

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 824 127**

51 Int. Cl.:

F01K 3/12 (2006.01)

F01K 5/00 (2006.01)

F03G 6/06 (2006.01)

F28D 20/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2015** **PCT/EP2015/055913**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2016** **WO16150460**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2015** **E 15741755 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020** **EP 3245389**

54 Título: **Planta de almacenamiento de energía térmica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
11.05.2021

73 Titular/es:

SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)

Borupvej 16
7330 Brande, DK

72 Inventor/es:

BARMEIER, TILL ANDREAS y
SEIDEL, VOLKER

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 824 127 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Planta de almacenamiento de energía térmica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una planta para almacenar energía térmica y a un procedimiento para hacer funcionar dicha planta.

10 Antecedentes de la técnica

La integración de la energía renovable en la red principal de suministro de energía desafía a la red de energía, ya que fue diseñada para la producción central de energía. La electricidad generada por fuentes de energía renovable tiene una precedencia ilimitada para el suministro de energía a la red eléctrica para dar soporte a la integración en el sistema energético y aumentar su participación en la producción de electricidad. La producción de energía a partir de fuentes de energía renovables es difícil de pronosticar y depende de las condiciones meteorológicas, tal como la velocidad del viento y la radiación solar. Para manejar esta producción fluctuante, hay que restringir las fuentes de energía renovables, las plantas de energía a base de combustibles fósiles que proporcionan carga base tienen que ser más flexibles o reducirse considerablemente los precios de la energía debido al elevado suministro. Además, la localización de la producción de energía renovable, tal como la eólica terrestre y marina, no coincide con la región de alto consumo de energía. Por lo tanto, el almacenamiento de energía juega un papel importante en la mejora de la estabilidad de las redes de suministro de energía. Los almacenamientos térmicos sensibles son lo último en tecnología para almacenar energía fluctuante de fuentes renovables. El exceso de energía eléctrica de la red de suministro principal se transforma en energía térmica y se almacena en algún material de almacenamiento. En épocas sin viento o con poca presencia de viento, la energía térmica almacenada se usa para generar vapor para producir energía eléctrica a través de un turbogenerador de vapor y la electricidad producida se alimenta a la red de suministro principal.

Una posible solución de la planta de almacenamiento de energía térmica es una combinación de un ciclo de carga y un ciclo de descarga que tienen en común un dispositivo de almacenamiento de energía térmica. El ciclo de carga comprende, en un circuito cerrado, una máquina de transporte de fluidos, por ejemplo, un ventilador, un dispositivo de calentamiento, que puede ser un calentador inductivo o resistente alimentado por la energía eléctrica generada por una fuente de energía renovable, y el dispositivo de almacenamiento de energía térmica. El ciclo de descarga comprende, en un circuito cerrado, el mismo dispositivo de almacenamiento de energía térmica del ciclo de carga, una máquina de transporte de fluidos, por ejemplo un ventilador o un soplador, y un ciclo de vapor de agua. El ciclo de vapor de agua incluye una máquina térmica, tal como una turbina de vapor y un generador de vapor de recuperación de calor (HRSG), una caldera, un intercambiador de calor o un evaporador, para transferir la energía térmica al agua para generar vapor que se alimenta a la máquina térmica para producir energía eléctrica desde un generador eléctrico conectado a la máquina térmica.

El dispositivo de almacenamiento de energía térmica comprende típicamente materiales sólidos o a granel, por ejemplo piedras, ladrillos, cerámica y otros materiales sólidos, que tienen una alta capacidad térmica para almacenar energía térmica durante un largo período de tiempo.

Estos materiales se calientan usando un fluido de trabajo, por ejemplo, aire, que circula en el ciclo de carga, que tiene una temperatura más alta que el material de almacenamiento. En el ciclo de descarga, la energía almacenada se recupera a través de un flujo del mismo fluido o de uno diferente, que tiene una temperatura más baja que el material de almacenamiento. Debido a las diferencias de temperatura en la dirección de flujo en ambos ciclos, el dispositivo de almacenamiento tiene un respectivo extremo caliente y un respectivo extremo frío.

En el ciclo de carga, el dispositivo de almacenamiento de energía térmica se conecta mediante un sistema de tuberías o conductos al dispositivo de calentamiento y a la máquina de transporte de fluidos. La máquina de transporte de fluidos transporta el fluido de trabajo a través del dispositivo de calentamiento al extremo caliente del almacenamiento térmico. Un frente de temperatura se desplaza a través del almacenamiento desde el extremo caliente al extremo frío. El frente de temperatura es una zona de fuerte gradiente de temperatura en el almacenamiento, que separa la zona caliente y la zona fría en el almacenamiento. La carga del almacenamiento de energía térmica se detiene cuando la temperatura en el extremo frío comienza a elevarse.

En el ciclo de descarga, el flujo másico del fluido de trabajo se guía a través del dispositivo de almacenamiento en la dirección opuesta en comparación con el ciclo de carga. En el ciclo de descarga, el fluido de trabajo entra en el almacenamiento en el extremo frío, alcanza la temperatura asignada debido a la transferencia de calor desde el material de almacenamiento al fluido de trabajo y sale del extremo caliente antes de que el fluido de trabajo entre en el generador de vapor.

El frente de temperatura se desplaza en dirección inversa en comparación con el ciclo de carga a través del dispositivo de almacenamiento. Al descargarse el dispositivo de almacenamiento de energía térmica, el frente de

temperatura se mueve a través del almacenamiento desde el extremo frío al extremo caliente. En consecuencia, la temperatura del fluido de trabajo que sale del dispositivo de almacenamiento de energía térmica y se alimenta, por ejemplo, al HRSG, disminuye continuamente durante una parte del proceso de descarga. Esta temperatura no homogénea del fluido de trabajo en el circuito de descarga da lugar a un rendimiento decreciente de la máquina térmica conectada al mismo y, por lo tanto, a una producción de electricidad no constante del generador eléctrico.

El documento US2008066736 A1 divulga una planta de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Puede ser necesario mejorar una planta de almacenamiento de energía térmica de tal manera que los inconvenientes mencionados anteriormente se puedan suprimir o reducir de manera optimizada.

Sumario de la invención

Esta necesidad se puede satisfacer mediante la materia objeto de acuerdo con la reivindicación independiente. Los modos de realización ventajosos de la presente invención se describen mediante las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona una planta de almacenamiento de energía térmica que comprende un circuito de carga y un circuito de descarga, incluyendo el circuito de carga:

- una primera máquina de transporte de fluidos para generar un flujo de un fluido de trabajo en el circuito de carga,
- un dispositivo de calentamiento para transferir calor al fluido de trabajo,
- un acumulador de calor principal para almacenar la energía térmica del fluido de trabajo;

donde el circuito de descarga incluye:

- el acumulador de calor principal,
- un ciclo térmico para transformar la energía térmica almacenada en el acumulador de calor principal en energía mecánica, incluyendo el ciclo térmico un intercambiador de calor, donde la planta de almacenamiento de energía térmica comprende además un acumulador de calor secundario que se extiende entre un primer extremo corriente arriba y un segundo extremo corriente abajo,
- estando conectado el primer extremo al circuito de carga, corriente abajo del dispositivo de calentamiento y corriente arriba del acumulador de calor principal,
- estando conectado el segundo extremo al circuito de descarga, corriente arriba del intercambiador de calor y corriente abajo del acumulador de calor principal.

El acumulador de calor secundario es capaz de funcionar como almacenamiento de refuerzo de energía térmica para un rendimiento de carga constante durante la descarga del acumulador de calor principal, en particular cuando la disminución de la temperatura del fluido de trabajo en el circuito de descarga daría lugar, si no se compensa con el fluido de trabajo procedente del acumulador de calor secundario, a un rendimiento decreciente de la máquina térmica conectada al mismo y, por tanto, a una producción de electricidad no constante del generador eléctrico.

De acuerdo con la presente invención, el acumulador de calor secundario tiene una capacidad térmica menor que el acumulador de calor principal. De manera ventajosa, esto garantiza que el acumulador de calor de refuerzo secundario se cargue completamente a un nivel de temperatura homogéneo en su longitud, durante la carga del acumulador de calor principal.

De acuerdo con otro posible modo de realización de la presente invención, la planta de almacenamiento de energía térmica comprende además al menos una válvula corriente arriba y/o corriente abajo del acumulador de calor secundario para aislar el acumulador de calor secundario con respecto al circuito de carga y/o del circuito de descarga, respectivamente. De manera ventajosa, esto permite usar el acumulador de calor secundario preferentemente cuando la temperatura del fluido de trabajo procedente del acumulador principal durante la descarga no es suficientemente alta, por ejemplo para la producción de vapor en un HRSG. Esto reducirá las pérdidas de presión adicionales cuando no se use el segundo acumulador de calor y optimizará la eficacia general de la planta durante la descarga.

De acuerdo con otro posible modo de realización de la presente invención, la planta de almacenamiento de energía térmica comprende además una segunda máquina de transporte de fluido corriente arriba o corriente abajo del acumulador de calor secundario.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica descrita anteriormente, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- 5 - calentar el fluido de trabajo,
- generar un flujo del fluido de trabajo en el circuito de carga para cargar el acumulador de calor principal y el acumulador de calor secundario.

10 De acuerdo con dos modos de realización diferentes de la presente invención, el acumulador de calor principal y el acumulador de calor secundario pueden cargarse respectivamente en paralelo o en serie. La conexión en paralelo se puede obtener conectando el extremo caliente del acumulador de calor principal y el primer extremo del acumulador de calor secundario corriente abajo del dispositivo de calentamiento y conectando el segundo extremo del acumulador de calor secundario al extremo caliente del acumulador de calor principal.

15 La conexión en serie se puede obtener desconectando el extremo caliente del acumulador de calor principal del dispositivo de calentamiento, conectando el primer extremo del acumulador de calor secundario corriente abajo del dispositivo de calentamiento y conectando el segundo extremo del acumulador de calor secundario al extremo caliente del acumulador de calor principal.

20 De acuerdo con un posible modo de realización de la presente invención, el procedimiento comprende además la etapa de detener el calentamiento y el flujo del fluido de trabajo después de que se cree una distribución de temperatura constante en el acumulador de calor secundario, desde un primer extremo hasta un segundo extremo del acumulador de calor secundario.

25 De acuerdo con otro posible modo de realización de la presente invención, el procedimiento comprende las etapas de:

- 30 - generar un flujo del fluido de trabajo en el circuito de descarga para transferir calor desde el acumulador de calor principal al fluido de trabajo,
- conectar el primer extremo del acumulador de calor secundario al circuito de carga y conectar el segundo extremo del acumulador de calor secundario al circuito de descarga cuando la temperatura en un extremo caliente del acumulador de calor principal está por debajo de un valor predeterminado. De forma ventajosa, esto permitirá un funcionamiento eficiente del intercambiador de calor incluido en el ciclo de descarga.

En general, el procedimiento de acuerdo con la presente invención permite alcanzar las mismas ventajas descritas anteriormente con referencia al aparato de planta de acuerdo con la presente invención.

40 Debe observarse que se han descrito modos de realización de la invención con referencia a diferentes materias objeto. En particular, algunos modos de realización se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo aparato, mientras que otros modos de realización se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo procedimiento. Sin embargo, un experto en la técnica deducirá a partir de lo anterior y de la siguiente descripción que, a menos que se indique lo contrario, además de cualquier combinación de características que pertenezcan a un tipo de materia objeto, también cualquier combinación entre características relacionadas con diferentes materias objeto, en particular entre las características de las reivindicaciones de tipo aparato y las características de las reivindicaciones de tipo procedimiento, se considera divulgada con este documento.

50 Los aspectos definidos anteriormente y aspectos adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de los ejemplos de modos de realización que van a describirse a continuación en el presente documento y explicarse con referencia a estos ejemplos de modos de realización. La invención se describirá con más detalle a continuación en el presente documento con referencia a ejemplos de modos de realización, pero con respecto a los cuales la invención no está limitada.

55 Breve descripción de los dibujos

La fig. 1 muestra un diagrama esquemático de una planta de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la presente invención.

60 La fig. 2 muestra una vista esquemática parcial del diagrama de la figura 1, que muestra con más detalles algunos componentes de un primer modo de realización de la planta de almacenamiento de energía térmica, de acuerdo con la presente invención.

65 La fig. 3 muestra una vista esquemática parcial del diagrama de la figura 1, que muestra con más detalles algunos componentes de un segundo modo de realización de la planta de almacenamiento de energía térmica, de acuerdo con la presente invención.

La fig. 4 muestra una vista en sección esquemática de un componente de la planta de almacenamiento de energía térmica de las fig. 1, 2 y 3.

Descripción detallada

Las ilustraciones en los dibujos son esquemáticas. Cabe destacar que en diferentes figuras se proporcionan elementos similares o idénticos con los mismos signos de referencia. Con el fin de evitar repeticiones innecesarias, los elementos o características que ya se han explicado con respecto a un modo de realización descrito previamente no se explicarán de nuevo más adelante en la descripción.

Las figuras 1 y 2 muestran esquemáticamente una planta de almacenamiento de energía térmica 10 que comprende un circuito de carga 100 y un circuito de descarga 200, donde se hace circular un fluido de trabajo, en particular aire caliente.

De acuerdo con otros posibles modos de realización, el fluido de trabajo puede ser un medio líquido o gaseoso diferente.

El circuito de carga 100 incluye, en un circuito cerrado:

- una primera máquina de transporte de fluido 110 para generar un flujo del fluido de trabajo en el circuito de carga 100,
- un dispositivo de calentamiento 120 alimentado eléctricamente para transferir calor al fluido de trabajo,
- un acumulador de calor 130 para almacenar la energía térmica del fluido de trabajo, incluyendo el acumulador de calor 130 un extremo caliente 131 para recibir el primer fluido de trabajo a una primera temperatura alta T1 y un extremo frío 132 para dejar que el fluido de trabajo salga del acumulador de calor 130 a una segunda temperatura baja T2 menor que la primera temperatura alta T1.

En las figuras adjuntas, la primera máquina de transporte de fluido 110 está inmediatamente corriente abajo del extremo frío 132 del acumulador de calor 130 y la salida del dispositivo de calentamiento 120 está conectada al extremo caliente 131 del acumulador de calor 130 por medio de un conducto de carga 121. De acuerdo con otro posible modo de realización de la presente invención (no mostrado), el dispositivo de calentamiento 120 está inmediatamente corriente abajo del extremo frío 132 del acumulador de calor 130 y corriente arriba de la primera máquina de transporte de fluido 110.

Cuando el fluido de trabajo es aire, la primera máquina de transporte de fluido 110 puede estar constituida por un ventilador o un soplador.

El dispositivo de calentamiento 120 puede ser un calentador inductivo o resistente o una bomba de calor alimentada por la energía eléctrica generada por una fuente de energía renovable, por ejemplo, la energía generadora de velocidad del viento por medio de una turbina eólica o la energía generadora de radiación solar por medio de células fotovoltaicas.

El dispositivo de calentamiento 120 permite que la primera temperatura caliente T1 y la segunda temperatura baja T2 se establezcan entre el extremo caliente 131 y el extremo frío 132 del acumulador de calor 130. De acuerdo con posibles modos de realización de la presente invención, los valores típicos son T1 = 600 °C y T2 = 200 °C.

En general, otros valores son posibles, el valor de la temperatura caliente T1 depende de la temperatura de funcionamiento de un ciclo térmico 220 comprendido en el circuito de descarga 200 para transformar la energía térmica del segundo fluido de trabajo en energía mecánica, como se detalla a continuación. La temperatura baja T2 también puede ser ambiente, pero típicamente se mantiene más alta que la temperatura ambiente para reducir la carga de calor requerida en el dispositivo de calentamiento 120 para elevar la temperatura del primer fluido de trabajo hasta la temperatura caliente T1 y para diseñar la superficie del intercambiador de calor del generador de vapor de forma económica.

De acuerdo con posibles modos de realización de la presente invención, el acumulador de calor 130 está orientado de tal manera que el primer fluido de trabajo circula desde el extremo caliente 131 al extremo frío 132. En dicho tipo de instalaciones, el frente de temperatura que se forma entre el extremo caliente 131 y el frío 132 del acumulador de calor 130 se desplaza horizontalmente, desde el extremo caliente 131 al extremo frío 132. El frente de temperatura orientado de esta manera tiende típicamente a aplanarse, en particular durante los períodos de inactividad, entre operaciones de carga y descarga, por efecto de convección natural.

El circuito de descarga 200 incluye, en circuito cerrado:

- el acumulador de calor 130,

- un intercambiador de calor 227 incluido en un ciclo térmico 220 para transformar la energía térmica del segundo fluido de trabajo en energía mecánica. El intercambiador de calor 227 y el acumulador de calor 130 están conectados por medio de un conducto de descarga 235,

- 5 - una segunda máquina de transporte de fluido 210 para generar un flujo del fluido de trabajo en el circuito de descarga 200, orientado desde el extremo frío 132 al extremo caliente 131 del acumulador de calor 130. El fluido de trabajo del circuito de descarga 200 fluye, por lo tanto, en dirección opuesta con respecto al flujo del fluido de trabajo en el circuito de carga 100.

10 De acuerdo con un posible modo de realización de la presente invención, el ciclo térmico 220 es un ciclo que incluye una máquina térmica 225 y el generador de vapor 227 para transferir energía térmica desde el segundo fluido de trabajo a una masa de agua para generar vapor que se alimentará a la máquina térmica 225. La máquina térmica 225 puede ser una turbina de vapor que tiene un eje de salida conectado a un generador eléctrico 226 para producir electricidad que se alimentará a una red de suministro principal. De acuerdo con otro posible modo de realización, el ciclo térmico 220 puede incluir, en lugar del generador de vapor 227, una caldera o un evaporador u otro tipo de intercambiador de calor para transferir calor al segundo fluido de trabajo al ciclo térmico 220.

15 El ciclo térmico 220 incluye además un condensador 228, conectado a la salida de la turbina de vapor 225 y a una bomba 229, entre el condensador 228 y el generador de vapor 227. Se pueden usar otros tipos de ciclos térmicos en lugar del ciclo térmico 220 descrito, siempre que, en general, puedan transformar la energía térmica del segundo ciclo térmico 220 en energía mecánica para alimentar el generador eléctrico 226.

20 La planta de almacenamiento de energía térmica 10 comprende además un acumulador de calor secundario 140 que incluye:

- 25 - un primer extremo corriente arriba 141 conectado al circuito de carga 100, corriente abajo del dispositivo de calentamiento 120 y corriente arriba del acumulador de calor principal 130,
- 30 - un segundo extremo corriente abajo 142 conectado al circuito de descarga 200, corriente arriba del intercambiador de calor 227 y corriente abajo del acumulador de calor principal 130.

En particular, con referencia a las figuras 1 a 3 adjuntas, el primer extremo corriente arriba 141 está conectado al conducto de carga 121 a través de un conducto corriente arriba 151 y el segundo extremo corriente abajo 142 está conectado al conducto de descarga 235 a través de un conducto corriente abajo 152.

35 El acumulador de calor secundario 140 tiene una capacidad térmica menor que el acumulador de calor principal 130, lo que determina que se cargará completamente al nivel de temperatura homogéneo T1, en toda su longitud, desde el primer extremo 141 hasta el segundo extremo 142. En particular, el acumulador de calor secundario 140 tiene una capacidad térmica que es del 10 % al 40 % la capacidad térmica del acumulador de calor principal 130.

40 Después de que el acumulador de calor secundario 140 esté completamente cargado, el flujo del fluido de trabajo solo se guía a través del acumulador de calor principal 130. La carga se detiene normalmente cuando el frente de temperatura alcanza el extremo frío 132 del acumulador de calor principal 130. Durante los períodos de inactividad, la convección natural solo se produce, por lo tanto, en el acumulador de calor principal 130.

45 La planta de almacenamiento de energía térmica 10 comprende además una válvula corriente arriba 143 en el conducto corriente arriba 151 para aislar el acumulador de calor secundario 140 con respecto al circuito de carga 100. La planta de almacenamiento de energía térmica 10 puede comprender además opcionalmente (figura 3) una segunda máquina de transporte de fluido 147 en el conducto corriente abajo 152, para regular el flujo desde el acumulador de calor secundario 140 al intercambiador de calor 227. Cuando el fluido de trabajo es aire, la segunda máquina de transporte de fluido 147 puede estar constituida por un ventilador o un soplador.

De acuerdo con otro posible modo de realización de la invención (no mostrado), la segunda máquina de transporte de fluido puede instalarse en el conducto corriente arriba 151.

55 El conducto de carga 121 comprende una válvula de carga 153 corriente arriba del conducto corriente arriba 151. El conducto de carga 121 comprende una segunda válvula de carga 154 entre el conducto corriente arriba 151 y el acumulador de calor principal 130.

60 El conducto de descarga 235 comprende una primera válvula de descarga 255 entre el acumulador de calor principal 130 y el conducto corriente abajo 152 y una segunda válvula de descarga 256 entre el conducto corriente abajo 152 y el generador de vapor 227.

65 Las válvulas de descarga 255, 256 pueden hacerse funcionar para conectar o aislar el acumulador de calor secundario 140 respectivamente con el acumulador de calor principal 130, durante operaciones de carga, o con el generador de vapor 227, durante operaciones de descarga, como se especifica mejor a continuación, con

referencia al procedimiento de funcionamiento de la planta de almacenamiento de energía térmica 10.

Con referencia a la figura 4, el acumulador de calor principal 130 y el acumulador de calor secundario 140 tienen una estructura común, que se diferencian entre sí solo por las dimensiones, que determina diferentes capacidades térmicas. Ambos comprenden un alojamiento 150 que se extiende desde una entrada 138 hasta una salida 139.

En el acumulador de calor principal 130, la entrada 138 y la salida 139 corresponden, respectivamente, al extremo caliente 131 y al extremo frío 132. En el acumulador de calor secundario 140, la entrada 138 y la salida 139 corresponden, respectivamente, al extremo corriente arriba 141 y al extremo corriente abajo 142.

El alojamiento 150 comprende una pluralidad de elementos de almacenamiento de calor 160 que tienen una alta capacidad térmica, por ejemplo materiales sólidos o a granel como piedras, ladrillos, cerámica y otros materiales sólidos, que tienen la capacidad de calentarse y mantener su temperatura durante un largo período de tiempo para almacenar la energía térmica que se les ha transferido. Cuando se hace funcionar el circuito de carga 100, el fluido de trabajo, por ejemplo aire, fluye desde la entrada 138 a la salida 139, transfiriendo calor a los elementos de almacenamiento 160. Cuando se hace funcionar el circuito de descarga 200, el mismo fluido de trabajo recibe calor desde los elementos de almacenamiento 160. Durante la descarga, el fluido de trabajo en el acumulador de calor principal 130 fluye desde la salida 139 a la entrada 138, y en el acumulador de calor secundario 140 el fluido de trabajo sigue fluyendo desde la entrada 138 a la salida 139.

De acuerdo con otros posibles modos de realización de la presente invención, se pueden usar otros tipos de dispositivo de almacenamiento de energía térmica; en particular, el acumulador de calor principal 130 y el acumulador de calor secundario 140 pueden ser diferentes entre sí.

De acuerdo con la presente invención, un procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica 10, durante la carga del acumulador de calor principal 130 y del acumulador de calor secundario 140, comprende las etapas de:

- calentar el fluido de trabajo,
- generar un flujo del fluido de trabajo en el circuito de carga 100 para cargar el acumulador de calor principal 130 y el acumulador de calor secundario 140. El procedimiento puede comprender además la etapa de detener el calentamiento y el flujo del fluido de trabajo después de que se cree un perfil de temperatura constante en el acumulador de calor secundario 140, desde un primer extremo 141 hasta un segundo extremo 142 del acumulador de calor secundario 140.

Con referencia a las figuras 3 y 4, una posibilidad para cargar el acumulador de calor principal 130 y el acumulador de calor secundario 140 es conectarlos en paralelo conectando el extremo caliente 131 del acumulador de calor principal 130 y el primer extremo 141 del acumulador de calor secundario 140 corriente abajo del dispositivo de calentamiento 120 y conectando el segundo extremo 142 del acumulador de calor secundario 140 al extremo caliente 131 del acumulador de calor principal 130.

Esto se puede realizar abriendo la válvula corriente arriba 143, las válvulas de carga 153, 154 en el conducto de carga 121 y la primera válvula de descarga 255, mientras que la segunda válvula de descarga 256 se mantiene cerrada. En este caso, el fluido de trabajo caliente procedente del dispositivo de calentamiento 120 entra tanto en el acumulador de calor principal 130 como en el acumulador de calor secundario 140, a través del conducto de carga 121 y el conducto corriente arriba 151. En esta conexión paralela, la pérdida de presión en la parte del conducto de carga 121 comprendida entre el conducto corriente arriba 151 y el acumulador de calor principal 130 necesita ser regulada, por ejemplo, regulando el grado de apertura de la válvula 154. Esto garantiza el flujo a través del acumulador de calor secundario 140. De lo contrario, el flujo entraría solo en el acumulador de calor principal 130 porque la pérdida de presión a través de la trayectoria directa al acumulador de calor principal 130 es menor en comparación con la trayectoria por medio del acumulador de calor secundario 140.

Desde el segundo extremo 142 del acumulador de calor secundario 140, el fluido de trabajo entra en el acumulador de calor principal 130 también a través de la primera válvula de descarga 255.

Una segunda posibilidad es conectar el acumulador de calor principal 130 y el acumulador de calor secundario 140 en serie desconectando el extremo caliente 131 del acumulador de calor principal 130 del dispositivo de calentamiento 120, conectando el primer extremo 141 del acumulador de calor secundario 140 corriente abajo del dispositivo de calentamiento 120 y conectando el segundo extremo 142 del acumulador de calor secundario 140 al extremo caliente 131 del acumulador de calor principal 130.

Esto se puede realizar abriendo la válvula corriente arriba 143, la primera válvula de carga 153 en el conducto de carga 121 y la primera válvula de descarga 255 mientras que la segunda válvula de carga 154 y la segunda válvula de descarga 256 se mantienen cerradas. En este caso, el fluido de trabajo caliente procedente del dispositivo de calentamiento 120 entra en el acumulador de calor secundario 140 a través del conducto de carga 121 y el conducto

corriente arriba 151. Desde el segundo extremo 142 del acumulador de calor secundario 140, el fluido de trabajo entra entonces en el acumulador de calor principal 130 a través de la primera válvula de descarga 255.

5 En ambos casos, una vez completada la carga del acumulador de calor secundario 140, el perfil de temperatura en su interior es constante desde la respectiva entrada 138 hasta la respectiva salida 139. Esto evitará la aparición de convección natural. Esta condición puede mantenerse fácilmente cerrando la válvula corriente arriba 143 y la primera válvula de descarga 255.

10 Cuando, durante la descarga del acumulador de calor principal 130, la temperatura del aire caliente procedente del acumulador de calor principal 130 es más alta que una temperatura predefinida, lo que garantiza un funcionamiento regular del intercambiador de calor 227, el acumulador de calor secundario 140 puede mantenerse convenientemente aislado del acumulador de calor principal 130.

15 Cuando la temperatura del aire caliente procedente del acumulador de calor principal 130 está por debajo de dicho valor predefinido de temperatura, que depende, en particular, del tipo y dimensiones del intercambiador de calor 227, el acumulador de calor secundario 140 se pone en comunicación con el intercambiador de calor 227 para un rendimiento de descarga constante.

20 De acuerdo con un modo de realización de la presente invención, esto puede conseguirse mediante un procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica 10 durante la descarga del acumulador de calor principal 130 y del acumulador de calor secundario 140, que comprende las etapas de:

- generar un flujo del fluido de trabajo en el circuito de descarga 200 para transferir calor desde el acumulador de calor principal 130 al fluido de trabajo,
- conectar el primer extremo 141 del acumulador de calor secundario 140 al circuito de carga 100 y el segundo extremo 142 del acumulador de calor secundario 140 al circuito de descarga 200 cuando la temperatura T1 en un extremo caliente 131 del acumulador de calor principal 130 es inferior a valor predeterminado.

30 Durante la descarga, la temperatura T1 en el extremo caliente 131 del acumulador de calor principal 130 tenderá a disminuir. Cuando la diferencia entre la temperatura T1 y la temperatura más baja en el almacenamiento es entre un 10 % y un 30 % menor que la diferencia entre el valor más alto de T1 (o el valor de diseño de T1) y la temperatura más baja en el almacenamiento, entonces el primer extremo 141 del acumulador de calor secundario 140 se conecta al circuito de carga 100 y el segundo extremo 142 del acumulador de calor secundario 140 se conecta al circuito de descarga 200.

40 En particular, con referencia a las figuras 3 y 4, esto se puede obtener cerrando la primera válvula de carga 153 y la primera válvula de descarga 255, mientras que la segunda válvula de carga 154 y la segunda válvula de descarga 256 se mantienen abiertas.

45 El flujo del fluido de trabajo procedente del intercambiador de calor 227 fluye a través de la máquina de transporte de fluido 210, el acumulador de calor principal 130, la parte del conducto de carga 121 que incluye la segunda válvula de carga 154, el conducto corriente arriba 151, el acumulador de calor secundario 140, el conducto corriente abajo 152, la parte del conducto de descarga 235 que incluye la segunda válvula de descarga 256, y es guiado finalmente al intercambiador de calor 227.

REIVINDICACIONES

1. Una planta de almacenamiento de energía térmica (10), que comprende un circuito de carga (100) y un
circuito de descarga (200), donde el circuito de carga (100) incluye:
5
 - una primera máquina de transporte de fluido (110) para generar un flujo de un fluido de trabajo en el
circuito de carga (100),
 - un dispositivo de calentamiento (120) para transferir calor al fluido de trabajo,
 - 10
 - un acumulador de calor principal (130) para almacenar la energía térmica del fluido de trabajo;

donde el circuito de descarga (200) incluye:

 - 15
 - el acumulador de calor principal (130),
 - un ciclo térmico (220) para transformar la energía térmica almacenada en el acumulador de calor
principal (130) en energía mecánica, incluyendo el ciclo térmico (220) un intercambiador de calor (227),
20 donde la planta de almacenamiento de energía térmica (10) comprende además un acumulador de
calor secundario (140) que se extiende entre un primer extremo corriente arriba (141) y un segundo
extremo corriente abajo (142),
 - estando conectado el primer extremo (141) al circuito de carga (100), corriente abajo del dispositivo
de calentamiento (120) y corriente arriba del acumulador de calor principal (130), teniendo el
25 acumulador de calor secundario (140) una capacidad térmica menor que el acumulador de calor
principal (130),

caracterizado por que

 - 30
 - el segundo extremo (142) está conectado al circuito de descarga (200), corriente arriba del
intercambiador de calor (227) y corriente abajo del acumulador de calor principal (130).
 - 2. La planta de almacenamiento de energía térmica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende
además al menos una válvula (143, 153) entre el acumulador de calor secundario (140) y el circuito de carga
35 (100).
 - 3. La planta de almacenamiento de energía térmica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende
además al menos una primera y una segunda válvula de descarga (255, 256) entre el acumulador de calor
secundario (140) y, respectivamente, el acumulador de calor principal (130) y el intercambiador de calor (227).
40
 - 4. La planta de almacenamiento de energía térmica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende
además una segunda máquina de transporte de fluido (147) corriente arriba o corriente abajo del acumulador
de calor secundario (140).
 - 45 5. La planta de almacenamiento de energía térmica (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el
dispositivo de calentamiento (120) se alimenta de una fuente de energía renovable.
 - 6. La planta de almacenamiento de energía térmica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones
precedentes, en la que el acumulador de calor secundario (140) tiene del 10 % al 40 % de la capacidad
50 térmica del acumulador de calor principal (130).
 - 7. Un procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica (10) de acuerdo con
cualquiera de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
55
 - calentar el fluido de trabajo,
 - generar un flujo del fluido de trabajo en el circuito de carga (100) para cargar el acumulador de calor
principal (130) y el acumulador de calor secundario (140).
 - 60 8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el acumulador de calor principal (130) y el
acumulador de calor secundario (140) se cargan en paralelo conectando el extremo caliente (131) del
acumulador de calor principal (130) y el primer extremo (141) del acumulador de calor secundario (140)
corriente abajo del dispositivo de calentamiento (120) y conectando el segundo extremo (142) del acumulador
de calor secundario (140) al extremo caliente (131) del acumulador de calor principal (130).
65
 - 9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el acumulador de calor principal (130) y el

acumulador de calor secundario (140) se cargan en serie desconectando el extremo caliente (131) del acumulador de calor principal (130) del dispositivo de calentamiento (120), conectando el primer extremo (141) del acumulador de calor secundario (140) corriente abajo del dispositivo de calentamiento (120) y conectando el segundo extremo (142) del acumulador de calor secundario (140) al extremo caliente (131) del acumulador de calor principal (130).

5

10. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende además la etapa de detener el calentamiento y el flujo del fluido de trabajo después de que se cree un perfil de temperatura constante en el acumulador de calor secundario (140), desde un primer extremo (141) hasta un segundo extremo (142) del acumulador de calor secundario (140).

10

11. Un procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica (10) de acuerdo las reivindicaciones 7 a 10, comprendiendo además el procedimiento las etapas de:

15

- generar un flujo del fluido de trabajo en el circuito de descarga (200) para transferir calor desde el acumulador de calor principal (130) al fluido de trabajo,

20

- conectar el primer extremo (141) del acumulador de calor secundario (140) al circuito de carga (100) y conectar el segundo extremo (142) del acumulador de calor secundario (140) al circuito de descarga (200) cuando la temperatura (T1) en un extremo caliente (131) del acumulador de calor principal (130) está por debajo de un valor predeterminado.

FIG 1

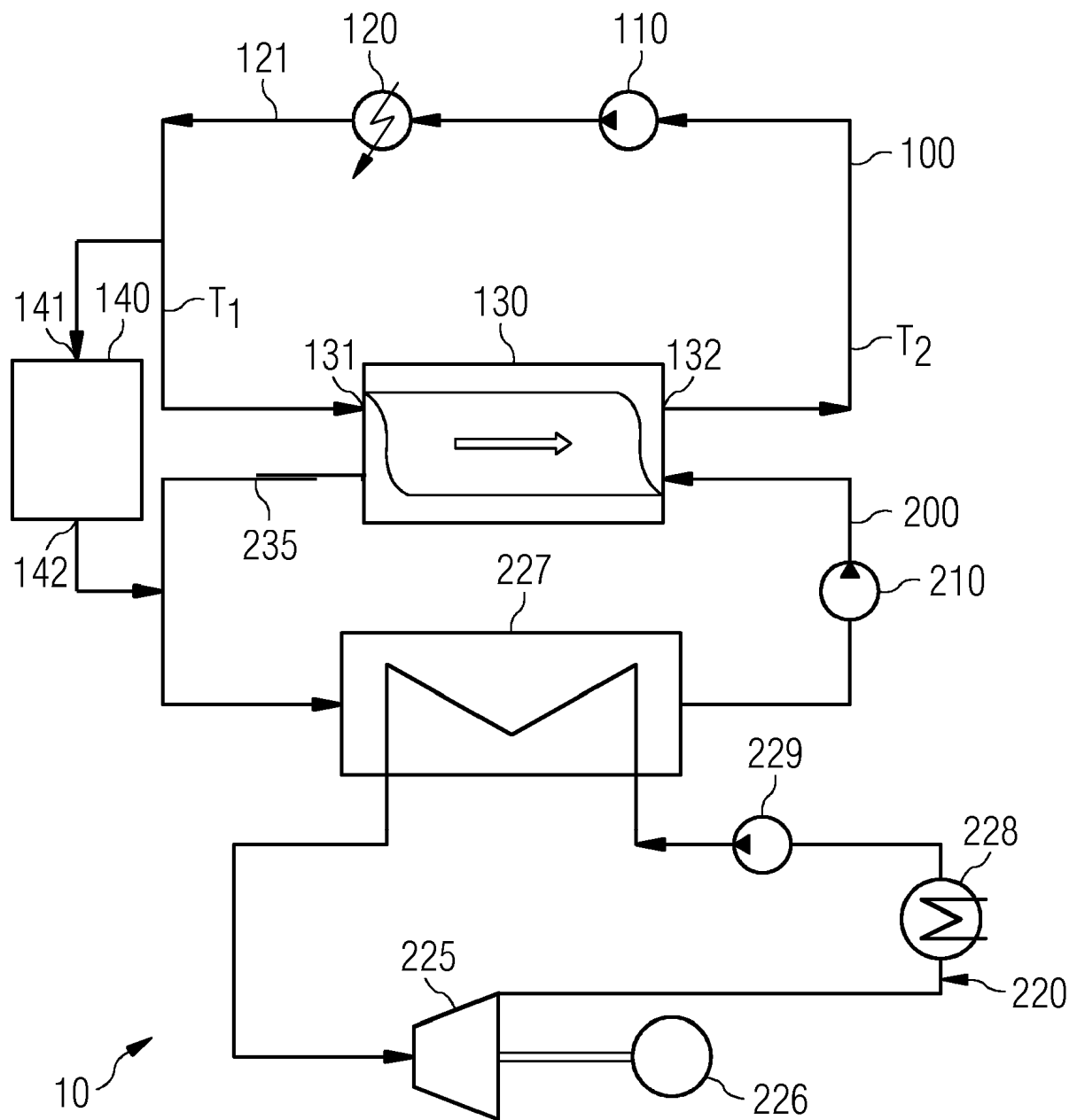


FIG 2

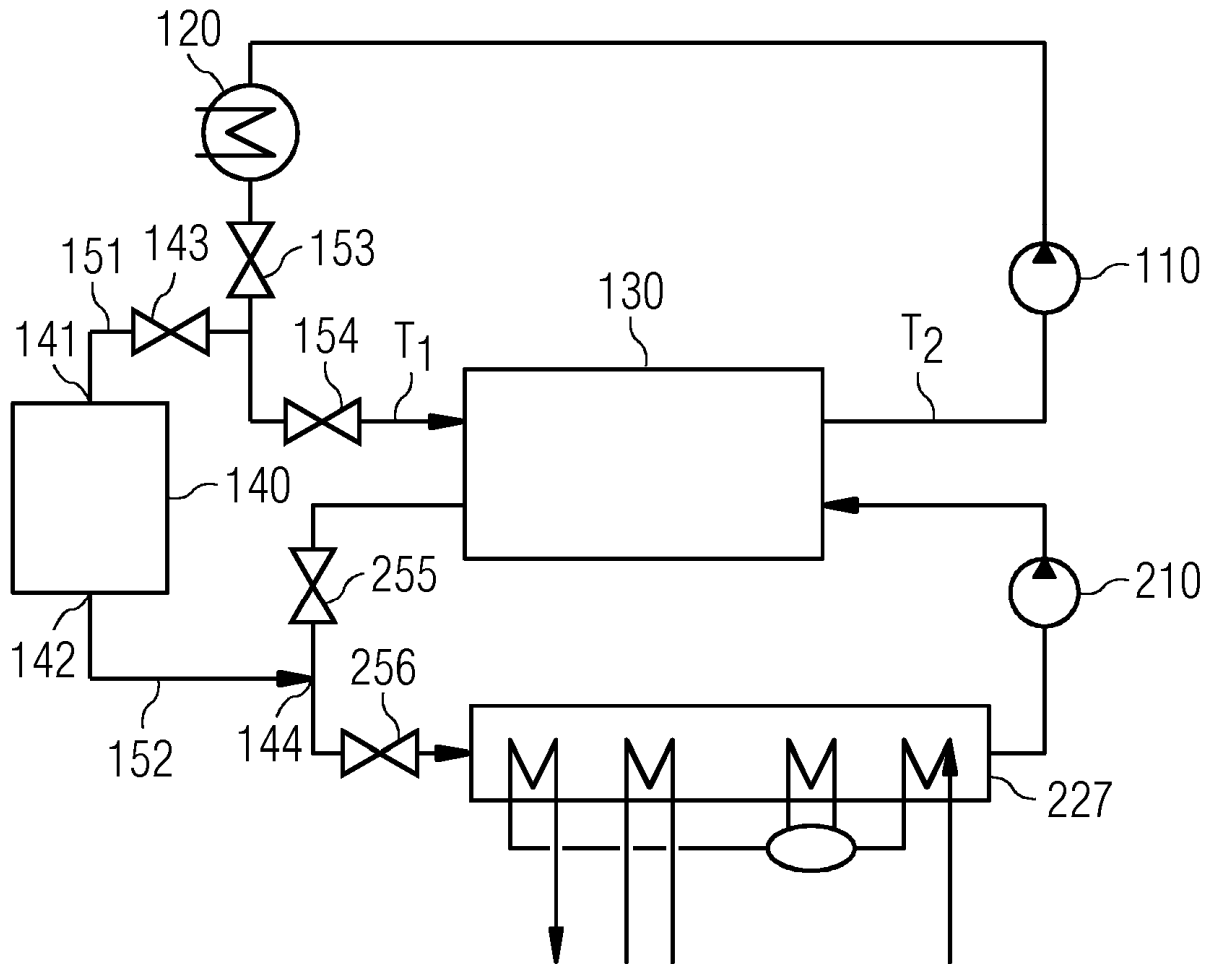


FIG 3

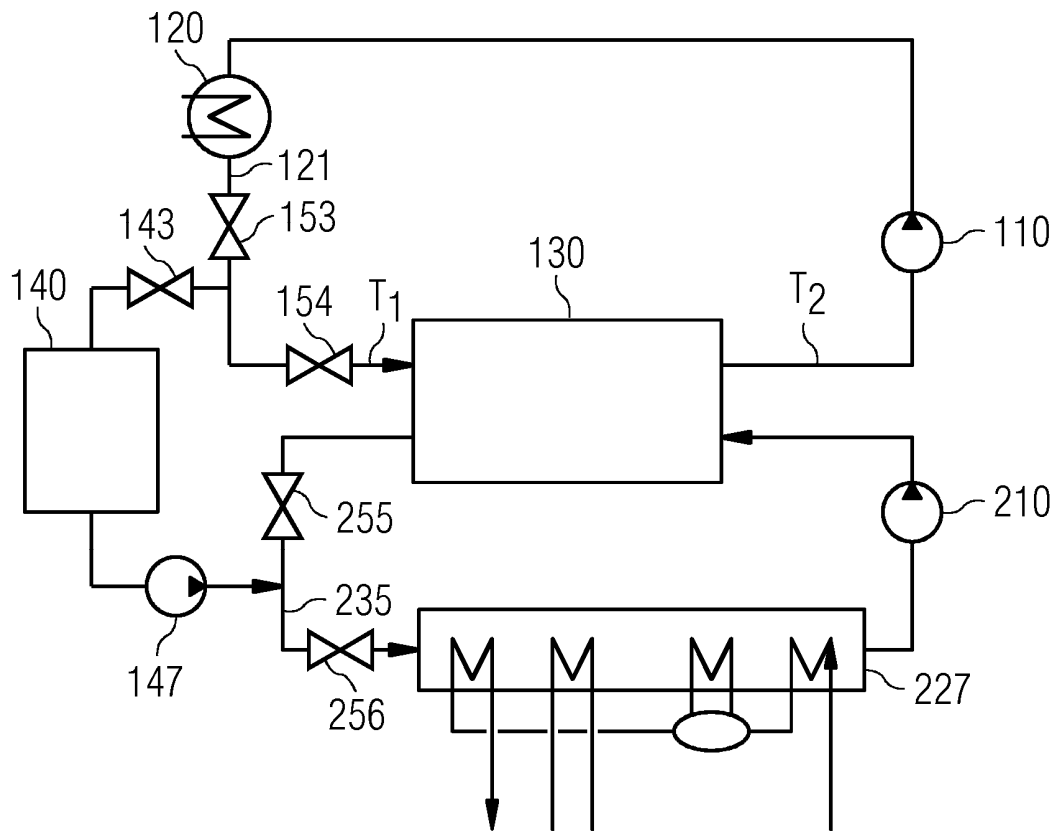


FIG 4

