

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 861 551**

51 Int. Cl.:

F01K 3/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2017** **E 17161768 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2021** **EP 3379040**

54 Título: **Central eléctrica para generar energía eléctrica y procedimiento para operar una central eléctrica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.10.2021

73 Titular/es:

LUMENION GMBH (100.0%)
Ella-Barowsky-Straße 11
10829 Berlin, DE

72 Inventor/es:

ZWINKELS, ANDREW

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 861 551 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

Central eléctrica para generar energía eléctrica y procedimiento para operar una central eléctrica

- 5 La revelación se refiere de acuerdo con la reivindicación 1 a una central eléctrica para generar energía eléctrica. Además, la revelación se refiere de acuerdo con la reivindicación 9 a un procedimiento para operar una central eléctrica.
- 10 La central eléctrica puede ser, por ejemplo, una instalación que quema un portador de energía para generar corriente eléctrica a partir de la energía térmica liberada. Están comprendidas, por ejemplo, las centrales eléctricas de gas y las centrales eléctricas de carbón que queman gas natural o carbón como portador de energía. También se puede generar y quemar un gas de síntesis o gas hidrógeno con, por ejemplo, un reformador.
- 15 La cantidad de energía eléctrica generada, que se alimenta a una red eléctrica por numerosos generadores, fluctúa mucho con el tiempo. En particular, debido al mayor uso de fuentes de energía renovables, la cantidad total de energía eléctrica generada fluctúa mucho con el tiempo. De este modo, la energía eléctrica disponible puede exceder significativamente una necesidad momentánea. Por ejemplo, en tales casos es deseable almacenar la energía eléctrica generada. Pero los sistemas de almacenamiento de energía, que almacenan energía en forma eléctrica o química (como por ejemplo baterías o condensadores electroquímicos), solo pueden almacenar cantidades relativamente pequeñas de energía a un costo razonable. Las plantas de almacenamiento por bombeo también se utilizan para almacenar mayores cantidades de energía. Sin embargo, estas requieren una gran diferencia de altitud, lo que generalmente solo se puede implementar en regiones montañosas.
- 20 La solicitante ha desarrollado propuestas de solución en invenciones anteriores (solicitudes de patente EP 14 187 132, EP 15 183 855, EP 15 183 857), donde la energía eléctrica se almacena temporalmente en energía térmica y se puede convertir nuevamente en energía eléctrica en la central eléctrica. Un dispositivo de almacenamiento de calor genérico se describe, por ejemplo, por la solicitante en la solicitud de patente europea con el número de solicitud 14 187 132.
- 25 Una central eléctrica genérica semejante para generar energía eléctrica comprende al menos un dispositivo de almacenamiento de calor para almacenar energía eléctrica en energía térmica. Cada dispositivo de almacenamiento de calor tiene al menos una unidad de almacenamiento de calor, donde cada unidad de almacenamiento de calor comprende de nuevo:
- 30 - un calentador eléctrico para convertir energía eléctrica en energía térmica,
- 35 - al menos un cuerpo de almacenamiento de calor para recibir y almacenar energía térmica del calentador eléctrico,
- 40 - un intercambiador de calor para absorber energía térmica del cuerpo de almacenamiento de calor, donde el intercambiador de calor comprende tubos de intercambiador de calor para conducir un fluido de almacenamiento de calor.
- 45 La central eléctrica comprende además al menos una primera turbina y un generador, que está acoplado a la primera turbina, para generar energía eléctrica a partir de un movimiento giratorio proporcionado por la turbina.
- 50 Por lo tanto, la energía eléctrica se toma de una red eléctrica externa y se convierte en energía térmica con los calentadores eléctricos. El calentador eléctrico puede comprender, por ejemplo, elementos de resistencia que generan calor cuando se atraviesan por una corriente eléctrica. Luego, la energía térmica se almacena en el cuerpo de almacenamiento de calor. Esto puede comprender, por ejemplo, una placa de metal. Un intercambiador de calor es adyacente al cuerpo de almacenamiento de calor, intercambiador de calor que comprende al menos tubos a través de los que se conduce el fluido de almacenamiento de calor. Los tubos del intercambiador de calor pueden contactar directamente con el cuerpo de almacenamiento de calor o estar conectados al cuerpo de almacenamiento de calor a través de un material conductor de calor (por ejemplo, un cuerpo metálico) que es parte del intercambiador de calor. El intercambiador de calor puede estar diseñado en la longitud y la sección transversal de sus tubos de modo que el fluido de almacenamiento de calor se evapore al atravesar el intercambiador de calor, es decir, por ejemplo, el agua líquida se convierte en vapor de agua.
- 55 Con una central eléctrica semejante se absorbe la energía eléctrica de una red eléctrica externa y se almacena con el dispositivo de almacenamiento de calor en forma de energía térmica. Además, la energía térmica almacenada se puede convertir nuevamente en energía eléctrica y emitirse a la red eléctrica externa. Con una unidad de control se puede ajustar si momentáneamente se absorbe más energía eléctrica de la red eléctrica o se le entrega a la red eléctrica. De este modo se pueden compensar al menos parcialmente las fluctuaciones de la cantidad de energía en la red eléctrica.
- 60 De manera correspondiente, un procedimiento genérico para operar una central eléctrica para generar energía eléctrica comprende los siguientes pasos:
- 65

- conversión de energía eléctrica en energía térmica con un calentador eléctrico de una unidad de almacenamiento de calor, que puede ser parte de al menos un dispositivo de almacenamiento de calor,

5 - recepción y almacenamiento de energía térmica del calentador eléctrico con al menos un cuerpo de almacenamiento de calor de la unidad de almacenamiento de calor,

10 - transferencia de energía térmica de un cuerpo de almacenamiento de calor a un fluido de almacenamiento de calor con la ayuda de un intercambiador de calor que comprende tubos de intercambiador de calor para conducir un fluido de almacenamiento de calor,

- accionamiento de al menos una primera turbina y

15 - generación de energía eléctrica a partir de un movimiento giratorio proporcionado por la turbina con la ayuda de un generador que está acoplado a la primera turbina.

20 Los cuerpos acumuladores de calor se operan en este caso entre una temperatura mínima y una temperatura máxima. La diferencia de temperatura aquí determina qué cantidad de energía puede almacenar el cuerpo de almacenamiento de calor durante el funcionamiento y liberarla al fluido de almacenamiento de calor. Pero, una temperatura variable de los cuerpos de almacenamiento de calor tiene como consecuencia que la temperatura del fluido de almacenamiento de calor después de atravesar un intercambiador de calor también depende de la temperatura momentánea del cuerpo de almacenamiento de calor asociado. Por ello, la temperatura del fluido de almacenamiento de calor puede fluctuar considerablemente durante el funcionamiento.

25 Al mismo tiempo, una turbina se debería accionar con un vapor que tenga una cierta temperatura lo más constante posible. Así, por un lado, el rendimiento de una turbina depende de la temperatura del vapor que fluye a través y, por otro lado, se pueden producir sollicitaciones indeseables del material si la temperatura del vapor que fluye a través cambia rápidamente.

30 Estos problemas no se han resuelto satisfactoriamente en las centrales eléctricas conocidas.

35 Centrales eléctricas para generar energía eléctrica que utilizan un acumulador de calor también se conocen por los documentos DE 10 2012 103621 A1 y EP 2 101 051 A1. En el documento DE 10 2012 103 621 A1 se utilizarán capacidades excedentes fluctuantes de una red eléctrica externa, para lo cual se toma energía eléctrica de la red eléctrica, se convierte en calor y se almacena en un acumulador de calor. Un circuito de portador de calor puede transferir calor desde el acumulador de calor a través de un intercambiador de calor a un circuito de fluido de trabajo; allí se evapora el agua y así se acciona una turbina para generar corriente. Otro dispositivo de almacenamiento de calor con un intercambiador de calor también se describe en el documento WO 2012/000002 A2. Un dispositivo para almacenar energía eléctrica en forma de calor también se describe también en el documento DE 10 2013 016 077 A1.

45 Como un objetivo de la invención se puede considerar especificar una central eléctrica y un procedimiento para operar una central eléctrica, con el que la energía se pueda almacenar temporalmente de manera especialmente eficiente y luego entregarse de nuevo en forma eléctrica.

Este objeto se consigue mediante la central eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1 y mediante el procedimiento con las características de la reivindicación 9.

50 Configuraciones ventajosas de la central eléctrica según la invención y del procedimiento según la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes y se explican en la siguiente descripción.

55 En la central eléctrica descrita anteriormente, según la invención, un circuito de fluido de almacenamiento de calor está conectado al intercambiador de calor o los intercambiadores de calor. Un circuito de fluido de trabajo distinto del circuito de fluido de almacenamiento de calor está conectado a la primera turbina (y en particular a otras turbinas eventualmente presentes). Al menos un primer intercambiador de calor del circuito de fluido está presente y conectado al circuito de fluido de almacenamiento de calor y al circuito de fluido de trabajo para transferir calor del fluido de almacenamiento de calor a un fluido de trabajo en el circuito de fluido de trabajo.

60 De manera correspondiente, el procedimiento arriba descrito se caracteriza según la invención por al menos los siguientes pasos:

- conducción del fluido de almacenamiento de calor a lo largo de un circuito de fluido de almacenamiento de calor que comprende al menos un primer intercambiador de calor del circuito de fluido,

65 - transferencia de energía térmica con la ayuda del al menos primer intercambiador de calor del circuito de fluido desde el fluido de almacenamiento de calor a un fluido de trabajo,

- conducción del fluido de trabajo en un circuito de fluido de trabajo hacia la primera turbina para accionar la primera turbina.

5 Por lo tanto, el fluido de almacenamiento de calor no se conduce a través de la(s) turbina(s). Mejor dicho, solo el fluido de trabajo se conduce a través de la(s) turbina(s). De este modo, una fluctuación de temperatura del fluido de almacenamiento de calor tiene solo un pequeño efecto sobre la temperatura del fluido de trabajo. Por consiguiente, la turbina se puede accionar ventajosamente con vapor a una temperatura ampliamente constante. Además, solo se necesita una presión relativamente alta de, por ejemplo, 100 bares en la o las turbina(s). Debido a los dos circuitos separados, la presión del fluido en las unidades de almacenamiento de calor no tiene que ser tan alta como la presión del fluido en las turbinas.

15 Por ejemplo, se puede operar una bomba de fluido de trabajo para aumentar la presión del fluido de trabajo en el circuito de fluido de trabajo, y se puede operar una bomba de fluido de almacenamiento de calor para aumentar la presión del fluido de trabajo en el circuito de fluido de almacenamiento de calor. A este respecto, la bomba de fluido de trabajo y la bomba de fluido de almacenamiento de calor se operan de modo que la presión del fluido de trabajo es mayor que la presión del fluido de almacenamiento de calor. Alternativa o adicionalmente, la potencia de la bomba de fluido de trabajo puede ser mayor que la de la bomba de fluido de almacenamiento de calor. La presión más alta puede ser definida, por ejemplo, en el caso de una comparación de presiones detrás de la bomba respectiva.

25 El circuito de fluido de trabajo y el circuito de fluido de almacenamiento de calor pueden comprender respectivamente un sistema de tuberías, donde estos dos sistemas de tuberías están separados entre sí. El intercambiador de calor del circuito de fluido puede ser un intercambiador de calor que presenta líneas separadas entre sí para el fluido de almacenamiento de calor y para el fluido de trabajo. La energía térmica se transfiere del fluido de almacenamiento de calor al fluido de trabajo a través de un puente térmico, por ejemplo, una conexión metálica entre las líneas separadas.

30 El fluido de almacenamiento de calor y el fluido de trabajo pueden ser respectivamente un en principio líquido cualquiera o gas cualquiera. El fluido de almacenamiento de calor puede ser en particular un aceite, en particular un aceite térmico. El aceite puede contener sales y así se puede fundir a aprox. 200 °C y utilizarse desde esta hasta aprox. 600 °C. De este modo, los aceites térmicos salino son especialmente adecuados para absorber energía térmica de las unidades de almacenamiento de calor. Por lo tanto, el fluido de almacenamiento de calor puede ser un líquido que está presente en forma líquida tanto antes como también después de atravesar el intercambiador de calor. El fluido de trabajo puede ser distinto del fluido de almacenamiento de calor y en particular ser agua o una solución acuosa. A este respecto, el fluido de trabajo se puede evaporar al atravesar el o los intercambiador(es) de calor del circuito de fluido. En particular, la temperatura de ebullición del fluido de trabajo a la presión generada por la bomba de fluido de trabajo puede ser menor de 200 °C, de modo que se garantiza que el fluido de trabajo siempre se evapora en el intercambiador de calor del circuito de fluido, independientemente de si el fluido de almacenamiento de calor tiene momentáneamente una temperatura alta (aprox. 600 °C) o una temperatura baja (aprox. 250 °C).

45 Según la invención se utilizan sistemas de turbinas multietapa. Así está presente una segunda turbina y un segundo intercambiador de calor del circuito de fluido. La segunda turbina igualmente está acoplada al generador o un segundo generador para accionarlo. En el circuito de fluido de trabajo, la primera turbina está dispuesta aguas abajo del primer intercambiador de calor del circuito de fluido. El segundo intercambiador de calor del circuito de fluido está dispuesto aguas abajo de la primera turbina. La segunda turbina está dispuesta aguas abajo del segundo intercambiador de calor del circuito de fluido. Por consiguiente, el fluido de trabajo se calienta (y en particular se evapora) en primer lugar en el primer intercambiador de calor del circuito de fluido y luego atraviesa la primera turbina. A continuación, el fluido de trabajo atraviesa el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido, a este respecto, se calienta de nuevo y luego acciona la segunda turbina.

55 El primer y segundo intercambiador de calor del circuito de fluido pueden estar separados entre sí y, en particular, estar formados de igual manera. Pero alternativamente, el primer y segundo intercambiador de calor del circuito de fluido también pueden estar formados por una unidad que comprende respectivamente líneas separadas para el fluido de almacenamiento de calor, para el fluido de trabajo antes de atravesar la primera turbina y para el fluido de trabajo después de atravesar la primera turbina.

60 El primer y segundo intercambiador de calor del circuito de fluido están dispuestos en el circuito de fluido de almacenamiento de calor en dos líneas paralelas entre sí. Por lo tanto, el circuito de fluido de almacenamiento de calor presenta una ramificación en dos líneas, que se atraviesan ambas por el fluido de acumulación de calor. El primer intercambiador de calor del circuito de fluido está dispuesto en una de estas líneas y el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido está dispuesto en la otra de estas líneas. Las dos líneas desembocan una en otra aguas abajo hacia los dos intercambiadores de calor del circuito de fluido. Por lo tanto, la disposición "paralela" no se debe considerar geoméricamente en paralelo, sino al contrario de una disposición en serie uno detrás de otro, en la que se atravesarían sucesivamente los dos intercambiadores de calor del circuito de fluido.

De este modo se puede garantizar ventajosamente una transferencia de calor suficientemente alta en ambos intercambiadores de calor.

Un dispositivo de control está presente en el circuito de fluido de almacenamiento de calor y está concebido para ajustar de manera variable una división de fluido de almacenamiento de calor hacia el primer intercambiador de calor del circuito de fluido y el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido. De este modo se puede ajustar de manera distinta entre sí una transferencia de calor desde el fluido de almacenamiento de calor al fluido de trabajo para los dos intercambiadores de calor del circuito de fluido. Así, por ejemplo, el fluido de trabajo se puede enfriar después de atravesar la primera turbina, pero aún estar más caliente de lo que estaba antes de atravesar el primer intercambiador de calor del circuito de fluido. En este caso, el fluido de trabajo en el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido tendría que absorber menos energía térmica que en el primer intercambiador de calor del circuito de fluido. Para ello, el dispositivo de control puede conducir, por ejemplo, más fluido de almacenamiento de calor hacia el primer intercambiador de calor del circuito de fluido que hacia el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido.

En el circuito de fluido de trabajo puede estar presente un primer bypass alrededor del primer intercambiador de calor del circuito de fluido para conducir el fluido de trabajo a la primera turbina sin pasar por el primer intercambiador de calor del circuito de fluido. Por lo tanto, bajo un bypass se puede entender una línea de circunvalación. Puede estar previsto un primer dispositivo de control de bypass y está concebido para ajustar de forma variable una división del fluido de trabajo hacia el primer intercambiador de calor del circuito de fluido y el primer bypass. De esta manera se puede variar una transferencia de calor en el primer intercambiador de calor del circuito de fluido al fluido de trabajo. De este modo, por ejemplo, las fluctuaciones de temperatura del fluido de almacenamiento de calor se pueden compensar parcial o totalmente, de modo que una transferencia de calor al fluido de trabajo solo se influye ligeramente por una fluctuación de temperatura del fluido de almacenamiento de calor.

Por consiguiente, el primer bypass y el dispositivo de control pueden formar un primer radiador de enfriamiento. Este es un mezclador en el que se refrigera un fluido mezclándolo con un fluido más frío. En el presente caso, el fluido más frío es la parte del fluido de trabajo que ha evitado el primer intercambiador de calor del circuito de fluido.

De manera análoga puede estar previsto un segundo bypass con respecto al segundo intercambiador de calor del circuito de fluido. En este caso, en el circuito de fluido de trabajo puede estar presente un segundo bypass alrededor del segundo intercambiador de calor del circuito de fluido para conducir el fluido de trabajo a la segunda turbina sin pasar por el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido. Puede estar previsto un segundo dispositivo de control de bypass y está concebido para ajustar de forma variable una división del fluido de trabajo hacia el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido y el segundo bypass. De este modo, los dos intercambiadores de calor del circuito de fluido se pueden operar de nuevo de manera diferente y se puede ajustar respectivamente una temperatura deseada del fluido de trabajo después de atravesar el respectivo intercambiador de calor del circuito de fluido.

En principio, también es posible, alternativa o adicionalmente a los bypass arriba descritos, prever un o dos bypass correspondientes para el fluido de almacenamiento de calor en el circuito de fluido de almacenamiento de calor. En un bypass semejante, una proporción variable del fluido de almacenamiento de calor se conduce a través del intercambiador de calor del circuito de fluido asociado para variar la transferencia de calor al fluido de trabajo.

Puede ser ventajoso que el fluido de almacenamiento de calor esté presente siempre en forma líquida durante el funcionamiento de la central eléctrica y no se evapore. En el caso de una evaporación, el fluido de almacenamiento de calor retiraría repentinamente grandes cantidades de energía del dispositivo de almacenamiento de calor tan pronto como alcanzara su borde o comienzo. De manera desventajosa, de este modo se descargaría de forma espacialmente desigual el acumulador de calor. Además, la evaporación repentina provocaría solicitaciones en el material. Estos problemas se evitan si el fluido de almacenamiento de calor no se evapora. Al contrario de ello, el fluido de trabajo debería estar presente como vapor o gas para accionar la(s) turbina(s). Esto se vuelve posible gracias a los dos circuitos de fluidos separados y a los diferentes fluidos: El fluido de trabajo puede tener un punto de ebullición/temperatura de ebullición más bajos que el fluido de almacenamiento de calor, de modo que el fluido de trabajo se evapora en el primer intercambiador de calor del circuito de fluido. El fluido de trabajo se refiere en general a un segundo intercambiador de calor del circuito de fluido eventualmente presente en forma de vapor y se calienta o sobrecalienta aún más.

Una absorción de energía eléctrica por el calentador eléctrico tiene sentido en el caso de un bajo precio de la electricidad, es decir, en el caso de un exceso de oferta de energía eléctrica en una red eléctrica, que aquí se denomina como red eléctrica externa. La turbina y el generador se pueden operar, por otro lado, de manera relativamente estable en términos de tiempo, es decir, no presentar cambios que fluctúen mucho en el tiempo. Puede estar prevista una unidad de control eléctrico y estar concebida para ajustar de manera variable si momentáneamente se absorbe más energía eléctrica de una red eléctrica externa por el o los calentadores eléctricos o se entrega a la red eléctrica externa por el generador.

Variantes preferidas del procedimiento según la invención resultan del uso pretendido de la central eléctrica según la invención. Además, las variantes de procedimiento descritas también se deben considerar como variantes de la central eléctrica según la invención.

5 A continuación se describen otras propiedades y ventajas de la invención en referencia a las figuras esquemáticas adjuntas.

La fig. 1 muestra un dispositivo de almacenamiento de calor de una central eléctrica según la invención en una representación en perspectiva.

10

La fig. 2 muestra el dispositivo de almacenamiento de calor de la fig. 1 en una vista en sección.

La fig. 3 muestra un ejemplo de realización de una central eléctrica según la invención, que comprende el dispositivo de almacenamiento de calor de las figuras 1 y 2.

15

Los componentes iguales o de igual efecto están caracterizados generalmente en las figuras con referencias coincidentes.

20 En la fig. 3 se muestra esquemáticamente un ejemplo de realización de una central eléctrica 110 según la invención.

La central eléctrica 110 comprende una primera turbina 120 y una segunda turbina 121 o también puede comprender otras turbinas (no representadas). Las turbinas 120, 121 se accionan por un fluido de trabajo que fluye a través. El fluido de trabajo puede ser vapor, por ejemplo, vapor de agua. Un generador 123 está acoplado a las turbinas 120, 121 y convierte la energía rotacional, que se proporciona por las turbinas 120, 121, en energía eléctrica. Luego, la energía eléctrica se le entrega a una red eléctrica externa.

25

La central eléctrica 110 se utiliza para compensar las fluctuaciones en la cantidad de energía eléctrica en la red eléctrica externa. Para ello, la central eléctrica 110 debe absorber energía eléctrica de la red eléctrica externa si allí está presente en particular un exceso de oferta. En caso de un exceso de oferta, el precio de la electricidad se puede volver muy bajo o incluso negativo, por lo que significa que la absorción de energía eléctrica es casi gratuita o en algunos casos incluso aporta dinero. La energía eléctrica absorbida se debe almacenar en la central eléctrica 110 y entregarse de nuevo como energía eléctrica en un momento diferente.

30

Para este almacenamiento de energía temporal, la central eléctrica 110 comprende al menos un dispositivo de almacenamiento de calor 100. En el ejemplo de la fig. 3 están presentes varios dispositivos de almacenamiento de calor 100. Un dispositivo de almacenamiento de calor 100 está representado con más detalle en la figura 1 como una vista en perspectiva y en la figura 2 como una vista en sección. Cada dispositivo de almacenamiento de calor 100 comprende al menos una, preferentemente varias unidades de almacenamiento de calor 1, que están apiladas una sobre otra. Cada unidad de almacenamiento de calor 1 comprende un calentador eléctrico 10. Este convierte la energía eléctrica en energía térmica, preferentemente de manera esencialmente completa, es decir, más del 90 % de la energía absorbida por el calentador eléctrico 10 se convierte en energía térmica. La energía eléctrica se absorbe de la red eléctrica externa. Cada unidad de almacenamiento de calor 1 comprende además al menos uno, en particular exactamente dos cuerpos de almacenamiento de calor 30, 31. Estos pueden ser cuerpos o placas metálicos, que se utilizan para almacenar energía térmica. Los cuerpos de almacenamiento de calor 30, 31 están adyacentes al calentador eléctrico 10 para absorber la energía térmica del calentador eléctrico 10. Finalmente, cada unidad de almacenamiento de calor también comprende un intercambiador de calor 50, que presenta una pluralidad de tubos de almacenamiento de calor 51. Cada intercambiador de calor 50 es adyacente a al menos uno de los cuerpos de almacenamiento de calor 30. De este modo, se transfiere energía térmica desde el cuerpo de almacenamiento de calor 30 a los tubos del intercambiador de calor y un fluido de almacenamiento de calor transportado aquí. El fluido de almacenamiento de calor se divide en los distintos intercambiadores de calor 50 a través de un tubo distribuidor 45. Después de atravesar los intercambiadores de calor 50, el fluido de almacenamiento de calor se reúne en un tubo colector 55.

35

40

45

50

La energía térmica del fluido de almacenamiento de calor ahora se puede usar para generar energía eléctrica nuevamente. Pero, como un concepto esencial de la invención, el fluido de almacenamiento de calor no se conduce a través de las turbinas 120, 121. Más bien, el calor se transfiere desde el fluido de almacenamiento de calor a un fluido de trabajo distinto de él, que se conduce en un circuito separado, el circuito de fluido de trabajo 140. El fluido de almacenamiento de calor circula en un circuito propio, el circuito de fluido de almacenamiento de calor 130.

55

60

De este modo se superan distintas desventajas que ocurrirían con un único circuito: El vapor se utiliza a menudo para accionar las turbinas; si se utiliza agua como fluido de almacenamiento de calor, por ello se evaporaría por las unidades de almacenamiento de calor. Con una transición de fase semejante se extrae una cantidad extremadamente grande de energía térmica de la unidad de almacenamiento de calor en el borde de la unidad de almacenamiento de calor (es decir, en la zona de entrada en la que el fluido de almacenamiento de calor llega a la unidad de almacenamiento de calor). De este modo, el acumulador de calor se descargaría de forma desigual y

65

las tensiones del material podrían ser elevadas. Además, la presión del fluido en la turbina debe ser relativamente alta. En el caso de un único circuito, esto tendría la consecuencia de que todas las líneas de las unidades de almacenamiento de calor se deberían diseñar igualmente para presiones más altas. La temperatura del fluido de almacenamiento de calor también depende de la temperatura momentánea de las unidades de almacenamiento de calor y por lo tanto fluctúa. Las turbinas, por otro lado, tienen un rendimiento máximo solo para ciertas propiedades de temperatura/presión del fluido incidente.

Estas desventajas se superan total o al menos parcialmente en tanto que se utilizan dos circuitos separados entre sí, el circuito de fluido de trabajo 140 y el circuito de fluido de almacenamiento de calor 130.

En el circuito de fluido de almacenamiento de calor 130 está dispuesta una bomba de fluido de almacenamiento de calor 125, que hace circular el fluido de almacenamiento de calor en el circuito 130. Además, en el circuito de fluido de trabajo 140 está dispuesta una bomba de fluido de trabajo 145, que hace circular el fluido de trabajo en el circuito 140. Gracias a la bomba de fluido de trabajo 145 se proporciona una presión significativamente más alta que gracias a la bomba de fluido de almacenamiento de calor 125, por ejemplo, una presión al menos 10 veces mayor.

El fluido de almacenamiento de calor puede tener un punto de ebullición más alto que el fluido de trabajo, de modo que el fluido de almacenamiento de calor está presente como un líquido y no se evapora por el calor de las unidades de almacenamiento de calor. Por el contrario, el fluido de trabajo se evapora por la energía térmica del fluido de almacenamiento de calor y, después de atravesar las turbinas 120, 121 se licúa en un condensador 124. Como se representa, el condensador 124 puede comprender un intercambiador de calor, a través del que se evacúa calor del fluido de trabajo, por ejemplo, a un líquido, que luego se puede usar más, por ejemplo, con fines de calentamiento. En tanto que el fluido de almacenamiento de calor no se evapora, se evita la desventaja descrita anteriormente de que se extraen repentinamente grandes cantidades de energía de parte del cuerpo de acumulación de calor 30 debido a una evaporación. El fluido de almacenamiento de calor puede ser, por ejemplo, un aceite mientras que el fluido de trabajo es agua o una solución acuosa.

Para transferir energía térmica del fluido de almacenamiento de calor al fluido de trabajo, está presente al menos un primer intercambiador de calor del circuito de fluido 131. En el ejemplo representado también está previsto un segundo intercambiador de calor del circuito de fluido 132. El fluido de trabajo y separadamente del mismo también el fluido de almacenamiento de calor se conduce a través de cada uno de estos intercambiadores de calor 131, 132, donde los tubos respectivos están acoplados térmicamente entre sí para una alta transferencia de calor.

El primer intercambiador de calor del circuito de fluido 131 está dispuesto delante de la turbina 120 con vistas al circuito de fluido de trabajo 140. El segundo intercambiador de calor del circuito de fluido 132, por otro lado, está dispuesto entre las dos turbinas 120, 121 con vistas al circuito de fluido de trabajo 140.

Los dos intercambiadores de calor del circuito de fluido 131, 132 están dispuestos en paralelo entre sí con vistas al circuito de fluido de almacenamiento de calor 130. En este caso, una línea del fluido de almacenamiento de calor delante de los dos intercambiadores de calor del circuito de fluido 131, 132 se puede dividir en dos líneas 135, 136 que discurren a través de respectivamente uno de los dos intercambiadores de calor del circuito de fluido 131, 132. A continuación, las dos líneas 135, 136 se reúnen de nuevo.

Como se representa, al menos algunos de los dispositivos de almacenamiento de calor 100 se pueden disponer en líneas paralelas entre sí. Esto tiene la ventaja de que los dispositivos de almacenamiento de calor 100 dispuestos en paralelo entre sí se descargan esencialmente en la misma medida, es decir, en particular, se transfiere esencialmente la misma cantidad de energía al fluido de almacenamiento de calor que fluye a través. Así se evita que un dispositivo de almacenamiento de calor 100 haya alcanzado una temperatura máxima y, por lo tanto, no pueda absorber y almacenar más energía de la red eléctrica externa, mientras que otro de los dispositivos de almacenamiento de calor 100 está lejos de la temperatura máxima. Si tantos dispositivos de almacenamiento de calor 100 como sea posible pueden absorber simultáneamente energía eléctrica, es ventajosamente mayor una absorción máxima posible de energía eléctrica.

Además, algunos de los dispositivos de almacenamiento de calor 100 pueden estar dispuestos uno detrás del otro en el circuito de fluido de almacenamiento de calor 130, es decir, se pueden atravesar sucesivamente por el fluido de almacenamiento de calor. En este caso, la descarga (es decir, la transferencia de calor al medio de almacenamiento de calor) de los dispositivos de almacenamiento de calor 100 dispuestos uno detrás del otro es diferente. Sin embargo, de esta disposición se producen igualmente ventajas: El fluido de almacenamiento de calor no debería caer por debajo de una temperatura mínima, lo que da como resultado una temperatura mínima para un dispositivo de almacenamiento de calor 100. Pero, es deseable que una temperatura mínima del dispositivo de almacenamiento de calor 100 sea baja, dado que de este modo es alta una posible diferencia de temperatura del dispositivo de almacenamiento de calor 100 y por lo tanto su capacidad de almacenamiento. Si dos o más dispositivos de almacenamiento de calor 100 están dispuestos uno detrás del otro, se pueden operar con diferentes temperaturas mínimas. Uno delantero de estos dispositivos de almacenamiento de calor 100 puede tener una temperatura mínima más baja que uno trasero de estos dispositivos de almacenamiento de calor 100. El dispositivo

de almacenamiento de calor trasero 100 garantiza una temperatura mínima deseada del fluido de almacenamiento de calor. El dispositivo de almacenamiento de calor delantero 100 se puede operar, por otro lado, en un rango de temperatura muy grande (es decir, en un rango de temperatura mayor que el dispositivo de almacenamiento de calor trasero 100) y, por lo tanto, tiene una capacidad de almacenamiento especialmente alta. Alternativa o adicionalmente también pueden ser diferentes las respectivas temperaturas máximas de los dispositivos de almacenamiento de calor 100 dispuestos uno detrás del otro.

En otras palabras, puede estar previsto un dispositivo de control y operarse para operar un dispositivo de almacenamiento de calor delantero 100 de los dispositivos de almacenamiento de calor 100 dispuestos uno detrás del otro en un rango de temperatura mayor que un dispositivo de almacenamiento de calor trasero 100.

Para la capacidad total de almacenamiento de un dispositivo de almacenamiento de calor 100, además de su rango de temperatura, es decir, el rango entre la temperatura mínima y máxima de los cuerpos de almacenamiento de calor 30 utilizada durante el funcionamiento, la masa total de sus cuerpos de almacenamiento de calor 30 también es relevante. Si un dispositivo de almacenamiento de calor trasero 100 a partir de varios dispositivos de almacenamiento de calor dispuestos uno detrás del otro solo se usa de todos modos en un rango de temperatura más pequeño, se ofrece elegir que la masa de sus cuerpos de almacenamiento de calor sea menor que la masa de los cuerpos de almacenamiento de calor del dispositivo de almacenamiento de calor delantero 100. Esto se puede implementar, por ejemplo, en tanto que el dispositivo de almacenamiento de calor delantero comprende más unidades de almacenamiento de calor que el dispositivo de almacenamiento de calor trasero; por lo demás, las unidades de almacenamiento de calor del dispositivo de almacenamiento de calor delantero y trasero 100 pueden ser iguales.

Además de los componentes representados, la central eléctrica 110 también puede presentar un quemador para un portador de energía (fósil), por ejemplo para quemar carbón, gas natural o gas de síntesis. El calor liberado de este modo se puede transferir igualmente al fluido de trabajo o también al fluido de almacenamiento de calor. Puede estar previsto que la potencia del quemador se controle en función de la absorción de corriente del calentador eléctrico 10. La absorción de corriente se realiza en particular (o exclusivamente) luego cuando esté presente un exceso de oferta de energía eléctrica. En este momento, por lo tanto, es deseable que se genere menos energía eléctrica y, en consecuencia, se reduce la potencia del quemador. Por tanto, la potencia del quemador se puede reducir a un valor reducido cuando se cargan los dispositivos de almacenamiento de calor 100, en particular cuando su absorción de potencia eléctrica supera un valor umbral predeterminado. Por el contrario, la potencia del quemador no se reduce al valor reducido, sino que se mantiene en un valor más alto si la absorción de potencia del calentador eléctrico no excede el valor umbral.

Gracias a la central eléctrica según la invención se pueden almacenar grandes cantidades de energía eléctrica como energía térmica de una manera sencilla y económica y luego convertirse de nuevo en energía eléctrica.

REIVINDICACIONES

1. Central eléctrica para generar energía eléctrica, que comprende:

5 - al menos un dispositivo de almacenamiento de calor (100) para almacenar energía eléctrica en energía térmica, con al menos una unidad de almacenamiento de calor (1), donde cada unidad de almacenamiento de calor (1) comprende:

10 - un calentador eléctrico (10) para convertir energía eléctrica en energía térmica,

- al menos un cuerpo de almacenamiento de calor (30, 31) para recibir y almacenar energía térmica del calentador eléctrico (10),

15 - un intercambiador de calor (50) para absorber energía térmica del cuerpo de almacenamiento de calor (30, 31), donde el intercambiador de calor (50) comprende tubos de intercambiador de calor (51) para conducir un fluido de almacenamiento de calor,

- al menos una primera turbina (120),

20 - un generador (123), que está acoplado a la primera turbina (120), para generar energía eléctrica a partir de un movimiento giratorio proporcionado por la turbina,

- un circuito de fluido de almacenamiento de calor (130) que está conectado al intercambiador de calor (50) o los intercambiadores de calor (50),

- un circuito de fluido de trabajo (140) conectado a la primera turbina (120),

25 - al menos un primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131) para transferir calor desde el fluido de almacenamiento de calor a un fluido de trabajo en el circuito de fluido de trabajo (140),

caracterizada por

30 que están presentes una segunda turbina (121) y un segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132), que la segunda turbina (121) igualmente está acoplada al generador (123) o un segundo generador para accionarlo,

que en el circuito de fluido de trabajo (140) la primera turbina (120) está dispuesta aguas abajo del primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131),

35 que el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132) está dispuesto aguas abajo de la primera turbina (120),

que la segunda turbina (121) está dispuesta aguas abajo del segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132),

que el primer y el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (131, 132) están dispuestos en el circuito de fluido de almacenamiento de calor (130) en dos líneas (135, 136) paralelas entre sí,

40 que un dispositivo de control está presente en el circuito de fluido de almacenamiento de calor (130), que está concebido para ajustar de manera variable una división de fluido de almacenamiento de calor hacia el primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131) y el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132).

2. Central eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por

45 que en el circuito de fluido de trabajo (140) está presente un primer bypass alrededor del primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131) para conducir el fluido de trabajo a la primera turbina (120) sin pasar por el primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131), y

50 que está previsto un primer dispositivo de control de bypass y está concebido para ajustar de forma variable una división del fluido de trabajo hacia el primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131) y el primer bypass.

3. Central eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizada por

55 que un segundo bypass alrededor del segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132) está presente en el circuito de fluido de trabajo (140), a fin de conducir el fluido de trabajo a la segunda turbina (121) sin pasar por el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132), y

que está previsto un segundo dispositivo de control de bypass y está configurado para ajustar de forma variable una división de fluido de trabajo hacia el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (131) y el segundo bypass.

60 4. Central eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por

que está prevista una unidad de control eléctrico y está concebida para ajustar de manera variable si momentáneamente se absorbe más energía eléctrica de una red eléctrica externa por el o los calentadores eléctricos (10) o se entrega a la red eléctrica externa por el generador (123).

65 5. Central eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4,

caracterizada por

que están previstos varios dispositivos de almacenamiento de calor (100), de los que al menos algunos están dispuestos en paralelo entre sí en el circuito de fluido de almacenamiento de calor (130).

5 6. Central eléctrica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por

que están previstos varios dispositivos de almacenamiento de calor (100), de los que al menos algunos están dispuestos uno detrás de otro en el circuito de fluido de almacenamiento de calor (130).

10 7. Central eléctrica de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada por

que está previsto un dispositivo de control y se opera para operar un dispositivo de almacenamiento de calor delantero (100) de los dispositivos de almacenamiento de calor (100) dispuestos uno detrás del otro en un rango de temperatura mayor que un dispositivo de almacenamiento de calor trasero (100).

15 8. Central eléctrica de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, caracterizada por

20 que un dispositivo de almacenamiento de calor delantero (100) de los dispositivos de almacenamiento de calor (100) dispuestos uno detrás del otro comprende más unidades de almacenamiento de calor (1) que un dispositivo de almacenamiento de calor trasero (100) de los dispositivos de almacenamiento de calor (100) dispuestos uno detrás del otro.

9. Procedimiento para operar una central eléctrica para generar energía eléctrica, que comprende los siguientes pasos:

25

- conversión de energía eléctrica en energía térmica con un calentador eléctrico (10) de una unidad de almacenamiento de calor (1) de al menos un dispositivo de almacenamiento de calor (100),

- recepción y almacenamiento de energía térmica del calentador eléctrico (10) con al menos un cuerpo de almacenamiento de calor (30, 31) de la unidad de almacenamiento de calor (1),

30 - transferencia de energía térmica del al menos un cuerpo de almacenamiento de calor (30, 31) a un fluido de almacenamiento de calor con la ayuda de un intercambiador de calor (50) que comprende tubos de intercambiador de calor (51) para conducir un fluido de almacenamiento de calor,

- accionamiento de al menos una primera turbina (120),

35 - generación de energía eléctrica a partir de un movimiento giratorio proporcionado por la turbina (120) con la ayuda de un generador (123) que está acoplado a la primera turbina (120),

- conducción del fluido de almacenamiento de calor a lo largo de un circuito de fluido de almacenamiento de calor (130) que comprende al menos un primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131),

- transferencia de energía térmica con la ayuda del al menos primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131) desde el fluido de almacenamiento de calor a un fluido de trabajo,

40 - conducción del fluido de trabajo en un circuito de fluido de trabajo (140) hacia la primera turbina (120) para accionar la primera turbina (120),

caracterizado por

45 que están presentes una segunda turbina (121) y un segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132), que la segunda turbina (121) acciona igualmente el generador (123) o un segundo generador, que en el circuito de fluido de trabajo (140), la primera turbina (120) está dispuesta aguas abajo del primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131),

que el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132) está dispuesto aguas abajo de la primera turbina (120),

50 que la segunda turbina (121) está dispuesta aguas abajo del segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132),

que el primer y el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (131, 132) están dispuestos en el circuito de fluido de almacenamiento de calor (130) en dos líneas (135, 136) paralelas entre sí,

55 que un dispositivo de control está presente en el circuito de fluido de almacenamiento de calor (130) que ajusta de manera variable una división de fluido de almacenamiento de calor hacia el primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131) y el segundo intercambiador de calor del circuito de fluido (132).

10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9,

60 caracterizado por al menos los siguientes pasos:

- operación de una bomba de fluido de trabajo (145) para aumentar la presión del fluido de trabajo en el circuito de fluido de trabajo (140),

65 - operación de una bomba de fluido de almacenamiento de calor (125) para aumentar la presión del fluido de trabajo en el circuito de fluido de almacenamiento de calor (130),

- donde la bomba de fluido de trabajo (145) y la bomba de fluido de almacenamiento de calor (125) se operan de

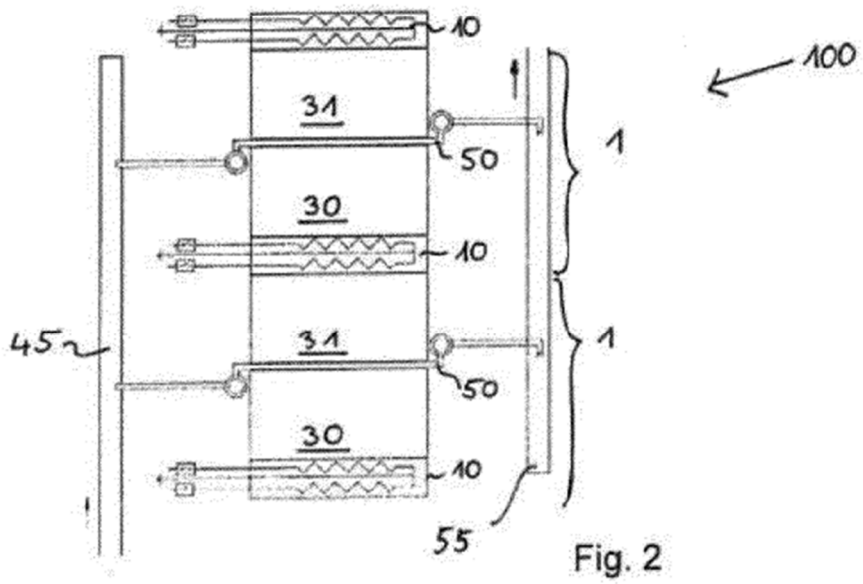
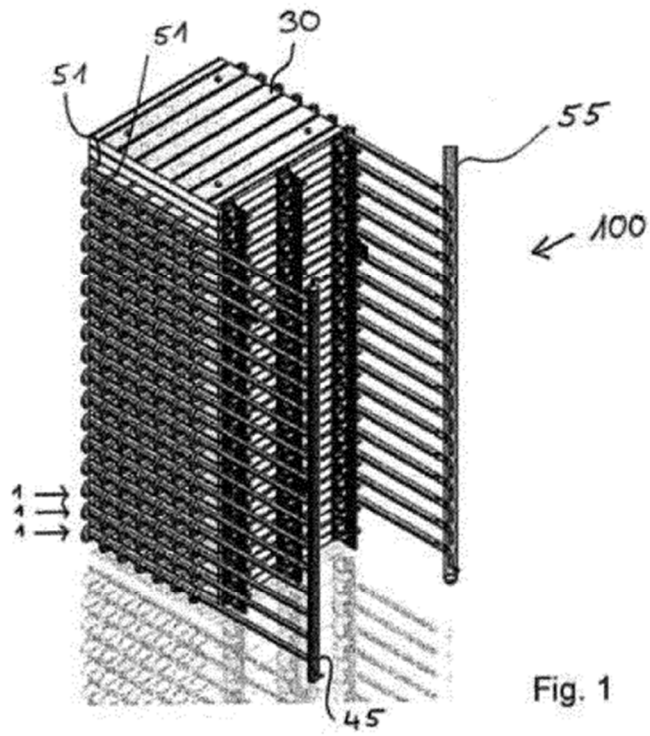
modo que la presión del fluido de trabajo es mayor que la presión del fluido de almacenamiento de calor.

11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, caracterizado por al menos los siguientes pasos:

5

- conducción del fluido de almacenamiento de calor en forma líquida hacia y a través del al menos un dispositivo de almacenamiento de calor (100), donde no se evapora el fluido de almacenamiento de calor,
- conducción del fluido de trabajo a través del primer intercambiador de calor del circuito de fluido (131), donde se

10



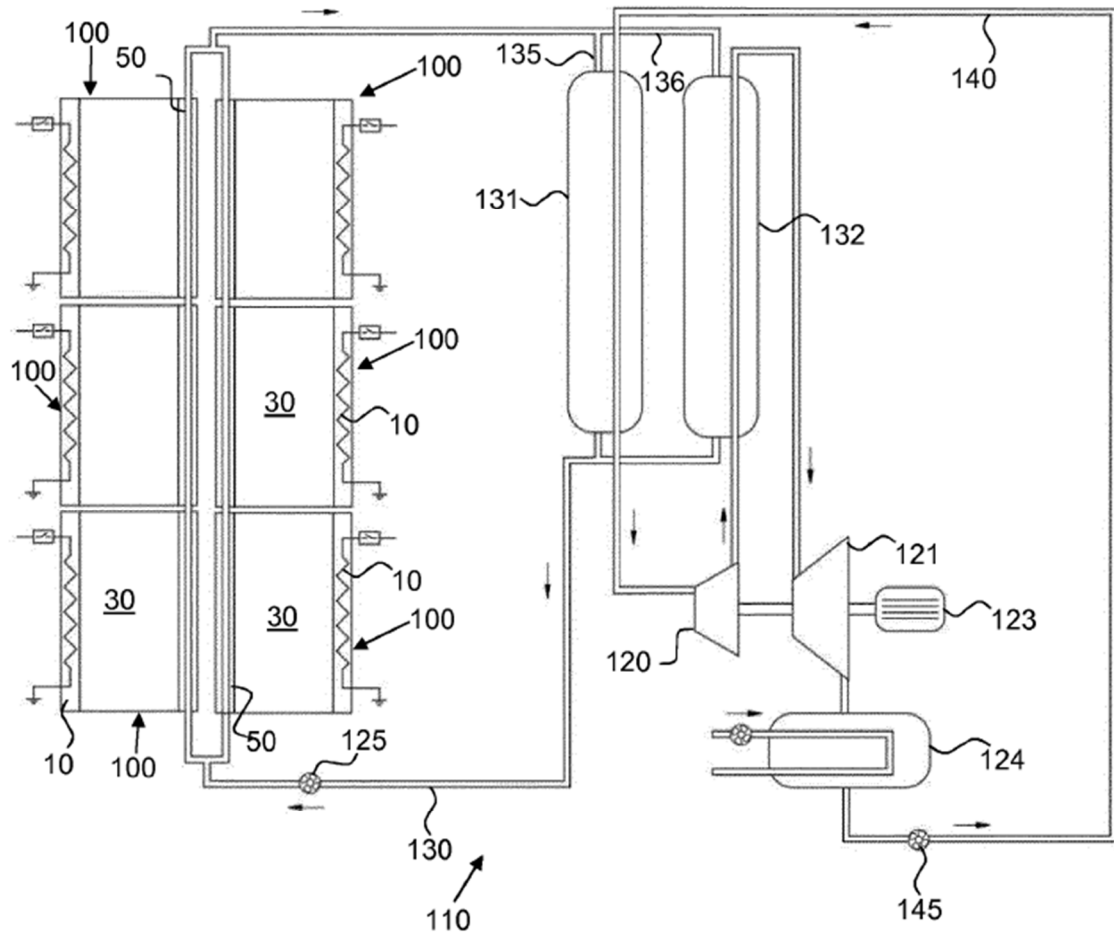


Fig. 3