

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 955**

51 Int. Cl.:

**F01K 25/04** (2006.01)

**F01K 25/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2007 PCT/EP2007/062147**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2009 WO09030283**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2007 E 07822436 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 2188499**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la transformación de la energía térmica de una fuente de calor de baja temperatura en energía mecánica**

30 Prioridad:

**31.08.2007 DE 102007041457**

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

**17.04.2017**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**LENGERT, JÖRG;  
LENGERT, MARTINA;  
RUHSLAND, KATHRIN y  
WEINBERG, NORBERT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 608 955 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 y dispositivo para la transformación de la energía térmica de una fuente de calor de baja temperatura en energía mecánica

5 La invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la transformación de la energía térmica de una fuente de baja temperatura en energía mecánica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 o de la reivindicación 5. Un procedimiento de este tipo o un dispositivo de este tipo se conocen, por ejemplo, por el documento US 7.093.503 B1 y por el documento DE10361223 A1.

10 Para el uso de la energía térmica de fuentes de fuentes de calor de baja temperatura tales como, por ejemplo, de fuentes geotérmicas, fuentes de calor de escape gaseosas, en forma de vapor o líquidas o de la energía solar, ya se conoce no evaporar, sino solo calentar en un circuito un agente activo mediante la fuente de calor. Mediante la supresión de la evaporación puede usarse normalmente la energía térmica necesaria para la evaporación del agente activo, por ejemplo puede calentarse un flujo másico claramente mayor de agente activo. En este sentido, para fuentes de baja temperatura en el intervalo de temperatura de menos de 400 °C pueden alcanzarse claras ventajas de rendimiento frente a circuitos con una evaporación del agente activo.

15 En el caso de un circuito conocido por el documento US 7.093.503 B1 se lleva en una primera etapa un agente activo líquido con una bomba hasta una presión aumentada. En una segunda etapa se calienta el agente activo líquido aumentado en presión en un intercambiador de calor mediante transmisión de calor desde una fuente de baja temperatura sin que se evapore. En una tercera etapa se descomprime el agente activo líquido calentado en una turbina bifásica, generándose mediante evaporación parcial del agente activo un agente activo descomprimido y  
20 parcialmente evaporado con una fase líquida y una fase en forma de vapor y se transforma energía térmica del agente activo en energía mecánica.

25 La turbina bifásica presenta para ello inmediatamente en su entrada boquillas en las que el agente activo se expande mediante un incremento de volumen de una presión de entrada mayor a una presión de salida menor, por lo que se evapora parcialmente el agente activo. El chorro de agua-vapor originado de esta manera se conduce hacia palas de turbina de la turbina, mediante las que la energía cinética del chorro de agua-vapor se transforma en energía mecánica de un eje de rotor. El eje de rotor está unido a su vez con un generador, a través del que se transforma la energía mecánica del eje de rotor en energía eléctrica.

30 El agente activo bifásico que abandona la turbina se suministra a continuación a un condensador. En el condensador se condensa entonces en una cuarta etapa la fase en forma de vapor del agente activo descomprimido y parcialmente evaporado y, por tanto, se genera el agente activo líquido mencionado al principio. Este se suministra a la bomba ya mencionada y, por tanto, se cierra el circuito. Un diagrama T-S representado en la Figura 2 ilustra el procedimiento cíclico que a este respecto termina. A este respecto, SL denomina la curva de ebullición, TL la curva de rocío y K el punto crítico del agente activo. El agente activo se calienta a lo largo de la línea de ebullición SL desde el punto A hasta el punto B en las proximidades del punto crítico K, se descomprime desde el punto B hacia el  
35 punto C con una evaporación parcial y se condensa desde el punto C hacia el punto A.

40 Por el documento WO 2005/031123 A1 se conoce, además, suministrar una mezcla bifásica que abandona una turbina bifásica a un separador para separar la fase en forma de vapor de la fase líquida. La fase en forma de vapor sigue expandiéndose a continuación en una turbina de vapor para generar energía mecánica adicional. El vapor descomprimido que abandona la turbina de vapor se suministra a un condensador, se condensa en el mismo, se lleva a continuación por medio de una bomba hasta una presión aumentada y después se combina con la fase líquida de la mezcla bifásica separada en el separador. La corriente de agente activo originada en este sentido se bombea a continuación con ayuda de otra bomba en un intercambiador de calor calentándose mediante transmisión de calor desde una fuente de baja temperatura. Al condensador se suministra, por tanto, solo el vapor de escape de la turbina de vapor, aunque no la mezcla bifásica de la turbina bifásica. Este circuito se caracteriza, en concreto, por  
45 un rendimiento muy bueno, aunque también por una complejidad y costes de inversión claramente mayores.

En el caso de un circuito conocido por el documento EP 0 485 596 A1 se suministra igualmente solo un agente activo líquido calentado, es decir no uno evaporado, a un equipo de descompresión y se evapora parcialmente en el mismo. La mezcla de agua-vapor que abandona el equipo de descompresión se suministra después a un separador que sirve únicamente para medir las proporciones de líquido en el vapor.

50 Si en el circuito explicado al principio se suministra al condensador la mezcla bifásica que abandona la turbina, debido a los componentes de líquido puede producirse una erosión del condensador, por lo que se acorta la vida útil del condensador.

Por tanto, es objetivo de la presente invención perfeccionar un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un dispositivo de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 5 de tal modo que pueda

impedirse de manera segura una erosión del condensador sin que se aumente de manera considerable la complejidad del circuito.

5 El procedimiento de acuerdo con la invención prevé que en el agente activo descomprimido y parcialmente evaporado inmediatamente antes del condensador se separe la fase líquida de la fase en forma de vapor. Solo la fase en forma de vapor se suministra al condensador para la condensación. La fase en forma de vapor condensada (es decir, entonces líquida) y la fase líquida separada se combinan después del condensador, pero antes de la etapa 1, es decir del aumento de la presión del agente activo líquido, para la generación del agente activo líquido. La fase líquida se hace pasar, por tanto, por el condensador, por lo que puede impedirse una erosión del condensador. Para 10 ello se hace pasar únicamente un separador para la separación de la fase líquida de la fase en forma de vapor, un conducto de derivación para la conducción de la fase líquida por el condensador y es necesaria una combinación para la combinación de la fase líquida (separada) y la fase en forma de vapor condensada (es decir, entonces líquida). Por tanto, la complejidad del circuito se aumenta solo de manera insignificante.

15 El tamaño de gotitas de la fase líquida en la fase en forma de vapor del agente activo después de la descompresión depende de la presión del agente activo en el condensador. Cuanto mayor es la presión del agente activo en el condensador y, con ello, en la salida del equipo de descompresión, más pequeñas son las gotitas. Cuanto más pequeñas son, a su vez, las gotitas, menor es el riesgo de erosión que parte de las gotitas. Por otro lado, no obstante, cuando la presión del agente activo aumenta en el condensador y en la salida del equipo de descompresión, disminuye la energía mecánica que puede generarse mediante transformación de energía térmica mediante el equipo de descompresión.

20 Preferentemente se ajusta, por tanto, la presión del agente activo durante la condensación a un óptimo entre un tamaño lo más pequeño posible de gotitas de la fase líquida en la fase en forma de vapor del agente activo y una energía mecánica generada lo más grande posible en la etapa 3. Por tanto, se reduce de manera precisa la energía mecánica genera para evitar una erosión del condensador. Debido a la enorme ventaja de rendimiento condicionada por el calentamiento, en lugar de la evaporación del agente activo por la fuente de calor de baja temperatura pueden 25 alcanzarse, no obstante, además, claras ventajas de rendimiento frente a circuitos convencionales con una evaporación del agente activo por la fuente de calor de baja temperatura.

30 De acuerdo con una configuración especialmente ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención se efectúa la combinación de la fase en forma de vapor condensada (es decir, entonces líquida) y la fase líquida (separada) en un acumulador de agente activo. Debido a que un acumulador de este tipo está presente de por sí en muchos circuitos, puede renunciarse a un elemento constructivo adicional para la combinación de las dos fases.

En este caso pueden alcanzarse rendimientos especialmente buenos cuando la fuente de baja temperatura presenta una temperatura de menos de 400 °C.

35 El dispositivo de acuerdo con la invención presenta un separador para la separación de la fase líquida de la fase en forma de vapor del agente activo descomprimido y parcialmente evaporado, estando dispuesto el separador en dirección de flujo del agente activo inmediatamente antes del condensador. Una combinación sirve para combinar la fase líquida (separada) y la fase en forma de vapor condensada (es decir, entonces líquida) del agente activo descomprimido y parcialmente evaporado, estando dispuesta la combinación en dirección de flujo del agente activo antes de la bomba. El separador está unido con el condensador para el suministro de la fase en forma de vapor al condensador. La combinación está unida con el separador para el suministro de la fase líquida (separada) a la 40 combinación y con el condensador para el suministro de la fase en forma de vapor condensada (es decir, entonces líquida) a la combinación. Las ventajas mencionadas para el procedimiento de acuerdo con la invención se aplican de manera correspondiente para el dispositivo de acuerdo con la invención.

45 De manera preferente puede ajustarse la presión del agente activo en el condensador a un óptimo entre un tamaño lo más pequeño posible de gotitas de la fase líquida en la fase en forma de vapor del agente activo y una energía mecánica generada lo más grande posible en el equipo de descompresión.

De acuerdo con una configuración especialmente ventajosa, la combinación está configurada como un acumulador de agente activo.

50 De manera ventajosa están dispuestas en el equipo de descompresión para la descompresión del agente activo calentado en dirección de flujo del agente activo una boquilla y una turbina la una a continuación de la otra. En la boquilla puede expandirse el agente activo mediante un incremento de volumen de una presión de entrada mayor a una presión de salida menor, por lo que se evapora parcialmente el agente activo. El chorro de agua-vapor originado en este sentido puede conducirse entonces hacia las palas de turbina de la turbina, mediante el que se transforma la energía cinética del chorro de agua-vapor en energía mecánica de un eje rotor. En lugar de solo una única boquilla pueden estar dispuestos en la entrada de la turbina, por ejemplo en una configuración anular, también varias 55 boquillas a través de las que puede fluir en paralelo el agente activo.

La boquilla y la turbina pueden formar en este sentido también una única unidad estructural, es decir, las boquillas están dispuestas inmediatamente en la entrada de la turbina.

La invención así como otras configuraciones ventajosas de la invención de acuerdo con las características de las reivindicaciones dependientes se explican en más detalle a continuación mediante ejemplos de realización en las figuras. Aquí muestran:

5 la Figura 1 un circuito de un dispositivo de acuerdo con la invención en representación esquemática simplificada y

la Figura 2 un diagrama T-S de un circuito conocido por el estado de la técnica con un calentamiento (sin evaporación) de un agente activo por una fuente de baja temperatura.

10 Un dispositivo 1 de acuerdo con la invención para la transformación de la energía térmica de una fuente de calor de baja temperatura en energía mecánica comprende un circuito termodinámico en el que están dispuestos en dirección de flujo de un agente activo unos a continuación de otros un intercambiador de calor 2, un equipo de descompresión 3, un separador 7, un condensador 8, un acumulador de agente activo en forma de un depósito de condensado 9 y una bomba 10.

15 En el caso de la fuente de calor de baja temperatura se trata de una fuente de calor con una temperatura de menos de 400 °C. Por ejemplo, para fuentes de calor de este tipo son fuentes geotérmicas (agua térmica), fuentes de calor de escape industriales (por ejemplo, calor de escape de instalaciones de la industria del acero, del vidrio o del cemento) así como la energía solar.

20 Para temperaturas de menos de 300 °C se usa como agente activo, por ejemplo, un líquido de refrigeración de tipo R134 y para temperaturas de más de 300 °C se usa, por ejemplo, un líquido de refrigeración de tipo R245. La bomba 10 sirve para bombear el agente activo líquido hasta una presión aumentada.

25 El intercambiador de calor 2 sirve para el calentamiento del agente activo líquido aumentado en presión del circuito mediante transmisión de calor desde la fuente de calor de baja temperatura 20 al agente activo sin evaporación del agente activo, es decir, el agente activo solo se calienta, y no se evapora, en el intercambiador de calor 2. A través del intercambiador de calor se hace fluir para ello sobre un lado primario la fuente de calor de baja temperatura 20, por ejemplo un agua geotérmica caliente, y sobre su lado secundario el agente activo aumentado en presión. Un conducto 11 une el lado secundario del intercambiador de calor 2 con el equipo de descompresión 3. El agente activo está presente, además, como líquido en la entrada de lado secundario del intercambiador de calor 2 durante la entrada en el conducto 11.

30 El equipo de descompresión 3 sirve para la descompresión del agente activo líquido calentado, pudiendo generarse en el equipo de descompresión 3 mediante evaporación parcial del agente activo líquido calentado un agente activo descomprimido y parcialmente evaporado, con una fase líquida y una fase en forma de vapor y pudiendo transformarse energía térmica del agente activo líquido calentado en energía mecánica. El equipo de descompresión 3 comprende para ello una boquilla 4 y una turbina 5, que están dispuestas la una a continuación de la otra en dirección de flujo del agente activo. La boquilla y la turbina pueden formar en este sentido una única unidad constructiva, es decir, la boquilla 4 está dispuesta inmediatamente en la entrada de la turbina 5. En lugar de solo una única boquilla 4 pueden estar dispuestas en la entrada de la turbina 5, por ejemplo en una configuración anular, también varias boquillas 4 a través de las que puede fluir en paralelo el agente activo.

40 La turbina 5 está unida por el lado de salida a través de un conducto 12 con el separador 7. El separador 7 sirve para la separación de la fase líquida de la fase en forma de vapor del agente activo parcialmente evaporado en el equipo de descompresión 3. El separador 7 está dispuesto en dirección de flujo del agente activo inmediatamente antes del condensador 8 y unido a través de un conducto 13 con el condensador 8 para el suministro de la fase en forma de vapor al condensador 8 y a través de un conducto 14 con el depósito de condensado 9 para el suministro de la fase líquida al depósito de condensado 9.

45 El condensador 8 sirve para generar el agente activo líquido mediante condensación del agente activo parcialmente evaporado.

50 El depósito de condensado 9 sirve para combinar la fase líquida y la fase en forma de vapor condensada (es decir, entonces líquida) del agente activo parcialmente evaporado. El depósito de condensado 9 está dispuesto en dirección de flujo del agente activo después del condensador 8 y antes de la bomba 10 y unido a través de un conducto 14 con el separador 7 para el suministro de la fase líquida y a través de un conducto 15 con el condensador 8 para el suministro de la fase en forma de vapor condensada al depósito de condensado 9.

Durante el funcionamiento del dispositivo 1, en una primera etapa se lleva agente activo líquido desde el depósito de

## ES 2 608 955 T3

condensado 9 mediante la bomba 10 hasta una presión aumentada y se bombea en el intercambiador de calor 2.

En una segunda etapa se calienta el agente activo líquido aumentado en presión en el intercambiador de calor 2 mediante transmisión de calor desde la fuente de calor de baja temperatura 20 que fluye atravesando por el lado primario el intercambiador de calor 2 al agente activo sin que se evapore.

- 5 En una tercera etapa se descomprime en el equipo de descompresión 3 el agente activo líquido calentado, evaporándose parcialmente el agente activo y transformándose su energía térmica en energía mecánica. Mediante el equipo de descompresión 3 se genera, por tanto, un agente activo descomprimido y parcialmente evaporado con una fase líquida y una fase en forma de vapor. Para ello se expande el agente activo líquido calentado suministrado a través del conducto 11 de la boquilla 4 en la boquilla 4 y de esta manera se evapora parcialmente. La energía
- 10 cinética del chorro de agua-vapor originado de esta manera se transforma en la turbina 5 en energía mecánica de un eje de rotor y, con ello, se acciona un generador 6 que transforma la energía mecánica a su vez en energía eléctrica.

El agente activo descomprimido y parcialmente evaporado generado en la tercera etapa y que abandona la turbina 5 en forma de una mezcla bifásica (vapor/líquido) se suministra a través de un conducto 12 al separador 7 separándose la fase en forma de vapor de la fase líquida de la mezcla bifásica.

- 15 Solo la fase en forma de vapor se suministra a través del conducto 13 al condensador 8. En el condensador 8 se condensa la fase en forma de vapor mediante una refrigeración, por ejemplo mediante una refrigeración directa, refrigeración por aire, refrigeración híbrida o refrigeración de agua y se suministra la fase en forma de vapor condensada (es decir, entonces líquida) a través del conducto 15 al depósito de condensado 9.

- 20 La fase líquida separada se hace pasar, en cambio, a través del conducto 14 por el condensador 8 y solo después, aunque aún antes de la bomba 10 y, por tanto, antes de la primera etapa, se combina con la fase en forma de vapor condensada (es decir, entonces líquida) en el depósito de condensado 9.

El agente activo líquido procedente del depósito de condensado 9 se lleva con ayuda de la bomba 10 hasta una presión aumentada y se bombea en el intercambiador de calor 2, por lo que se cierra el circuito.

- 25 Mediante la separación de la fase líquida de la fase gaseosa de la mezcla bifásica que abandona la turbina 5 en el separador 7 y la conducción posterior de la fase líquida pasando por el condensador 8 directamente hacia el depósito de condensado 9 puede impedirse una erosión del condensador 8.

- 30 La presión del agente activo en el condensador 8 está ajustada en la tercera etapa en este sentido a un óptimo entre un tamaño lo más pequeño posible de gotitas de la fase líquida en la fase en forma de vapor del agente activo y una energía mecánica generada lo más grande posible. En este sentido aún puede seguir reduciéndose una erosión del condensador.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la transformación de la energía térmica de una fuente de calor de baja temperatura (20) en energía mecánica en un circuito cerrado con las siguientes etapas:

- 5 - etapa 1: aumentar la presión de un agente activo líquido,
- etapa 2: calentar el agente activo líquido aumentado en presión mediante transmisión de calor desde la fuente de calor de baja temperatura (20) al agente activo sin evaporación del agente activo,
- etapa 3: descomprimir el agente activo líquido calentado, generándose mediante evaporación parcial del agente activo un agente activo descomprimido y parcialmente evaporado con una fase en forma de vapor y una fase líquida y transformándose la energía térmica del agente activo en energía mecánica,
- 10 - etapa 4: condensar la fase en forma de vapor generada en la etapa 3 en un condensador (8) para la generación del agente activo líquido de la etapa 1,

### caracterizado por que

- 15 - el agente activo descomprimido y parcialmente evaporado generado en la etapa 3 inmediatamente antes del condensador (8) se separa la fase líquida de la fase en forma de vapor,
- solo se suministra la fase en forma de vapor al condensador (8),
- se combinan la fase en forma de vapor condensada y la fase líquida después del condensador (8), aunque antes de la etapa 1, para la generación del agente activo líquido.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la presión del agente activo en el condensador (8) se ajusta en la etapa 3 a un óptimo entre un tamaño lo más pequeño posible de gotitas de la fase líquida en la fase en forma de vapor del agente activo y una energía mecánica generada lo más grande posible.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la combinación de la fase en forma de vapor condensada y la fase líquida se efectúa en un acumulador de agente activo (9).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la fuente de baja temperatura presenta una temperatura de menos de 400 °C.

25 5. Dispositivo (1) para la transformación de la energía térmica de una fuente de calor de baja temperatura (20) en energía mecánica en un circuito cerrado que comprende

- 30 - una bomba (10) para el aumento de la presión de un agente activo líquido,
- un intercambiador de calor (2) para el calentamiento del agente activo líquido aumentado en presión mediante transmisión de calor desde la fuente de calor de baja temperatura (20) al agente activo sin evaporación del agente activo,
- un equipo de descompresión (3) para la descompresión del agente activo líquido calentado, pudiendo generarse en el equipo de descompresión (3) mediante evaporación parcial del agente activo un agente activo descomprimido y parcialmente evaporado con una fase líquida y una fase en forma de vapor y pudiendo transformarse energía térmica del agente activo en energía mecánica,
- 35 - un condensador (8) para la condensación de la fase en forma de vapor del agente activo parcialmente evaporado para la generación del agente activo líquido,

### caracterizado por

- 40 - un separador (7) para la separación de la fase líquida de la fase en forma de vapor del agente activo descomprimido y parcialmente evaporado, estando dispuesto el separador (7) en dirección de flujo del agente activo inmediatamente antes del condensador (8) y estando unido con el condensador (8) para el suministro de la fase en forma de vapor al condensador (8),
- una combinación (9) para la combinación de la fase líquida y de la fase en forma de vapor condensada del agente activo parcialmente condensado, estando dispuesta la combinación (9) en dirección de flujo del agente activo antes de la bomba (10) y estando unida con el separador (7) para el suministro de la fase líquida y con el condensador (8) para el suministro de la fase en forma de vapor condensada a la combinación (9).
- 45

6. Dispositivo (1) según la reivindicación 5, **caracterizado por que** la presión del agente activo en el condensador (8) puede ajustarse a un óptimo entre un tamaño lo más pequeño posible de gotitas de la fase líquida en la fase en forma de vapor del agente activo y una energía mecánica generada lo más grande posible en el equipo de descompresión (3).

50 7. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado por que** la combinación (9) está configurada como un acumulador de agente activo.

8. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado por que** en el equipo de descompresión (3) en dirección de flujo del agente activo están dispuestas una boquilla (4) y una turbina (5) la una a continuación de la otra.

5 9. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado por que** la boquilla (4) y la turbina (5) forman una única unidad estructural.

10. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 5 a 9, **caracterizado por que** la fuente de baja temperatura presenta una temperatura de menos de 400 °C.

FIG 1

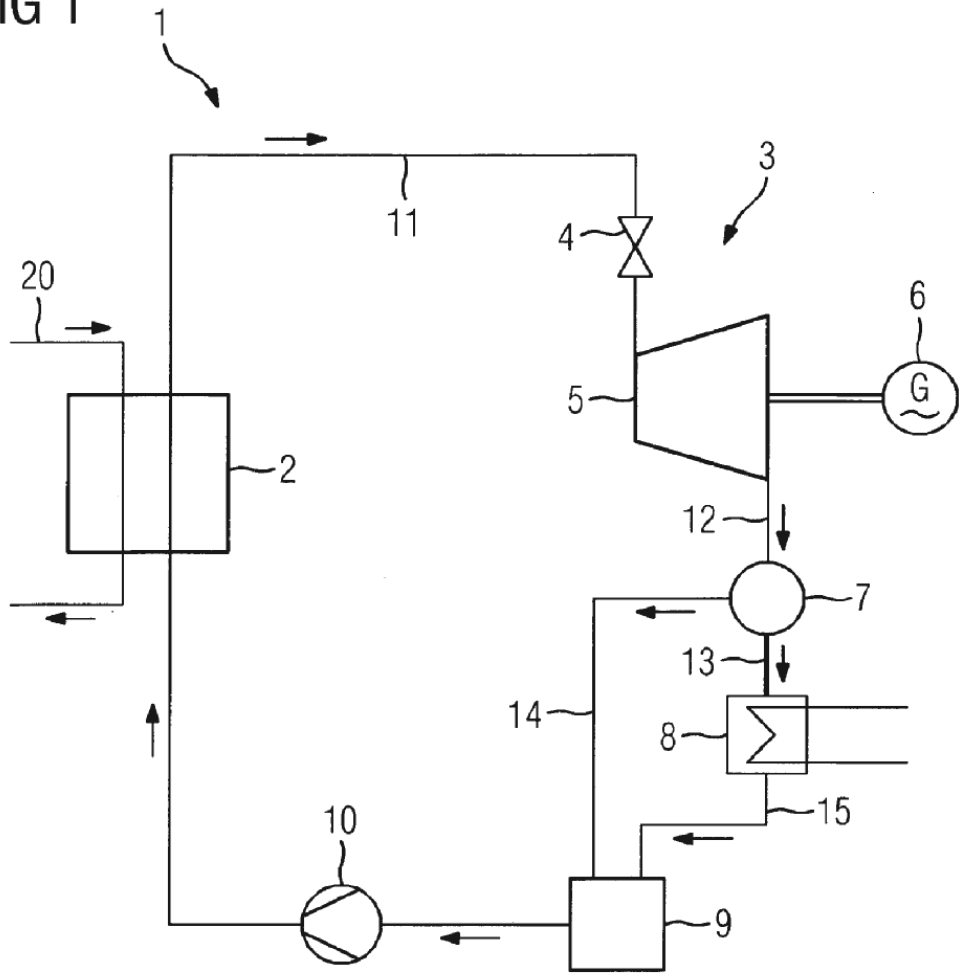


FIG 2

