

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 573**

51 Int. Cl.:

F01K 7/32 (2006.01)

F01K 19/10 (2006.01)

F01K 7/12 (2006.01)

F01K 3/14 (2006.01)

F01K 25/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.09.2021 PCT/AT2021/060317**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2022 WO22061381**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2021 E 21772942 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2024 EP 4217594**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la conversión de energía térmica**

30 Prioridad:

28.09.2020 AT 508162020

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

06.11.2024

73 Titular/es:

ENERSCALE GMBH (100.0%)

Tauchenberg 3

9542 Afritz am See, AT

72 Inventor/es:

FLEISCHER, GERHARD, P. y

OBERWALDER, HERMANN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 985 573 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

Dispositivo y procedimiento para la conversión de energía térmica

- 5 La invención se refiere a un dispositivo para la conversión de energía térmica en energía mecánica por medio de un proceso cíclico con un intercambiador de calor, un acumulador de un medio de funcionamiento, un conducto de alimentación, una turbina y un conducto de retorno con al menos un equipo de retroalimentación de acuerdo con la reivindicación 1.
- 10 La invención se refiere además a un procedimiento para la conversión de energía térmica en energía mecánica en un proceso cíclico, en donde se alimenta energía térmica a un medio de funcionamiento en un acumulador, en donde el medio de funcionamiento se evapora y/o la presión en el medio de funcionamiento se eleva, después de lo cual el medio de funcionamiento emite energía en una turbina, después de lo cual el medio de funcionamiento se reconduce al acumulador de acuerdo con la reivindicación 8.
- 15 Se conocen en particular procesos cíclicos como un proceso cíclico de Claudius-Rankine para la conversión de calor en energía mecánica y posiblemente además en energía eléctrica. En este sentido, un medio portador de energía o de funcionamiento sufre un cambio de fase, en donde se usa normalmente agua como medio de funcionamiento. Una variante del proceso cíclico de Claudius-Rankine usa un líquido de bajo punto de ebullición. También existe un modo
- 20 de funcionamiento con un estado supercrítico del medio de funcionamiento. Esto significa que no se abandona el estado supercrítico del medio de funcionamiento y, por tanto, no se produce ningún cambio de fase en el sistema, por lo que tampoco se aprovecha el efecto de condensación. Debido al circuito monofásico logrado de esta manera, se debe realizar a este respecto mucho trabajo para bombear el medio de regreso a un tanque de alimentación o acumulador, lo que va en detrimento de la eficiencia general de la instalación.
- 25 También se conoce un proceso cíclico, por ejemplo por el documento EP 3 056 694 A1, que funciona con agentes de refrigeración y presenta al menos dos recipientes a presión calentados y otra fuente de calor como bomba térmica de condensado.
- 30 El documento DE 101 26 403 A1 describe un sistema con dos recipientes a presión, en donde en cada caso en una cámara por encima del medio de funcionamiento se utiliza un gas para el almacenamiento intermedio.
- Se conocen otros motores térmicos por los documentos EP2415976 A1 y CN102817799A.
- 35 La presente invención pretende evitar las desventajas del estado de la técnica e indicar un dispositivo que permita el uso de fuentes de energía con una temperatura baja, por ejemplo a partir de 40 °C, para la generación eficiente y libre de emisiones de energía mecánica y posteriormente energía eléctrica y requiera una baja complejidad en cuanto a aparatos.
- 40 Además debe indicarse un procedimiento correspondiente.
- El primer objetivo se soluciona de acuerdo con la invención mediante un dispositivo del tipo mencionado al principio, en el que la turbina está configurada como turbina de rotor de discos.
- 45 Con un dispositivo de este tipo se pueden utilizar medios de funcionamiento que presenten un punto de ebullición bajo y, por lo tanto, también pueden absorber calor a partir de aproximadamente 40 °C, en donde puede usarse debido a ello muy favorablemente también el calor residual o la energía solar como fuente de calor. Mediante el uso de una turbina de rotor de disco, también llamada turbina de capa de fricción o turbina Tesla, se puede producir una condensación del medio de funcionamiento también en la propia turbina, con lo que se puede prescindir de un
- 50 condensador separado o un segundo recipiente a presión.
- La turbina de rotor de discos utilizada presenta habitualmente varios discos dispuestos de manera giratoria uno al lado del otro sobre un eje en una carcasa. Preferentemente, a través de una abertura de entrada en la carcasa, se conduce sobre estos discos un chorro del medio de funcionamiento, habitualmente agua, en paralelo a los discos. Mediante
- 55 una fuerza de adhesión se desplazan entonces los discos en movimiento de rotación alrededor del eje. El chorro también se frena por la fricción de los discos. Las paredes laterales de la carcasa desvían el rayo hacia una trayectoria circular, en donde los discos siguen siendo impulsados. A este respecto, la velocidad del chorro se reduce, lo que hace que el chorro se enfríe y se produzca condensación en la turbina.
- 60 Dado que mediante la condensación del medio de funcionamiento se produce una mayor viscosidad, los discos también se accionan con más fuerza. En las turbinas convencionales con palas, la condensación dañaría gravemente estas palas.
- A este respecto, como no se necesitan materiales pesados, los costes de producción también son bajos y se consigue
- 65 una larga vida útil.

El equipo de retroalimentación puede estar configurado básicamente de cualquier forma conocida por el estado de la técnica, por ejemplo como bomba.

5 Es favorable cuando la turbina configurada como turbina de rotor de discos presenta en una carcasa varios discos dispuestos de manera giratoria uno al lado del otro sobre un eje, en donde las superficies de los discos están dotadas de microestructuras. Esto permite lograr propiedades óptimas de una capa de fricción superficial para mantener el flujo laminar.

10 Ha resultado especialmente ventajoso cuando la turbina configurada como turbina de rotor de discos presenta en una carcasa varios discos dispuestos de manera giratoria uno al lado del otro sobre un eje y en la carcasa un conjunto de toberas de entrada con una geometría que permite una inyección del medio de funcionamiento entre los discos. De esta manera se pueden evitar perturbaciones del flujo y pérdidas por impactos en los lados frontales de los discos.

15 Además ha resultado favorable cuando la turbina configurada como turbina de rotor de discos presenta en una carcasa varios discos dispuestos de manera giratoria uno al lado del otro sobre un eje y en la carcasa un conjunto de toberas de entrada con una geometría que permite una generación de un chorro giratorio del medio de funcionamiento. Debido a ello se obtiene un chorro de doble hélice que mejora el efecto de la capa de fricción superficial.

20 Ventajosamente está previsto que en la turbina esté integrada una medición del ruido estructural para identificar flujos laminares y turbulentos. Con ello puede controlarse el proceso cíclico de tal manera que en la turbina se encuentre en gran medida un flujo laminar y se eviten así pérdidas por turbulencias. El control se puede realizar, por ejemplo, modificando el flujo a través de la turbina mediante un equipo de control correspondiente, en particular mediante una válvula controlable.

25 Para controlar el proceso cíclico, está previsto preferentemente que esté prevista una válvula para regular un caudal. Por ejemplo, mediante una posición de válvula se puede regular entonces un número de revoluciones de la turbina y/o una potencia eléctrica de salida. El caudal se puede regular, por ejemplo, de tal manera que en la turbina se mantenga un flujo laminar.

30 Es favorable cuando la turbina pueda conectarse, en particular esté conectada, con un generador. Esto significa que la energía mecánica obtenida se puede convertir fácilmente en electricidad, en donde para ello puede usarse calor residual no utilizado o energía solar térmica.

35 Es especialmente ventajoso cuando el generador puede integrarse, en particular está integrado, en la turbina. Esto hace que la instalación sea más compacta y puedan evitarse problemas de conexión entre la turbina y el generador.

40 Ha resultado ventajoso cuando el acumulador para el medio de funcionamiento puede conectarse con una fuente de calor a través de un intercambiador de calor situado en particular en el interior del acumulador. Esto permite transferir el calor al medio de funcionamiento de forma muy económica.

45 Preferentemente está previsto que como medio de funcionamiento se utilice CO₂. Debido a la baja temperatura de evaporación del CO₂ incluso a baja presión se puede absorber energía térmica, por ejemplo, del calor residual. El CO₂ se evapora entonces, por ejemplo, absorbiendo energía térmica en el acumulador, después de lo cual llega a través del conducto de alimentación a la turbina, en la que condensa CO₂ gaseoso con emisión de energía mecánica, después de lo cual el CO₂ líquido se transporta por medio del equipo de retroalimentación hacia el acumulador que se encuentra bajo una presión mayor que la salida de la turbina, en el que se realiza de nuevo una evaporación mediante el suministro de calor.

50 Por regla general, el medio de funcionamiento entre la salida de la turbina y el acumulador se encuentra en forma al menos parcialmente líquida, preferentemente en forma exclusivamente líquida, especialmente porque en la turbina se puede producir una condensación.

55 Se ha demostrado que el dispositivo está configurado para una presión del medio de funcionamiento sobre la turbina superior a 7400 kPa (74 bar), preferentemente superior a 10000 kPa (100 bar) para permitir en particular un estado supercrítico del medio de funcionamiento en la turbina.

60 En particular cuando se usa CO₂ como medio de funcionamiento se puede alcanzar entonces un estado supercrítico a bajas temperaturas de, por ejemplo, 40 °C, con lo que también se puede aprovechar el calor residual generado a temperaturas correspondientemente bajas. La turbina o el dispositivo está diseñado entonces preferentemente de modo que en la turbina se produzca una condensación del medio de funcionamiento desde el estado supercrítico al estado gaseoso y al estado líquido.

65 Es favorable cuando entre la turbina y el acumulador está prevista al menos una válvula y el equipo de retroalimentación está configurado para generar una fuerza sobre el medio de funcionamiento que varía con el tiempo para generar una oscilación de presión en el medio de funcionamiento. Aplicando una oscilación de fuerza o de presión al medio de funcionamiento entre la salida de la turbina y el acumulador, puede desplazarse el medio de

funcionamiento en vibración o bien en oscilación, en donde en particular se realice una oscilación en un intervalo de una frecuencia de resonancia del medio de funcionamiento y, por lo tanto, pueden conseguirse amplitudes de presión especialmente altas. Con una amplitud de presión de este tipo se puede superar una diferencia de presión entre el acumulador y la salida de la turbina, de modo que el medio puede transportarse de forma especialmente eficiente hacia el acumulador o a un nivel de presión superior, incluso si el medio se encuentra ya a partir de la salida de la turbina en forma exclusivamente líquida, es decir, si se realiza una condensación completa en la turbina. De este modo, con el dispositivo se puede realizar un procedimiento con una acción especialmente alta.

El equipo de retroalimentación puede estar configurado básicamente de varias maneras, por ejemplo como equipo electromecánico con el que se puede aplicar una fuerza o presión con una amplitud y frecuencia definidas sobre el medio de funcionamiento, por ejemplo con una membrana accionada electromagnéticamente o un pistón accionado electromagnéticamente.

Preferentemente, con el equipo de retroalimentación puede aplicarse una fuerza sobre el medio de funcionamiento con una frecuencia de más de 1 Hz, en particular de más de 10 Hz, preferentemente de más de 100 Hz, de manera especialmente preferente de más de 1000 Hz, para poder estimular una frecuencia de resonancia del medio de funcionamiento en el dispositivo.

El equipo de retroalimentación también puede presentar un equipo de medición de presión con el que puede medirse, por ejemplo, una presión en el medio de funcionamiento entre la salida de la turbina y el acumulador, para, por ejemplo, determinar de forma iterativa una frecuencia con la que existe una resonancia del medio de funcionamiento y para aplicar específicamente una excitación de fuerza con esta frecuencia al medio de funcionamiento, de modo que puedan conseguirse amplitudes de presión altas con poco esfuerzo para superar fácilmente la diferencia de presión entre el acumulador y la turbina.

Ventajosamente está previsto que el equipo de retroalimentación esté configurado como sistema de tubos de resonancia. De este modo puede desplazarse en oscilación el medio de funcionamiento de forma sencilla, preferentemente en una oscilación con una frecuencia de resonancia, y con ello puede superarse una diferencia de presión entre un conducto de retorno de la turbina y un conducto de alimentación entre el acumulador del medio de funcionamiento y la turbina.

Para evitar que el medio de funcionamiento regrese desde el acumulador hacia la salida de la turbina, habitualmente está prevista al menos una válvula entre la salida de la turbina y el acumulador, que sólo permite un flujo desde la salida de la turbina hacia el acumulador e impide un flujo hacia la dirección opuesta. Una válvula de este tipo también puede denominarse válvula unidireccional. Esta válvula también se puede utilizar para regular un caudal, aunque para ello también puede estar prevista una válvula separada u otro equipo de control.

De manera especialmente preferente está previsto que antes o después del equipo de retroalimentación esté prevista al menos una válvula para controlar la dirección del flujo del medio de funcionamiento, en donde la al menos una válvula está configurada preferentemente como válvula sin partes móviles. Esto puede respaldar la longevidad y los bajos requisitos de mantenimiento del sistema.

De manera especialmente preferente se utiliza en este sentido una denominada válvula Tesla, que no presenta partes móviles, en donde se consigue una acción de válvula debido a que un flujo a través de la válvula en diferentes direcciones presenta diferente resistencia al flujo, de modo que prácticamente sólo es posible un flujo en una dirección.

Una variante favorable es cuando el equipo de retroalimentación presenta una masa suspendida no amortiguada, por ejemplo un pistón o una membrana, en donde la masa puede estar amortiguada también alternativamente. Con una masa de este tipo en un volumen cerrado, la vibración se puede excitar y hacer resonar, en donde una amplitud se desarrolla de manera creciente y con ello puede superarse una diferencia de presión entre un conducto de retorno de la turbina y un conducto de alimentación entre el acumulador del medio de funcionamiento y la turbina.

Habitualmente, con el equipo de retroalimentación se generan en el medio de funcionamiento vibraciones u oscilaciones con una frecuencia de unos pocos Hz hasta 10 kHz. Las vibraciones se generan mediante la energía suministrada, que se utiliza, por ejemplo, para accionar cíclicamente un pistón o una membrana.

Una variante alternativa ventajosa del dispositivo consiste en que el equipo de retroalimentación presenta bobinas de campo que generan un campo magnético o electromagnético, en donde éstas pueden estar situadas en el interior de un volumen cerrado o fuera de un volumen cerrado. Mediante estas bobinas de campo, que se alimentan de energía eléctrica, puede regularse muy bien la generación de vibraciones y una resonancia, en particular si se utiliza un fluido magnético como medio de funcionamiento. Con ello puede superarse favorablemente una diferencia de presión entre un conducto de retorno de la turbina y un conducto de alimentación entre el acumulador del medio de funcionamiento y la turbina.

El volumen cerrado sobre el que actúan las bobinas de campo puede ser, por ejemplo, una sección del conducto de retorno o un conducto de conexión entre la salida de la turbina y el acumulador, para generar allí vibraciones en el

medio de funcionamiento. Para ello puede utilizarse un medio magnético como medio de funcionamiento. Como alternativa, la vibración también se puede introducir indirectamente en el medio de funcionamiento a través de un medio magnético.

5 Por tanto, las bobinas de campo pueden estar dispuestas en un conducto de retorno, que conecta la salida de la turbina y el acumulador, o fuera de este conducto de retorno, para actuar sobre un medio situado en el conducto de retorno, que está configurado preferentemente como medio magnético o bien fluido magnético. Para ello pueden añadirse al medio de funcionamiento partículas magnéticas de un tamaño de unos pocos nanómetros.

10 El otro objetivo se soluciona de acuerdo con la invención mediante un procedimiento del tipo mencionado al principio, realizándose una condensación del medio de funcionamiento en la turbina.

De este modo también se puede obtener energía de condensación, con lo que se puede alcanzar un grado de acción especialmente alto incluso a bajas temperaturas. Habitualmente se usa en este sentido una turbina de rotor de discos, también conocida como turbina de capa de fricción, turbina de capa límite o turbina Tesla.

15 Ventajosamente se utiliza CO₂ como medio de funcionamiento. Esto significa que también se pueden utilizar fuentes de calor con temperaturas muy bajas.

20 Es favorable cuando el medio de funcionamiento, en particular CO₂ absorbe la energía térmica bajo una presión de hasta 7300 kPa (73 bar), preferentemente de 6500 kPa (65 bar) a 7300 kPa (73 bar), y a este respecto se evapora. Por lo tanto, una presión en el acumulador puede ascender, por ejemplo, a 7200 kPa (72 bar), para absorber calor a una temperatura de, por ejemplo, 40 °C mientras se evapora el medio de funcionamiento. Una presión a la salida de la turbina suele ser menor que en el acumulador. Por ejemplo, el medio de funcionamiento a la salida de la turbina puede estar en forma líquida a una presión de aproximadamente 6400 kPa (64 bar) y 20 °C.

30 Como alternativa o de manera complementaria puede estar previsto que el medio de funcionamiento alcance un estado supercrítico, en particular con una presión superior a 7400 kPa (74 bar), preferentemente con una presión superior a 10.000 kPa (100 bar), y en la turbina se realice una condensación del estado supercrítico al estado gaseoso y se convierta en estado líquido. Esto es posible en particular en caso del uso de CO₂ como medio de funcionamiento ya a temperaturas comparativamente bajas, de modo que en este caso puede aprovecharse el calor residual generado a bajas temperaturas.

35 Incluso cuando se alcanza un estado supercrítico está previsto que en la turbina se produzca una condensación completa del medio de funcionamiento en el estado líquido, dado el caso también al menos parcialmente en el estado sólido.

40 Si se miden la presión y la temperatura en un conducto de retorno y se comparan con una presión y una temperatura en un conducto de alimentación, en donde se regula un caudal del medio de funcionamiento en el conducto de retorno mediante una válvula dispuesta en el conducto de retorno, puede conseguirse de manera especialmente favorable un control de carga muy bueno con al mismo tiempo una complejidad baja. Para ello, el caudal se regula habitualmente mediante una válvula, que está dispuesta preferentemente entre la salida de la turbina y el acumulador.

45 Es ventajoso cuando el medio de funcionamiento se reconduce desde la turbina al acumulador mientras se aumenta la presión del medio de funcionamiento mediante un equipo de retroalimentación, con el que se aplica una fuerza que cambia temporalmente sobre el medio de funcionamiento.

50 Habitualmente, en un conducto de retorno entre la salida de la turbina y el acumulador está prevista una válvula, de modo que con cada oscilación de presión en la que una amplitud supera la presión en el acumulador, se transporta medio de funcionamiento hacia el acumulador, sin embargo debido a la válvula no hay flujo de retorno desde el acumulador hacia la salida de la turbina.

55 De este modo puede superarse fácilmente una diferencia de presión entre la turbina y el acumulador, de modo que se consigue un grado de acción especialmente alto y también es posible aprovechar el calor residual a una temperatura de, por ejemplo, 40 °C. Ha resultado especialmente ventajoso que el medio de funcionamiento se desplace en oscilación mediante el equipo de retroalimentación, en particular en una oscilación con una frecuencia de resonancia del medio de funcionamiento. Con ello puede superarse de manera especialmente favorable y sencilla la diferencia de presión entre un conducto de retorno de la turbina y un conducto de alimentación entre el acumulador del medio de funcionamiento y la turbina. El medio de funcionamiento se encuentra habitualmente en forma exclusivamente líquida en una zona del equipo de retroalimentación, por lo que una frecuencia de resonancia se encuentra por regla general en más de 1 kHz.

65 Para generar una oscilación favorable del medio de funcionamiento se han proporcionado mediante un sistema de tubos de resonancia, una masa suspendida y dado el caso amortiguada o mediante un fluido magnético, que se desplaza en vibración mediante un campo magnético alterno. Para generar las vibraciones se usa por regla general energía externa, en donde las vibraciones pueden generarse naturalmente también con energía que se genera por

medio de la turbina o de un generador conectado con la turbina.

Otras características, ventajas y acciones de la invención se obtienen por medio de los ejemplos de realización descritos a continuación. En los dibujos a los que se hace referencia a este respecto, muestran:

- 5
 10
 15
 20
- Figura 1 un dispositivo de acuerdo con la invención;
 - Figura 2 un dispositivo de acuerdo con la invención con un sistema de tubos de resonancia;
 - Figura 3 un dispositivo de acuerdo con la invención con una masa suspendida y no amortiguada;
 - Figura 4 un dispositivo de acuerdo con la invención con una masa suspendida y amortiguada;
 - Figura 5 un dispositivo de acuerdo con la invención con bobinas de campo dentro de un volumen cerrado;
 - Figura 6 un dispositivo de acuerdo con la invención con bobinas de campo fuera de un volumen cerrado.

La figura 1 muestra un esquema de un dispositivo 1 de acuerdo con la invención para llevar a cabo un proceso cíclico de acuerdo con la invención, en donde el calor se convierte en energía mecánica y además en energía eléctrica.

El dispositivo 1 consta esencialmente de una turbina 2, un acumulador 3 para el medio de funcionamiento, un intercambiador de calor 4, un conducto de alimentación 5 entre el acumulador 3 y la turbina 2 para transportar un medio de funcionamiento desde el acumulador 3 hacia la turbina 2, un conducto de retorno 6 después de la turbina 2, para transportar el medio de funcionamiento de regreso desde una salida de la turbina hacia el acumulador 3, una válvula 7 para regular un flujo.

Además está previsto un sensor de presión 8 con el que se puede controlar la válvula 7.

Para transportar el medio de funcionamiento desde la salida de la turbina al acumulador 3, en donde en el acumulador 3 impera una presión mayor que en la salida de la turbina, está previsto un equipo de retroalimentación 9 en el conducto de retorno 6.

Como medio de funcionamiento se usa preferentemente CO₂, dado que presenta un punto de ebullición bajo. El punto crítico se encuentra en 31 °C y 7390 kPa (73,9 bar). Se realiza una transición de fase entre líquido y gaseoso en caso de CO₂ ya con una presión de aproximadamente 7200 kPa (72 bar) a una temperatura de sólo 30 °C, lo que permite aprovechar una transición de fase para absorber y liberar energía, incluso cuando se suministra calor a bajas temperaturas. Por ejemplo, el medio de funcionamiento en el acumulador puede estar a una presión de 7200 kPa (72 bar), en donde por medio del intercambiador de calor se suministra calor residual a una temperatura de 40 °C, en donde el medio de funcionamiento se evapora, después de lo cual se expande en la turbina hasta una presión de aproximadamente 6400 kPa (64 bar), a este respecto se enfría hasta una temperatura ambiente de, por ejemplo, 20 °C y se condensa completamente, en donde se emite trabajo a través de la turbina.

Como alternativa también puede estar previsto que el medio de funcionamiento esté presente en el acumulador (3) con una presión superior a 7400 kPa (74 bar), por ejemplo a aproximadamente 10000 kPa (100 bar), y alcance mediante suministro de calor un estado supercrítico, desde el que se condensa completamente en la turbina (2) a un estado gaseoso y simultáneamente o a continuación se condensa a un estado líquido.

En condiciones de presión adecuadas en el dispositivo (1) también puede estar previsto que en la turbina se realice una transición de fase al menos parcial del medio de funcionamiento a un estado sólido, por ejemplo a una temperatura de 20 °C, de modo que se formen partículas de hielo seco, que debido al uso de una turbina de rotor de discos tampoco son problemáticos para la turbina (2). Esto significa que el calor generado a una temperatura baja de, por ejemplo, sólo 40 °C se puede utilizar para generar electricidad.

Naturalmente también se pueden utilizar otros medios de funcionamiento, como por ejemplo refrigerantes, por ejemplo R744 o R134a.

El calor de una fuente de calor 10 se suministra al medio de funcionamiento a través de un intercambiador de calor 4 dispuesto en el acumulador 3. A este respecto puede utilizarse energía primaria, sin embargo preferentemente calor residual, por ejemplo de un proceso industrial con una temperatura de aproximadamente 40 °C. Sin embargo, también se pueden utilizar fuentes de calor 10 con una temperatura más baja. La energía solar también se puede utilizar con ello de forma especialmente favorable.

Como turbina 2 se utiliza una turbina de rotor de discos. Esto también se conoce como turbina de capa de fricción, turbina de capa límite 2 o turbina Tesla 2. Esta turbina de rotor de discos presenta varios discos dispuestos de manera giratoria uno al lado del otro sobre un eje, que están dispuestos en una carcasa con paredes laterales, una abertura de entrada y una abertura de salida. De manera paralela a los discos, a través de la abertura de entrada se conduce un chorro del medio de funcionamiento, hasta ahora generalmente agua, sobre estos discos. Una fuerza de adhesión hace que los discos se desplacen en movimiento alrededor del eje. El chorro se frena por la fricción. Las paredes laterales desvían el chorro hacia una trayectoria circular y a este respecto continúan impulsando los discos. Dado que sólo los cojinetes del eje deben presentar tolerancias bajas y no se requieren materiales pesados, los costos de producción son bajos y se puede esperar una larga vida útil. Dado que mediante la condensación del medio de

funcionamiento en la turbina 2 se produce una mayor viscosidad, los discos también se accionan con más fuerza. En las turbinas 2 convencionales con palas, la condensación dañaría gravemente estas palas. A continuación se genera energía reduciendo la presión del medio de funcionamiento en la turbina 2.

- 5 Para controlar el proceso cíclico, se miden la presión y la temperatura en la salida de la turbina en el conducto de retorno 6 y se comparan con la presión y la temperatura en el conducto de alimentación 5. Entonces, el proceso cíclico puede regularse a través de una válvula 7 dispuesta en el conducto de retorno 6 para regular el caudal. Esto permite un muy buen control de carga con una baja complejidad al mismo tiempo.
- 10 A continuación, el medio de funcionamiento se alimenta después de la válvula 7 a un equipo de retroalimentación 9, que en este caso está configurado como bomba.

En los ejemplos de realización mostrados en la figura 2 a la figura 6, el equipo de retroalimentación 9 está configurado para desplazar en vibraciones el medio de funcionamiento para superar una diferencia de presión entre la salida de la turbina y el acumulador 3.

15 La figura 2 muestra un dispositivo 1 de acuerdo con la invención con un equipo de retroalimentación 9 configurado como tubo de resonancia 11. En este caso, una columna de fluido del medio de funcionamiento puede oscilar en un volumen 12 en forma similar a un tubo y debido a ello puede estar, por ejemplo, en resonancia natural y con ello, en combinación con una válvula, puede superar la diferencia de presión entre el conducto de retorno 6 de la turbina 2 y el conducto de alimentación 5 entre el acumulador 3 para el medio de funcionamiento y la turbina 2. La excitación de vibraciones puede realizarse, por ejemplo, a través de una membrana accionada electromagnéticamente.

20 En la figura 3 está representada otra variante de un dispositivo 1 de acuerdo con la invención con una masa suspendida 13. En este caso, con esta masa 13, que puede ser una membrana, por ejemplo también un pistón, dentro de un volumen 12 cerrado, se estimulan las vibraciones en el medio de funcionamiento y se lleva a resonancia el medio de funcionamiento en el volumen, lo que provoca que la amplitud aumente correspondientemente. En el estado de resonancia sólo se necesita una fracción de la energía de excitación utilizada originalmente, lo que conduce a un grado de acción mejorado y garantiza un transporte especialmente eficiente del medio de funcionamiento hacia el acumulador 3. En este caso el volumen 12 cerrado está representado como un cilindro en el que la masa 13 puede oscilar mediante un resorte 14. Las vibraciones se generan a este respecto utilizando energía externa, por ejemplo energía electromecánica.

25 La figura 4 muestra un dispositivo 1 similar al mostrado en la figura 3. En este caso, sin embargo, mediante un amortiguador 15 se evita que la masa 13 tenga amplitudes excesivas, que podrían tener efectos negativos en el sistema. Sin embargo, en este caso también se puede superar fácilmente una diferencia de presión entre el conducto de retorno 6 de la turbina 2 y el conducto de alimentación 5 entre el acumulador 3 para el medio de funcionamiento y la turbina 2.

30 En la figura 5 se muestra otra posibilidad para generar una oscilación. En este caso, la oscilación se genera mediante un fluido magnético, que se desplaza en vibraciones mediante bobinas de campo 16, en donde con las bobinas de campo 16 puede generarse un campo electromagnético alterno.

35 Para controlar la dirección del flujo del medio de funcionamiento está prevista en este caso una válvula unidireccional 17 adicional entre la válvula 7, que sirve en este caso únicamente para regular el caudal, y el equipo de retroalimentación 9. Como alternativa, la dirección del flujo en el dispositivo 1 también puede garantizarse, por supuesto, mediante una válvula 7 configurada correspondientemente, de modo que no se necesita ninguna válvula unidireccional 17 adicional.

40 Naturalmente, la válvula unidireccional 17, al igual que la válvula 7, también puede estar prevista después del equipo de retroalimentación 9 o entre el equipo de retroalimentación 9 y el acumulador 3.

En la variante de acuerdo con la figura 5, las bobinas de campo 16 están dispuestas dentro de un volumen 12 cerrado.

45 En la figura 6 se muestra una variante similar, en donde en este caso, a diferencia de la figura 5, las bobinas de campo 16 están dispuestas fuera del volumen 12 cerrado, por ejemplo de un cilindro. Después de que el campo electromagnético generado con las bobinas de campo 16 pueda penetrar en el volumen 12, en este caso también es posible una excitación vibratoria del fluido magnético.

50 Con el dispositivo 1 descrito anteriormente y el procedimiento de acuerdo con la invención puede convertirse el calor residual no utilizado hasta ahora en energía eléctrica en condiciones económicamente favorables. A este respecto, por ejemplo, el calor residual industrial en un intervalo de temperatura de aproximadamente 40 °C a más de 300 °C puede utilizarse para generar electricidad. El calor solar también se puede utilizar para generar electricidad adicional. Dado que el sistema es esencialmente autónomo, también se puede utilizar de forma económica y ventajosa en zonas remotas sin conexión a otras líneas de suministro de energía.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para la conversión de energía térmica en energía mecánica por medio de un proceso cíclico con un intercambiador de calor (4), un acumulador (3) de un medio de funcionamiento, un conducto de alimentación (5), una
5 turbina (2) y un conducto de retorno (6) con al menos un equipo de retroalimentación (9), **caracterizado por que** la turbina (2) está configurada como turbina de rotor de discos con condensación completa del medio de funcionamiento, por lo que puede prescindirse de un condensador separado.
2. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, en donde la turbina (2) configurada como turbina de rotor de discos presenta
10 en una carcasa varios discos dispuestos de manera giratoria uno al lado del otro sobre un eje, en donde las superficies de los discos están dotadas de microestructuras.
3. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, en donde la turbina (2) configurada como turbina de rotor de discos presenta
15 en una carcasa varios discos dispuestos de manera giratoria uno al lado del otro sobre un eje y en la carcasa un conjunto de toberas de entrada con una geometría que permite una inyección del medio de funcionamiento entre los discos.
4. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, en donde la turbina (2) configurada como turbina de rotor de discos presenta
20 en una carcasa varios discos dispuestos de manera giratoria uno al lado del otro sobre un eje y en la carcasa un conjunto de toberas de entrada con una geometría que permite una generación de un chorro giratorio del medio de funcionamiento.
5. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en donde entre la turbina (2) y el acumulador (3) está prevista
25 al menos una válvula (7) y el equipo de retroalimentación (9) está configurado para la generación de una fuerza que cambia temporalmente sobre el medio de funcionamiento para generar una oscilación de presión en el medio de funcionamiento, en donde está previsto preferentemente que el equipo de retroalimentación (9) esté configurado como tubo de resonancia (11).
6. Dispositivo (1) según la reivindicación 5, en donde el equipo de retroalimentación (9) presenta bobinas de campo
30 (16) que generan un campo magnético.
7. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la al menos una válvula (7) está dispuesta entre
una salida de la turbina y el acumulador (3), lo que permite un flujo del medio de funcionamiento desde la salida de la
35 turbina hacia el acumulador (3) y lo impide en sentido contrario, en donde está previsto preferentemente que la al menos una válvula (7) esté configurada como válvula (7) sin piezas móviles, en particular como válvula Tesla.
8. Procedimiento para la conversión de energía térmica en energía mecánica en un proceso cíclico, con un dispositivo
40 (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la energía térmica se alimenta a un medio de funcionamiento en un acumulador (3), en donde el medio de funcionamiento se evapora y/o la presión en el medio de funcionamiento se eleva, después de lo cual el medio de funcionamiento emite energía en una turbina (2), después de lo cual el medio de funcionamiento se reconduce al acumulador (3), **caracterizado por que** en la turbina (2) se realiza una condensación completa del medio de funcionamiento, de manera que puede suprimirse un condensador separado.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en donde el medio de funcionamiento alcanza un estado supercrítico, en
45 particular con una presión superior a 7400 kPa (74 bar), preferentemente con una presión superior a 10.000 kPa (100 bar), y en la turbina se realiza una condensación del estado supercrítico a un estado gaseoso y a un estado líquido.
10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, en donde se miden la presión y la temperatura en un conducto de
50 retorno (6) y se comparan con una presión y una temperatura en un conducto de alimentación (5), en donde se regula un caudal del medio de funcionamiento en el conducto de retorno (6) mediante una válvula (7) dispuesta en el conducto de retorno (6).
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 10, en donde se realiza una reconducción del medio de
55 funcionamiento desde la turbina (2) hacia el acumulador (3) con aumento de la presión del medio de funcionamiento por medio del equipo de retroalimentación (9), con el que se aplica una fuerza variable temporalmente sobre el medio de funcionamiento.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 11, en donde el medio de funcionamiento se desplaza en
60 oscilación, en particular en resonancia, mediante el equipo de retroalimentación (9), en donde está previsto preferentemente que la oscilación del medio de funcionamiento se genere mediante un tubo de resonancia (11).
13. Procedimiento según la reivindicación 12, en donde la oscilación del medio de funcionamiento se genera mediante
una masa (13) suspendida por resorte.
- 65 14. Procedimiento según la reivindicación 13, en donde la masa (13) se amortigua.

15. Procedimiento según la reivindicación 12, en donde el medio de funcionamiento presenta un fluido magnético o está formado por un fluido magnético y la oscilación se genera mediante un campo magnético alterno.



