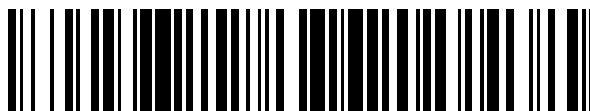


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 902**

51 Int. Cl.:

F28D 17/02	(2006.01)
F28D 17/00	(2006.01)
F28D 20/00	(2006.01)
F28F 27/00	(2006.01)
F01K 5/00	(2006.01)
F01K 3/12	(2006.01)
F01K 3/18	(2006.01)
F28D 17/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2015 PCT/EP2015/055918**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2016 WO16150461**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2015 E 15741756 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3245466**

54 Título: **Procedimiento para hacer funcionar una planta de almacenamiento de energía térmica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.06.2020

73 Titular/es:
**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S
(100.0%)
Borupvej 16
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:
BARMEIER, TILL ANDREAS

74 Agente/Representante:
LOZANO GANDIA, José

ES 2 763 902 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

Procedimiento para hacer funcionar una 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, ya que fue diseñada para la producción central de energía. La electricidad generada por fuentes de energía renovables tiene una precedencia ilimitada para el suministro de energía a la red eléctrica. 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 o la radiación solar. Para manejar esta producción fluctuante, tienen que reducirse las fuentes de energía renovables, las plantas de energía a base de combustibles fósiles que proporcionan carga base tienen que ser más flexibles o el exceso de energía tiene que venderse a bajo coste en el extranjero. 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.

25 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 sobre un turbogenerador de vapor y la electricidad producida se alimenta a la red de suministro principal.

30 Una solución posible a este problema la proporciona una planta de almacenamiento de energía térmica, que es una combinación de un ciclo de carga y un ciclo de descarga, que están conectados ambos a una unidad de almacenamiento de calor. 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, o una bomba de calor alimentada por la energía eléctrica generada por una fuente de energía renovable o desde el red de electricidad, y la unidad de almacenamiento de calor. El ciclo de descarga comprende, en un circuito cerrado, la misma unidad de almacenamiento de calor del ciclo de carga, un ventilador 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.

45 La unidad de almacenamiento de calor se llena típicamente con materiales sólidos o a granel, por ejemplo, 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. De forma alternativa, se puede usar un material de cambio de fase en la unidad de almacenamiento de calor.

50 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. Por lo tanto, la unidad de almacenamiento de calor tiene un respectivo extremo caliente y uno frío.

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

65 En el ciclo de descarga, el flujo másico del fluido de trabajo se guiará a través de la unidad de almacenamiento de calor en la dirección opuesta en comparación con el ciclo de carga. En el ciclo de descarga, el fluido de trabajo entra en la unidad de almacenamiento de calor en el extremo frío, alcanza la temperatura asignada dentro de la unidad de almacenamiento de calor 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 de la unidad de almacenamiento de calor. Cuando la temperatura en el extremo caliente comienza a disminuir, el proceso de descarga se detiene.

5 El documento de la técnica anterior WO 2013/070396 divulga un procedimiento para hacer funcionar una planta de almacenamiento de energía térmica que comprende un circuito de carga que comprende una máquina de transporte de fluidos, un dispositivo de calentamiento y un acumulador de calor que consiste en una pluralidad de unidades de almacenamiento de calor, un circuito de descarga que comprende el acumulador de calor, una máquina de transporte de fluidos y un intercambiador de calor incluido en un ciclo térmico.

10 En las plantas de almacenamiento de energía térmica descritas anteriormente, la convección natural juega un papel importante cuando la unidad de almacenamiento de calor se instala horizontalmente. Esto es debido a diferentes densidades del fluido de trabajo que tienen diferentes temperaturas en los extremos caliente y frío de la unidad de almacenamiento de calor. Este efecto provoca una distribución de temperatura no homogénea a lo largo del almacenamiento.

15 El aire en el extremo frío del almacenamiento tiene una densidad más alta que el aire en el extremo caliente. Cuando la planta de almacenamiento está en modo inactivo, entre las operaciones de carga y descarga, esto provoca, por convección natural, una circulación de aire dentro de la unidad de almacenamiento de calor que hace que la temperatura se incline hacia adelante: el aire caliente desde la parte superior del extremo caliente de la unidad de almacenamiento de calor se mueve hacia la parte superior del extremo frío, mientras que el aire frío de la parte inferior del extremo frío de la unidad de almacenamiento de calor se mueve hacia la parte inferior del extremo caliente. Cuanto más tiempo permanezca el almacenamiento en modo inactivo, mayor será la circulación de aire provocada por convección natural. Esto lleva a una temperatura mixta reducida en el almacenamiento, lo que provoca una pérdida de energía y reduce en gran medida la energía utilizable en el ciclo de vapor de agua y, en consecuencia, la eficacia global de ida y vuelta de la planta de almacenamiento.

20 Una posible solución puede ser usar unidades verticales de almacenamiento de calor, donde la convección natural no juega un papel considerable. El frente de temperatura en almacenamientos de calor verticales es de hecho perpendicular a la dirección de la gravedad. Por lo tanto, el frente de temperatura se mueve verticalmente a través del almacenamiento y el frente de temperatura no se ve afectado por la convección natural durante la carga, la inactividad o la descarga. Sin embargo, el montaje y la instalación de unidades de almacenamiento de calor verticales determina una serie de inconvenientes, por ejemplo, causa un alto coste debido a sus requisitos básicos, las conexiones de entrada y salida son más complejas y las alturas disponibles para la instalación pueden ser limitadas.

25 Por lo tanto, puede ser necesario mejorar un procedimiento para hacer funcionar una planta de almacenamiento de energía térmica de tal manera que los inconvenientes mencionados anteriormente se puedan suprimir o reducir de manera optimizada.

30 Sumario de la invención

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

35 De acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento para hacer funcionar una planta de almacenamiento de energía térmica, comprendiendo dicha planta de almacenamiento de energía térmica un circuito de carga donde se hace circular un primer fluido de trabajo, incluyendo el circuito de carga:

40 - una primera máquina de transporte de fluidos para generar un flujo del primer fluido de trabajo en el circuito de carga,

45 - un dispositivo de calentamiento alimentado eléctricamente para transferir calor al primer fluido de trabajo,

50 - un acumulador de calor para almacenar la energía térmica del primer fluido de trabajo, incluyendo el acumulador de calor un extremo caliente para recibir el primer fluido de trabajo a una primera temperatura y un extremo frío para dejar que el primer fluido de trabajo salga del acumulador de calor a una segunda temperatura más baja que la primera temperatura,

55 en el que el acumulador de calor comprende una pluralidad de unidades de almacenamiento de calor conectadas en serie entre el extremo caliente y el extremo frío.

60 La primera máquina de transporte de fluidos guía el fluido de transporte a través de cada unidad de almacenamiento de calor, desde la primera unidad de almacenamiento de calor, cerca del extremo caliente, hasta la última unidad de almacenamiento de calor, cerca del extremo frío. La primera máquina de transporte de fluidos, el dispositivo de calentamiento y el acumulador de calor pueden estar dispuestos en un circuito cerrado, de modo que el primer fluido de trabajo, después de salir de la última unidad de almacenamiento de calor, pase a través del dispositivo de calentamiento y vuelva a entrar en la primera unidad de almacenamiento de calor. De forma ventajosa, esto

- proporciona que las unidades de almacenamiento de calor que estén corriente arriba de la última unidad de almacenamiento de calor se puedan cargar completamente a la primera temperatura deseada. Esto provoca una distribución de temperatura homogénea dentro de las unidades de almacenamiento de calor, cuando estén completamente cargadas, lo que evita los fenómenos de convección natural. Después de que la carga de las unidades de almacenamiento de calor corriente arriba se completa con el primer fluido de trabajo que fluye desde el extremo caliente al extremo frío, solo la última unidad de almacenamiento de calor contiene el gradiente de temperatura entre la primera y la segunda temperatura, por tanto, el efecto de la convección natural se limita a esta última unidad de almacenamiento de calor.
- De acuerdo con la presente invención, el acumulador de calor del circuito de carga del procedimiento para hacer funcionar una planta de almacenamiento de energía térmica incluye además al menos una válvula interpuesta entre dos unidades de almacenamiento de calor de dicha pluralidad de unidades de almacenamiento de calor.
- Gracias a las válvulas interpuestas entre las unidades de almacenamiento de calor, durante las operaciones de inactividad, es decir, entre las fases de carga y descarga, las unidades de almacenamiento de calor se pueden desconectar entre sí para evitar un flujo másico entre ellas iniciado por convección natural. En particular, el flujo másico se genera en esa unidad de almacenamiento de calor, que contiene el gradiente de temperatura. Por lo tanto, de acuerdo con un modo de realización ventajoso de la presente invención, se proporciona una válvula para aislar la última unidad de almacenamiento de calor de la unidad de almacenamiento de calor inmediatamente corriente arriba.
- De acuerdo con la presente invención, el procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica se define además porque la planta de almacenamiento de energía térmica hecha funcionar comprende además un circuito de descarga que incluye:
- el acumulador de calor incluido también en el circuito de carga,
 - una segunda máquina de transporte de fluido para generar un flujo del segundo fluido de trabajo en el circuito de descarga, estando orientado el flujo desde el extremo frío al extremo caliente del acumulador de calor,
 - un ciclo térmico para transformar la energía térmica del segundo fluido de trabajo en energía mecánica.
- En particular, el ciclo térmico puede ser un ciclo agua-vapor que incluya una máquina térmica y un generador de vapor para transferir energía térmica desde el segundo fluido de trabajo a una masa de agua para generar vapor para se alimente a la máquina térmica.
- El uso del acumulador de calor de acuerdo con la presente invención proporciona una manera eficiente de reducir las pérdidas cuando se usa la energía térmica almacenada en el acumulador de calor para generar energía eléctrica en la máquina térmica, que puede consistir, por ejemplo, en un turbogenerador de vapor. En particular, esto permite gestionar eficazmente la energía eléctrica generada a partir de una fuente de energía renovable.
- De acuerdo con otro modo de realización no cubierta por la presente invención, los primer y segundo fluidos de trabajo de, respectivamente, los circuitos de carga y descarga son los mismos. De forma ventajosa, esto permite que se use una ruta de flujo común dentro del acumulador de calor durante la carga y la descarga.
- De acuerdo con la presente invención, el acumulador de calor usado en el procedimiento para hacer funcionar una planta de almacenamiento de energía térmica está orientado de tal manera que el primer fluido de trabajo se hace circular desde el extremo caliente al extremo frío a lo largo de una dirección horizontal durante la carga. El montaje horizontal del acumulador de calor provoca que se forme el gradiente de temperatura descrito anteriormente. Con dicha instalación, el uso del acumulador de calor de acuerdo con la presente invención proporciona una forma eficiente de reducir las pérdidas causadas por convección natural.
- De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica descrita anteriormente. Comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- calentar el primer fluido de trabajo,
 - generar un flujo del primer fluido de trabajo en el circuito de carga, para cargar las unidades de almacenamiento de calor en serie desde el extremo caliente al extremo frío, de modo que el frente de temperatura se mueve desde la primera unidad de almacenamiento de calor a la última unidad de almacenamiento de calor,
 - detener el calentamiento y el flujo del primer fluido de trabajo después de que al menos una unidad de almacenamiento de calor se haya cargado completamente. En este caso, una unidad de almacenamiento de calor contiene el gradiente de temperatura. La unidad de almacenamiento de calor que contiene el gradiente puede ser la última, es decir, la que está más cerca del extremo frío. De forma alternativa, pueden ser posibles estados de carga intermedios, por ejemplo, cuando las condiciones del viento no permiten la carga completa del almacenamiento. En ese caso, no es la última unidad de almacenamiento de calor, que contiene el gradiente de temperatura, sino, por

ejemplo, uno de los intermedios.

El criterio para detener el proceso de carga es que el gradiente de temperatura se haya movido a la última unidad de almacenamiento o que las condiciones externas (por ejemplo, los precios del viento o la electricidad) ya no sean beneficiosas para cargar el almacenamiento.

De acuerdo con la presente invención, el procedimiento comprende además la etapa de aislar las unidades de almacenamiento de calor cargadas de las otras unidades de almacenamiento de calor, por medio de las válvulas proporcionadas entre las unidades de almacenamiento de calor.

De acuerdo con un posible modo de realización de la presente invención, el procedimiento comprende además la etapa de aislar las unidades de almacenamiento de calor de las otras unidades de almacenamiento de calor, por medio de las válvulas proporcionadas entre las unidades de almacenamiento de calor. Esto permite, por ejemplo, en el modo de realización de las figuras adjuntas, que las dos primeras unidades de almacenamiento de calor, que tienen un perfil de temperatura constante, se puedan comunicarse entre sí, pero aisladas de la última unidad de almacenamiento de calor.

De acuerdo con otro modo de realización posible de la presente invención, el procedimiento comprende además la etapa de:

- abrir las válvulas,

- generar un flujo del segundo fluido de trabajo en el circuito de descarga, desde el extremo frío al extremo caliente, para transferir calor desde las unidades de almacenamiento de calor al segundo fluido de trabajo,

- detener el calentamiento y el flujo del segundo fluido de trabajo después de que la temperatura en una entrada de una primera unidad de almacenamiento de calor que está más cerca del extremo caliente haya comenzado a disminuir, es decir, haya alcanzado una temperatura inferior a la primera temperatura.

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

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

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de una planta de almacenamiento de energía térmica, que se puede hacer funcionar de acuerdo con un modo de realización ejemplar de la presente invención,

la Fig. 2 muestra una vista esquemática parcial del diagrama de la figura 1, que muestra con más detalles algunos componentes de la planta de almacenamiento de energía térmica, que se pueden hacer funcionar de acuerdo con la presente invención,

Las Figs. 3 a 5 muestran tres versiones diferentes de la Fig. 2, en tres condiciones operativas diferentes respectivas,

la Fig. 6 muestra una vista en sección esquemática de un componente de la planta de almacenamiento de energía térmica de la Fig. 1.

Descripción detallada

La ilustración en el dibujo es esquemática. Cabe destacar en diferentes figuras que se proporcionan elementos similares o idénticos con los mismos signos de referencia. Con el fin de evitar repeticiones innecesarias, los elementos o rasgos característicos que ya se han aclarado con respecto a un modo de realización descrito previamente no se aclaran nuevamente en una posición posterior de 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, respectivamente, circulan un primer fluido de trabajo y un segundo fluido de trabajo.

Los primer y segundo fluidos de trabajo pueden ser en particular los mismos, por ejemplo, estando ambos constituidos por aire caliente.

Los primer y segundo fluidos de trabajo pueden ser diferentes medios gaseosos o líquidos o de vapor.

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

- una primera máquina de transporte de fluido 110 para generar un flujo del primer fluido de trabajo en el circuito de carga 100,

- un dispositivo de calentamiento 120 alimentado eléctricamente para transferir calor al primer fluido de trabajo,

- un acumulador de calor 130 para almacenar la energía térmica del primer 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 primer 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. De forma alternativa (no mostrado), la primera máquina de transporte de fluido 110 está inmediatamente corriente arriba del extremo caliente 131 del acumulador de calor 130.

Cuando el primer 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, o de la red eléctrica.

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 = 120 °C. En otros posibles modos de realización, los valores de T2 pueden estar cerca de la temperatura ambiente o de 300 °C.

En general, son posibles otros valores, 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 se mantiene típicamente más alta que la temperatura ambiente para reducir la carga de calor requerida en el dispositivo de calentamiento 120 para elevar la primera temperatura del fluido de trabajo hasta la temperatura alta T1.

De acuerdo con 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 a lo largo de una dirección horizontal. 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 inclinarse, en particular durante los períodos de inactividad, por efecto de la 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,

- una segunda máquina de transporte de fluido 210 para generar un flujo del segundo 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.

Opcionalmente, el ciclo térmico 220 es un ciclo que incluye una máquina térmica 225 y en el que el intercambiador de calor 227 es un generador de vapor para transferir energía térmica desde el segundo fluido de trabajo a una masa de agua para generar vapor que se alimente 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 alimente a una red eléctrica. De forma alternativa, 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 desde el segundo fluido de trabajo al ciclo térmico 220.

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 circuito de descarga 200 en energía mecánica para alimentar el generador eléctrico 226.

Con referencia a las figuras 2 a 5, el acumulador de calor 130 comprende una pluralidad de unidades de

almacenamiento de calor (tres unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b, 135c en el modo de realización no limitante de las figuras adjuntas) conectadas en serie entre el extremo caliente 131 y el extremo frío 132. Con referencia a la figura 6, cada unidad de almacenamiento de calor 135a, 135b, 135c comprende respectivamente un alojamiento 150a, 150b, 150c que se extiende desde una entrada 138a, 138b, 138c hasta una salida 139a, 139b, 139c. Cada alojamiento 150a, 150b, 150c contiene una pluralidad de elementos de almacenamiento térmico 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. Cada unidad de almacenamiento de calor 135a, 135b, 135c está configurada para trabajar con el mismo fluido de trabajo que se va a usar para el circuito de carga 100 y para el circuito de descarga. Cuando se hace funcionar el circuito de carga 100, el fluido de trabajo, por ejemplo aire, fluye desde la entrada 138a, 138b, 138c a la salida 139a, 139b, 139c, transfiriendo calor a los elementos de almacenamiento 160. Cuando se hace funcionar el circuito de descarga 200, el mismo fluido de trabajo fluye desde la salida 139a, 139b, 139c a la entrada 138a, 138b, 138c, recibiendo calor de los elementos de almacenamiento 160.

De acuerdo con otros modos de realización posibles no cubiertos por la presente invención, se pueden usar otros tipos de unidades de almacenamiento de calor, en particular que están configuradas para el uso con dos fluidos de trabajo, uno para el circuito de carga 100, el otro para el circuito de descarga 200. Esto se puede lograr, por ejemplo, proporcionando a cada unidad de almacenamiento de calor 135a, 135b, 135c una primera entrada y una primera salida para el primer fluido de trabajo y con una segunda entrada y una segunda salida para el segundo fluido de trabajo.

El acumulador de calor 130 incluye además una o más válvulas (dos válvulas 137a, 137b, en el modo de realización no limitante de las figuras adjuntas) interpuestas entre los respectivos pares de unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b, 135c consecutivas. En el modo de realización de las figuras adjuntas, se coloca una primera válvula 137a en un tubo que conecta la salida 139a, 139b, 139c de la primera unidad de almacenamiento de calor 135a (es decir, la más cercana al extremo caliente 131) con la entrada 138a, 138b, 138c de la unidad intermedia de almacenamiento de calor 135b mientras se coloca una segunda válvula 137b en una tubería que conecta la salida 139a, 139b, 139c de la unidad intermedia de almacenamiento de calor 135b con la entrada 138a, 138b, 138c de la última unidad de almacenamiento de calor 135c (es decir, la más cercana al extremo frío 132).

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 130, comprende las etapas de:

- calentar el primer fluido de trabajo por medio del dispositivo de calentamiento 120 del ciclo de carga 100,
- usar la primera máquina de transporte de fluido 110 para generar un flujo del primer fluido de trabajo en el circuito de carga 100, para cargar las unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b, 135c del acumulador de calor 130, en serie desde el extremo caliente 131 hasta el extremo frío 132. Durante la carga, un frente de temperatura se mueve desde la primera unidad de almacenamiento de calor 135a a la última unidad de almacenamiento de calor 135c (en la FIG. 3 se muestra una condición operativa intermedia con el frente de temperatura en la unidad intermedia de almacenamiento de calor 135b),
- detener el calentamiento y el flujo del primer fluido de trabajo después de que se haya cargado la última unidad de almacenamiento de calor 135c, es decir, cuando el frente de temperatura alcance la salida 139c de la última unidad de almacenamiento de calor 135c (FIG. 4) y la temperatura T2 en el extremo frío 132 se eleve,
- aislar las unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b 135c entre sí por medio de las válvulas 137a, 137b.

Una vez completada la carga del acumulador de calor 130, en las primera e intermedia unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b, el perfil de temperatura es constante desde la respectiva entrada 138a, 138b hasta la respectiva salida 139a, 139b. Esto evitará la presencia de convección natural en las primera e intermedia unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b. Esta condición se puede mantener fácilmente cerrando las válvulas 137a, 137b entre las unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b, 135c, en particular la segunda válvula 137b entre las intermedia y última unidades de almacenamiento de calor 135b, 135c. De tal manera, la convección natural que se puede producir en la última unidad de almacenamiento de calor 135c no influirá en las otras unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b.

El mismo resultado se puede obtener, de acuerdo con otros modos de realización de la presente invención, usando un número diferente de unidades de almacenamiento de calor, por ejemplo dos o más de tres unidades de almacenamiento de calor. No se puede obtener el mismo resultado con solamente una unidad de almacenamiento de calor, porque en este caso no será posible aislar la porción del acumulador de calor 130 que tiene un perfil de temperatura constante de la porción del acumulador de calor 130 que contiene el frente de temperatura. De acuerdo con un posible modo de realización alternativo, solo la segunda válvula 137b está cerrada para aislar solo la última unidad de almacenamiento de calor 135c, es decir, la unidad de almacenamiento de calor que incluye el frente de temperatura después de que se haya completado la carga. Con referencia al modo de realización de las figuras adjuntas, esto deja las primera e intermedia unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b, que tienen un perfil de temperatura constante, en comunicación entre sí, pero aisladas de la última unidad de almacenamiento de calor 135c.

De acuerdo con posibles modos de realización alternativos, pueden ser posibles estados de carga intermedios, por ejemplo, cuando las condiciones del viento no permitan la carga completa del almacenamiento. En ese caso, no es la última unidad de almacenamiento de calor 135c, que contiene el gradiente de temperatura sino, por ejemplo, la unidad intermedia de almacenamiento de calor 135b.

5 De acuerdo con un modo de realización de la presente invención, un procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica 10, durante la descarga del acumulador de calor 130, comprende las etapas de:

10 - abrir las válvulas 137a, 137b,

- generar un flujo del segundo fluido de trabajo en el circuito de descarga 200, desde el extremo frío 132 al extremo caliente 131, para transferir calor desde los elementos de almacenamiento 160 de las unidades de almacenamiento de calor 135a, 135b, 135c al segundo fluido de trabajo,

15 - detener la segunda máquina de transporte de fluido 210 y el flujo del segundo fluido de trabajo después de que una entrada 138a de la primera unidad de almacenamiento de calor 135a haya alcanzado una temperatura inferior a la primera temperatura T1 (FIG. 5).

20 En el intercambiador de calor 227, el calor recibido de los elementos de almacenamiento 160 se transfiere desde el segundo fluido de trabajo al ciclo térmico 220.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para hacer funcionar una planta de almacenamiento de energía térmica (10) que comprende un circuito de carga (100) donde circula un primer fluido de trabajo, incluyendo el circuito de carga (100):

5 - una primera máquina de transporte de fluido (110) para generar un flujo del primer fluido de trabajo en el circuito de carga (100),

10 - un dispositivo de calentamiento (120) para transferir calor al primer fluido de trabajo,

15 - un acumulador de calor (130) para almacenar la energía térmica del primer fluido de trabajo, incluyendo el acumulador de calor (130) un extremo caliente (131) para recibir el primer fluido de trabajo a una primera temperatura (T1) y un extremo frío (132) para dejar que el primer fluido de trabajo salga del acumulador de calor (130) a una segunda temperatura (T2) más baja que la primera temperatura (T1),

20 el acumulador de calor (130) comprende una pluralidad de unidades de almacenamiento de calor (135a, 135b, 135c) conectadas en serie entre el extremo caliente (131) y el extremo frío (132), en el que el acumulador de calor (130) está orientado de tal manera que el primer fluido de trabajo se hace circular desde el extremo caliente (131) al extremo frío (132) a lo largo de una dirección horizontal,

25 y al menos una válvula (137a, 137b) interpuesta entre dos unidades de almacenamiento de calor (135a, 135b, 135c) de dicha pluralidad de unidades de almacenamiento de calor (135a, 135b, 135c), en el que la planta de almacenamiento de energía térmica (10) comprende además un circuito de descarga (200) donde se hace circular un segundo fluido de trabajo, incluyendo el circuito de descarga (200):

30 - el acumulador de calor (130),

35 - una segunda máquina de transporte de fluido (210) para generar un flujo del segundo fluido de trabajo en el circuito de descarga (200), estando orientado el flujo desde el extremo frío (132) al extremo caliente (131) del acumulador de calor (130),

40 - un intercambiador de calor (227) incluido en un ciclo térmico (220) para transferir la energía térmica desde el segundo fluido de trabajo al fluido de trabajo del ciclo térmico (220),

45 comprendiendo el procedimiento las etapas de:

50 - calentar el primer fluido de trabajo en el dispositivo de calentamiento (120),

55 - generar un flujo del primer fluido de trabajo en el circuito de carga (100) con la primera máquina de transporte de fluido (110), para cargar las unidades de almacenamiento de calor (135a, 135b, 135c) en serie desde el extremo caliente (131) al extremo frío (132), de modo que el frente de temperatura se mueve desde la primera unidad de almacenamiento de calor (135a) a la última unidad de almacenamiento de calor (135c),

60 **caracterizado por que** el procedimiento comprende además las etapas de:

65 - detener el calentamiento y el flujo del primer fluido de trabajo después de que se haya cargado la última unidad de almacenamiento de calor (135c), a saber, cuando el frente de temperatura alcance la salida de la última unidad de almacenamiento de calor (135c) y la segunda temperatura (T2) en el extremo frío (132) se eleve,

70 - aislar la unidad de almacenamiento de calor (135c) cargada de las otras unidades de almacenamiento de calor (135a, 135b) por medio de al menos una válvula (137a, 137b).

75 **2.** Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de calentamiento (120) se alimenta de una fuente de energía renovable.

80 **3.** Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que todas las unidades de almacenamiento de calor (135a, 135b, 135c) están aisladas entre sí, por medio de al menos una válvula (137a, 137b) dispuesta entre las unidades de almacenamiento de calor (135a, 135b, 135c).

85 **4.** Un procedimiento para hacer funcionar la planta de almacenamiento de energía térmica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de:

90 - abrir las válvulas (137a, 137b)

95 - generar un flujo del segundo fluido de trabajo en el circuito de descarga (200), desde el extremo frío (132) al

extremo caliente (131), para transferir calor desde las unidades de almacenamiento de calor (135a, 135b, 135c) al segundo fluido de trabajo,

- 5 - detener el calentamiento y el flujo del segundo fluido de trabajo después de que una entrada (138a) de una unidad de almacenamiento de calor (135a) que está más cerca del extremo caliente (131) haya alcanzado una temperatura más baja que la primera temperatura (T1).

FIG 1

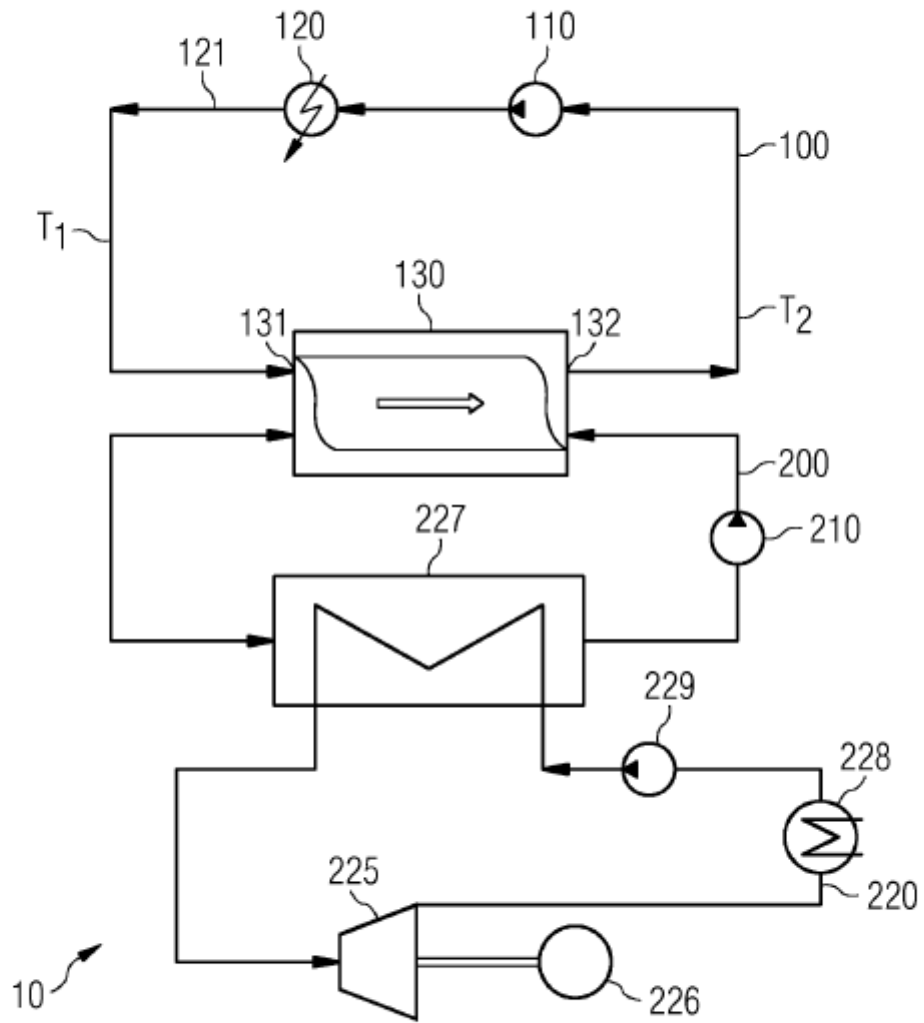


FIG 2

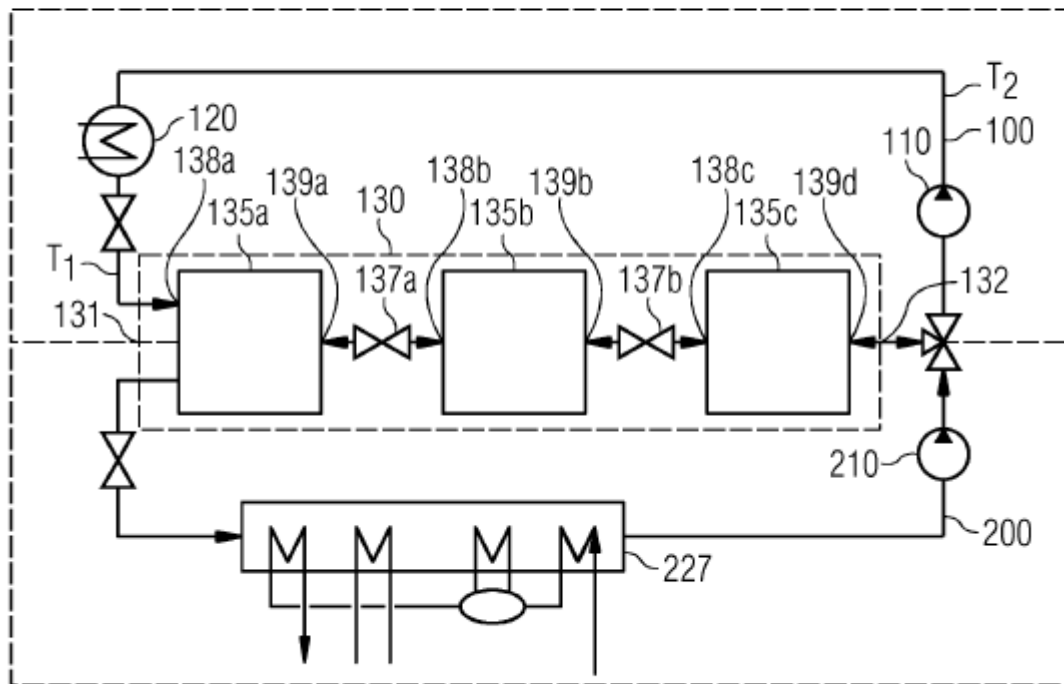


FIG 3

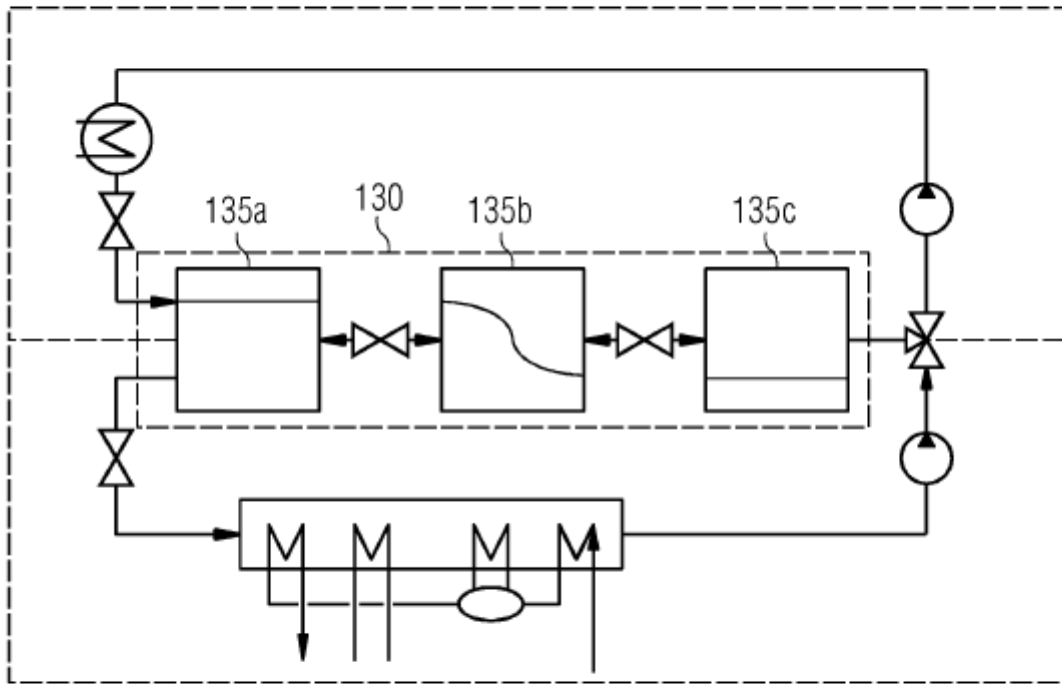


FIG 4

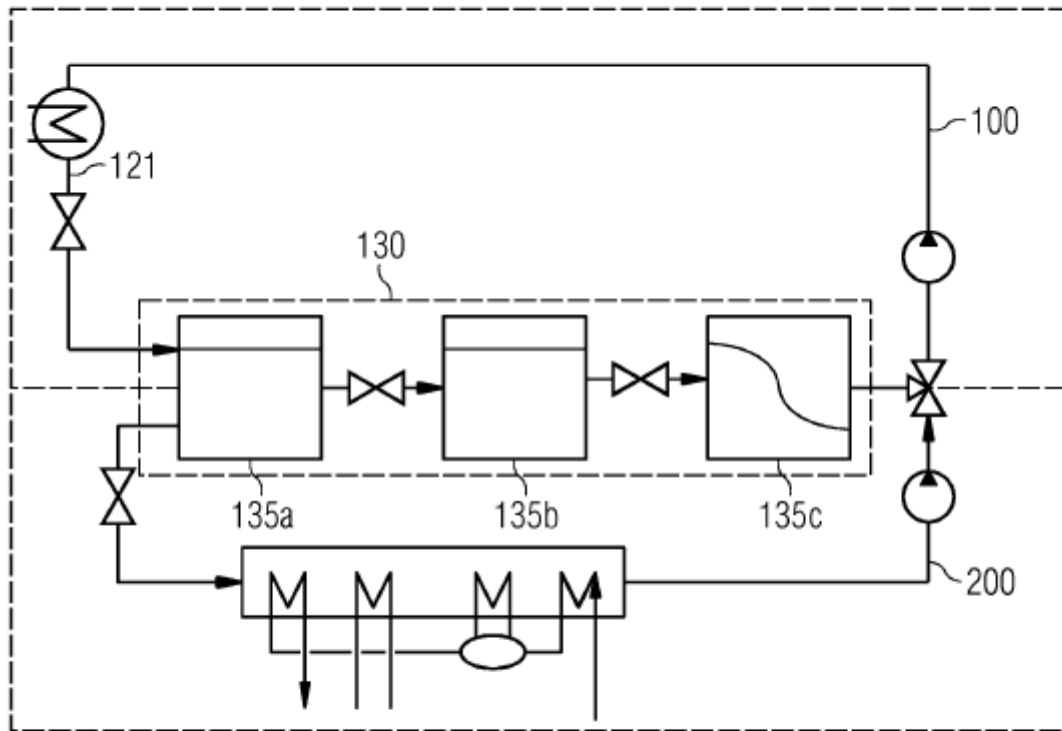


FIG 5

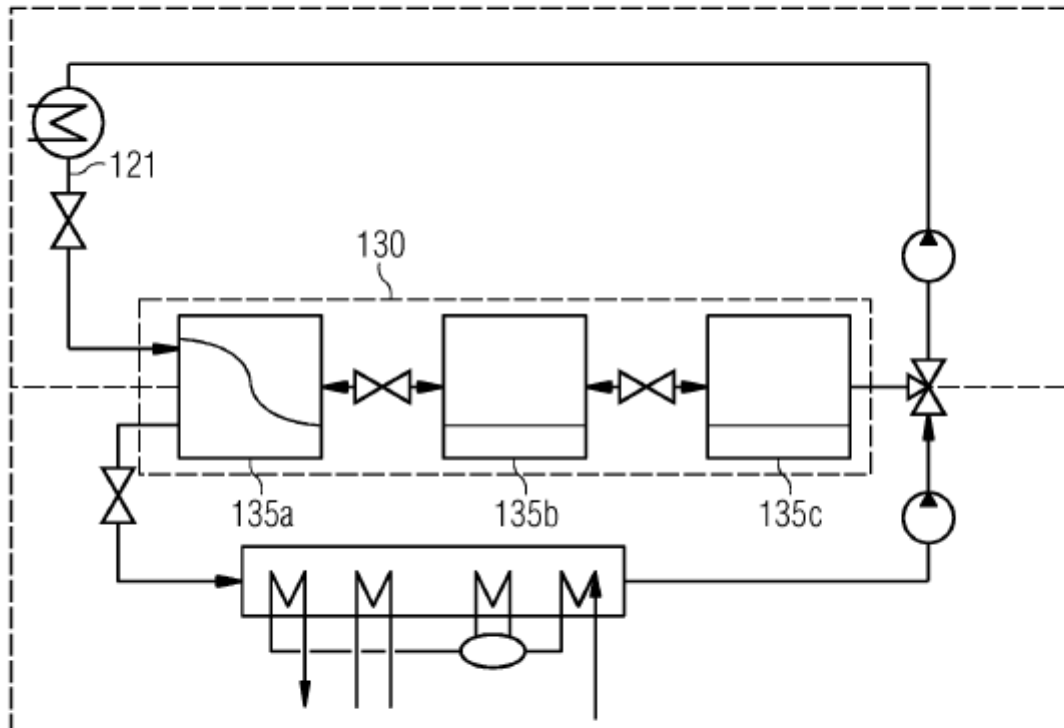


FIG 6

