente abajo del cambiador de calor (12), y en el que el ciclo (10) de bomba de calor está en comunicación de fluido con el segundo sistema (40) de almacenamiento térmico a través de una tercera tubería (44) de fluido que pasa a través del evaporador / calentador (14) para recibir calor del segundo fluido térmico procedente del segundo tanque (46) de almacenamiento caliente.

40 3.- El sistema (100) de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el ciclo (20) de vapor de agua comprende:

- una turbina (21) de vapor para expandir vapor;
- un condensador (22) corriente abajo de la turbina (21) de vapor;
- un primer calentador (26) de agua corriente abajo del condensador (22); y
- 45 una caldera (29) corriente abajo del primer calentador (26) de agua para convertir el agua del ciclo en vapor, en el que el ciclo (20) de vapor de agua está en comunicación de fluido con el primer sistema (30) de

almacenamiento térmico por medio de una segunda tubería (38) de fluido que pasa a través de la caldera (29) para suministrar calor del primer fluido térmico al ciclo (20) de vapor de agua, y,

en el que el ciclo (20) de vapor de agua está en comunicación de fluido con el segundo almacenamiento (40) térmico al menos por medio de una cuarta tubería (48) de fluido que pasa a través del primer calentador (26) de agua o a través de una quinta tubería (49) de fluido que pasa a través del condensador (22), para calentar el segundo fluido térmico procedente del segundo tanque (42) de almacenamiento frío.

5

4.- El sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la turbina (21) de vapor es una turbina (21) de vapor de etapas múltiples, con una tubería (24) de extracción configurada y dispuesta para extraer vapor de la turbina (21) de vapor de una etapa intermedia en el que la tubería (24) de extracción está conectada a un segundo calentador (28) de agua situado en el ciclo (20) de vapor de agua corriente abajo del primer calentador (26) de agua para hacer posible el calentamiento suplementario de agua en el ciclo (20) de vapor de agua con el vapor de extracción.

10

5.- El sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el miembro (60) de regulación de energía es un miembro (60) de regulación de energía basado en un algoritmo automatizado para utilizar el sobrante de la energía eléctrica para las fuentes (70) eléctricas incluyendo al menos una fuente entre los sistemas (72) de generación de energía solar, los sistemas (74) de generación de energía eólica, las redes (76) de distribución eléctrica, y similares.

15

6.- El sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema (30) de almacenamiento térmico comprende un tercer tanque (39) de almacenamiento dispuesto entre los primero y segundo tanques (32), (36) de almacenamiento caliente, corriente arriba del miembro (50) de calentamiento eléctrico y corriente abajo del cambiador de calor (12) para almacenar, moderadamente calentado, el primer fluido térmico del tercer tanque (39) de almacenamiento.

20

7.- El sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el ciclo (10) de bomba de calor es un ciclo (10) de bomba de calor transcrito.

8.- El sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el ciclo (10) de bomba de calor es un ciclo (10) de bomba de calor supercrítico, en el que el fluido de trabajo está en un estado supercrítico a lo largo de todo el ciclo.

25

9.- El sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer fluido térmico es sal fundida.

10.- El sistema de Almacenamiento y Descarga de Energía Eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el segundo fluido térmico es un fluido entre agua, agua presurizada, aceite, aceite sintético y aceite mineral.

30







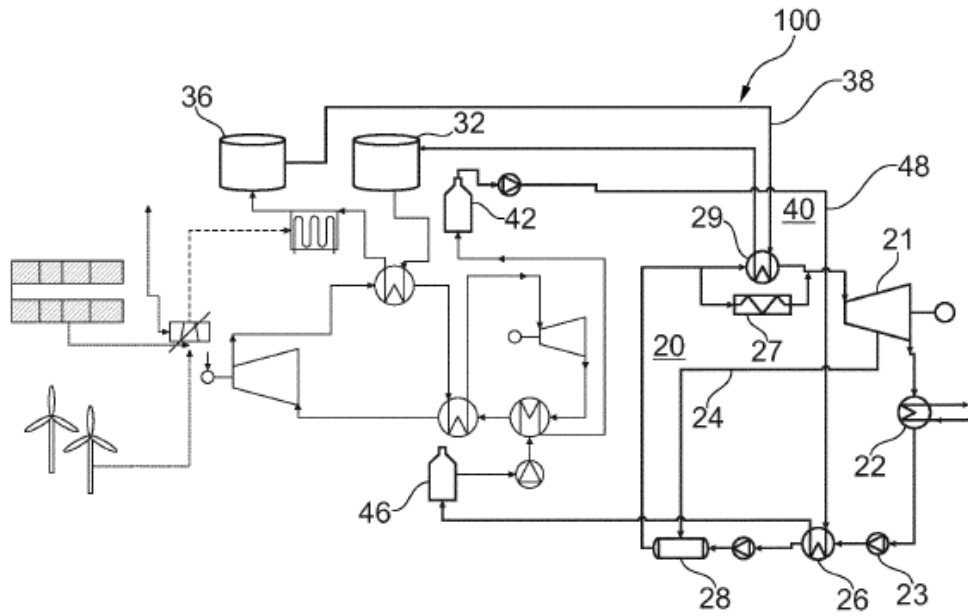


Fig. 3b

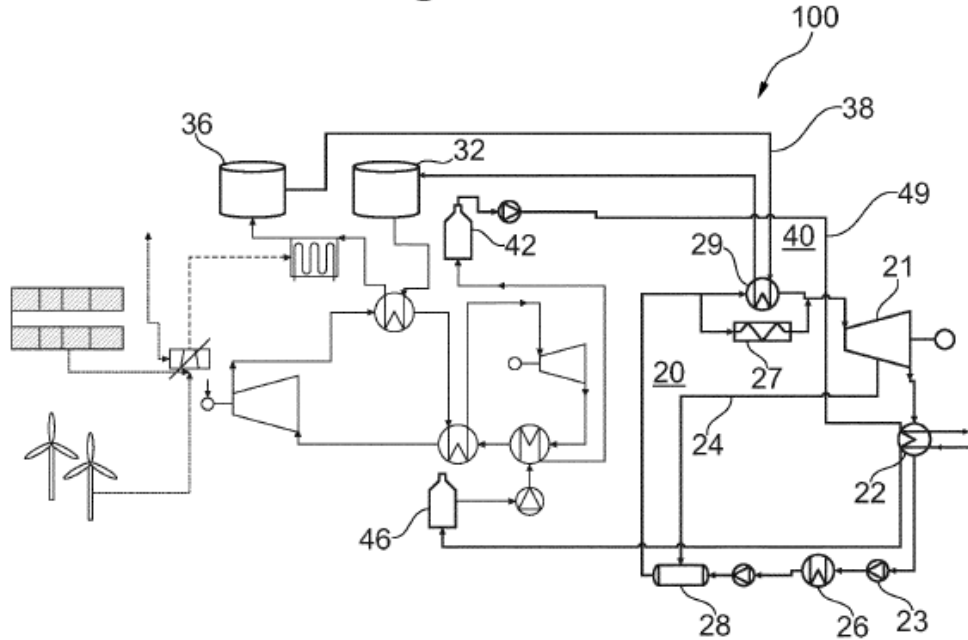


Fig. 3c