

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 696 520**

51 Int. Cl.:

F01K 23/04 (2006.01)

F01K 23/08 (2006.01)

F22B 1/16 (2006.01)

F01K 7/02 (2006.01)

F22B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2011** **PCT/EP2011/053527**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2011** **WO11117074**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2011** **E 11710150 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** **EP 2550435**

54 Título: **Planta para la producción de energía basada en el ciclo orgánico Rankine**

30 Prioridad:

25.03.2010 IT BG20100015

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.01.2019

73 Titular/es:

**NRG GREEN & RECOVERY POWER SYSTEMS
SPA (100.0%)
Via Lesina, 25
24030 Brembate di Sopra (BG), IT**

72 Inventor/es:

**PERICO, COSTANZO;
NASINI, ERNESTO y
ROTTOLI, MARCO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 696 520 T3

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

DESCRIPCIÓN

Planta para la producción de energía basada en el ciclo orgánico Rankine

La presente invención se refiere a una planta para la producción de energía basada en el ciclo orgánico Rankine (ORC), en particular una planta para la producción de energía que comprende una pluralidad de sistemas de ORC en cascada que utilizan turbinas particulares.

Como se conoce, las plantas de ORC son sistemas generalmente utilizados para la producción simultánea de energía eléctrica y térmica, estando esta última disponible en forma de agua a una temperatura de 60-90°C. Los ciclos orgánicos Rankine son similares a los ciclos utilizados por las turbinas de vapor tradicionales, excepto por el fluido operativo, que normalmente es un fluido orgánico con una masa molecular alta.

Una planta de ORC típica se compone sustancialmente de una bomba, una turbina y algunos intercambiadores de calor. El fluido orgánico operativo se vaporiza utilizando una fuente de calor en el evaporador. El vapor del fluido orgánico se expande en la turbina y luego se condensa usando generalmente un flujo de agua en un intercambiador de calor. El líquido condensado se envía finalmente a través de una bomba al evaporador, cerrando así el ciclo. Para aumentar el rendimiento de la planta es posible prever el uso de un regenerador. En este caso, el fluido que sale de la turbina atraviesa un regenerador antes de ser condensado y, una vez condensado, se bombea hacia el regenerador, donde es precalentado por el fluido que sale de la turbina, antes de enviarse al evaporador.

En general, estas plantas se utilizan para la producción de energía con fluidos residuales provenientes de una amplia gama de procesos industriales y de generación de energía (motores y turbinas de cogeneración, hornos de todo tipo, chimeneas de plantas petroquímicas, fuentes de naturaleza geotérmica, etc.), caracterizados por un salto de temperatura que es potencialmente alto, pero con flujos que, en promedio, son limitados o, en cualquier caso, variables en el tiempo o, de lo contrario, con flujos altos asociados, sin embargo, a un nivel de temperatura bajo.

El vector de energía utilizado para la vaporización del fluido orgánico es en general aceite diatérmico (aceite mineral o aceite sintético para temperaturas superiores a 300°C) o agua, mientras que para la condensación se utiliza agua. El uso de aceite diatérmico evita además la necesidad de usar calderas de alta presión.

El fluido operativo está constituido generalmente por un compuesto orgánico o por una mezcla de compuestos orgánicos, caracterizados por un alto peso molecular. La elección del fluido orgánico que se ha de utilizar para optimizar el rendimiento del ciclo termodinámico se realiza de acuerdo con la temperatura de la fuente de calor disponible. Además, la turbina también debe diseñarse normalmente de acuerdo con las características del fluido orgánico y las condiciones operativas.

En consecuencia, es evidente que la aplicación de los sistemas de ORC está sujeta a límites y aspectos críticos derivados de la potencia térmica disponible como fuente primaria, del nivel/niveles de temperatura (calidad de la fuente) y de la estabilidad y/o variabilidad relativa en el tiempo de la carga térmica.

Además, es evidente que los sistemas de ORC actuales distan mucho de ser flexibles y de adaptarse a diferentes condiciones operativas, dado que, como se mencionó anteriormente, tanto la elección del fluido orgánico operativo como las características de la turbina dependen notablemente de las condiciones operativas.

Los ejemplos de sistemas de ORC de tipo conocido se describen en los documentos US 6 035 643 y US 5 860 279. El objetivo de la presente invención es, por consiguiente, proporcionar una planta para la producción de energía eléctrica basada en el ciclo orgánico Rankine (ORC) que será capaz de eliminar o reducir los inconvenientes antes mencionados.

En particular, una finalidad de la presente invención es proporcionar una planta de un tipo de ORC para la producción de energía eléctrica que permita la maximización del rendimiento en términos de energía eléctrica producida.

Otro propósito de la presente invención es proporcionar una planta de un tipo de ORC para la producción de energía eléctrica que sea fácilmente adaptable a diferentes condiciones operativas. Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar una planta de un tipo de ORC para la producción de energía eléctrica que permita mantener características óptimas de rendimiento incluso durante una ineficiencia de caída del flujo primario.

Un propósito adicional de la presente invención es proporcionar una planta de un tipo de ORC para la producción de energía eléctrica que presentará una pequeña cantidad de partes y que será fácil de producir con costes competitivos.

De acuerdo con la presente invención, los propósitos mencionados anteriormente se logran mediante una planta para la producción de energía basada en el ciclo orgánico Rankine (ORC), que se caracteriza porque comprende un primer sistema de ORC que comprende un primer fluido orgánico operativo que circula, en secuencia, entre un primer evaporador en condiciones de intercambio de calor con una fuente de calor, una primera etapa de expansión en una turbina conectada operativamente a un generador, un primer evaporador/condensador y una primera bomba

para hacer recircular dicho primer fluido orgánico operativo hacia dicho primer evaporador. Una característica peculiar adicional de la planta de acuerdo con la invención está representada por el hecho de que dicha turbina es una turbina parcializable que comprende medios para parcializar el caudal entrante de dichos fluidos orgánicos operativos, estando diseñados dichos medios para parcializar dicho caudal entrante con el fin de mantener constantes las revoluciones por minuto de dicha turbina, comprendiendo dichos medios para parcializar el caudal entrante de dichos fluidos orgánicos operativos un dispositivo hidráulico accionado por el fluido orgánico operativo correspondiente.

Preferiblemente, la planta para la producción de energía de acuerdo con la invención comprende un segundo sistema de ORC, que comprende un segundo fluido orgánico operativo que circula, en secuencia, entre dicho primer evaporador/condensador, una segunda etapa de expansión en una turbina conectada operativamente a un generador, un segundo evaporador/condensador, y una segunda bomba para hacer recircular dicho segundo fluido orgánico operativo hacia dicho primer evaporador/condensador, comprendiendo dicha turbina, para cada una de dichas etapas, unos medios para parcializar el flujo entrante de dichos fluidos orgánicos.

La planta de acuerdo con la invención permite lograr una serie considerable de ventajas en comparación con los sistemas de ORC de un tipo conocido.

En la práctica, en el caso del ciclo orgánico Rankine de múltiples etapas, el sistema se caracteriza por una serie de saltos entálpicos sucesivos realizados no solamente por un solo fluido dentro de varios conjuntos de rotor-estator de una turbina (por ejemplo, el vapor de agua que se expande a diversos niveles de presión en las etapas de una turbina), sino por una serie de fluidos, operando cada uno en una serie de niveles de presión y temperatura, dentro de su propia turbina, que está acoplada, alineada axialmente o en paralelo con la turbina para los otros fluidos que junto con ella constituyen el sistema. Por lo tanto, la planta comprende un fluido llamado "primario", que se interconecta con la fuente de calor, y un número apropiado de fluidos secundarios, ordenados de tal manera que la condensación del anterior provoca la evaporación del siguiente, con el fin de recuperar la cantidad máxima posible de energía disponible para la fuente, enviando la fracción mínima de la misma al medio ambiente.

El límite de calidad de la fuente (por ejemplo, bajo nivel entálpico) dicta obviamente los límites de aplicación de la tecnología. La disponibilidad y la temperatura del fluido de refrigeración definen, en cambio, la etapa de límite inferior, que permite, con el uso de fluidos orgánicos y mezclas binarias para aplicaciones de baja temperatura, la extensión de la descarga de la última turbina hasta niveles teóricamente más bajos que el cero térmico.

A modo de ejemplo, para los casos más frecuentes de alta temperatura y bajo caudal de la fuente de energía, es preferible que el fluido operativo del circuito primario tenga un peso molecular bastante alto con el fin de aprovechar al máximo las altas temperaturas que pueden estar presentes en la descarga (típicamente, 500-900°C). Sin embargo, el caudal de dicho fluido está limitado en este caso por la potencia térmica efectivamente disponible, y esta circunstancia es un primer factor limitante de la potencia producida por el fluido primario.

Un segundo factor, que no es menos importante, es el peso molecular mismo del fluido. Un alto peso molecular, que permite ventajosamente que prosigan las altas temperaturas de la fuente de calor, da como resultado un factor penalizador en términos de salto entálpico en la turbina y de temperatura de condensación. Por ejemplo, si este fluido en el evaporador es capaz, sin presiones excesivamente altas (20-40 bar), de vaporizarse a temperaturas bastante altas (250-350°C) en el condensador, aunque con presiones muy superiores a 1 bar, todavía sale a temperaturas bastante altas, en la región de 160-250°C. Por lo tanto, con el primer fluido operativo, con un caudal bajo, y un salto entálpico limitado en la turbina, se obtiene normalmente una potencia baja, en la región del 15% de la disponible en el momento de la descarga.

Sin embargo, las temperaturas aún significativamente altas del fluido primario que experimenta condensación y su fase seleccionada para el intercambio de calor con coeficientes de transmisión muy altos, permiten el uso de un fluido operativo secundario que recuperará total o parcialmente el calor de condensación del primer fluido, y realizará un ciclo Rankine totalmente independiente, produciendo una cantidad adicional y significativa de energía eléctrica. De hecho, suponiendo el valor del 15% mencionado anteriormente como rendimiento del ciclo primario, esto significa que de 100 kW en la entrada para el primer fluido quedan 85 kW disponibles para el segundo fluido orgánico operativo. Eligiendo este último con características tales como ser óptimo para trabajar a temperaturas operativas más bajas y con un rango de presiones similares a las del primer fluido, dicho fluido operará en isothermas más bajas, garantizando en cualquier caso un rendimiento similar. Suponiendo de nuevo que una recuperación del 15% significa que, de los 85 kW disponibles, se obtienen 12,75 kW más, de un total de 27,75 kW, que es el rendimiento teórico de una planta que funciona con solo dos fluidos "en cascada".

Por lo tanto, extrapolando el concepto, puede preverse fácilmente la posibilidad de utilizar un tercer fluido, o en general "n" fluidos, que, al trabajar en cascada, es decir, como se ha dicho, con la evaporación de la condensación del anterior, optimizan todo el proceso, limitando al mínimo el calor producido por la última condensación, que es la que luego se descarga al medio ambiente, y así se maximiza el rendimiento total.

En la planta para la producción de energía de acuerdo con la invención, dichos medios para parcializar el caudal entrante de dichos fluidos orgánicos operativos comprenden, para cada una de dichas etapas, un dispositivo hidráulico accionado por el fluido orgánico operativo correspondiente.

5 Además, ventajosamente, dicha turbina parcializable es una turbina de etapas múltiples, con un solo árbol o árboles separados, alineados axialmente o con ejes paralelos.

Una realización preferida de la planta para la producción de energía de acuerdo con la presente invención prevé que dicha fuente de calor comprenderá medios de acumulación de calor.

Por ejemplo, dichos medios de acumulación de calor pueden comprender un sistema de acumulación de masa refractaria o una batería de circuito cerrado de sal fundida.

10 Una realización preferida adicional de la planta para la producción de energía de acuerdo con la presente invención prevé que dicha fuente de calor comprende medios para la integración de la energía disponible.

Por ejemplo, dichos medios para la integración de la energía disponible comprenden un sistema de energía solar termodinámico.

15 Una realización particular de la planta para la producción de energía según la presente invención prevé la presencia de un dispositivo para el acoplamiento mecánico entre dicha turbina y dicho generador.

Dicho dispositivo para el acoplamiento mecánico entre dicha turbina y dicho generador puede comprender, por ejemplo, un reductor, un regulador de volante y un conjunto de frenos entre el árbol de dicha turbina y el árbol de dicho generador.

20 Una realización alternativa de la planta para la producción de energía de acuerdo con la presente invención prevé, en cambio, que dicha turbina está acoplada directamente a dicho generador, comprendiendo dicha planta además medios electrónicos para la conversión de la tensión de salida de dicho generador.

Otras características y ventajas de la presente invención surgirán de la descripción de realizaciones preferidas, aunque no exclusivas, de una planta para la producción de energía basada en el ciclo orgánico Rankine (ORC), ilustrada a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos anexos, en los que:

25 La figura 1 muestra un diagrama de una realización general de una planta según la presente invención;

La figura 2 muestra un diagrama de una primera realización particular de una planta según la presente invención;

La figura 3 muestra un diagrama de una segunda realización particular de una planta según la presente invención;

La figura 4 es una representación esquemática de una primera realización del acoplamiento mecánico entre una turbina y un generador en una planta según la presente invención; y

30 La figura 5 es una representación esquemática de una realización del acoplamiento a la red eléctrica de una planta según la presente invención.

Con referencia a las figuras adjuntas, una planta para la producción de energía basada en el ciclo orgánico Rankine (ORC) de acuerdo con la presente invención, designada en su totalidad por el número de referencia 1, en su realización más general ilustrada en la figura 1, comprende al menos un primer sistema de ORC 10.

35 Dicho primer sistema de ORC 10 comprende, a su vez, un primer fluido orgánico operativo que circula, en secuencia, entre un primer evaporador 11 en condiciones de intercambio de calor con una fuente de calor 2, una primera etapa de expansión 12 en una turbina conectada operativamente a un generador 4, un primer evaporador/condensador 13 y una primera bomba 14 para hacer recircular dicho primer fluido orgánico operativo hacia dicho primer evaporador 11.

40 Preferiblemente, como se ilustra en la figura 2, la planta 1 para la producción de energía de acuerdo con la presente invención comprende un segundo sistema de ORC 20 que, a su vez, comprende un segundo fluido orgánico operativo que circula, en secuencia, entre dicho primer evaporador/condensador 13, una segunda etapa de expansión 22 en una turbina conectada operativamente a un generador 5, un segundo evaporador/condensador 23 y una segunda bomba 24 para hacer recircular dicho segundo fluido orgánico operativo hacia dicho primer evaporador/condensador 13, comprendiendo dicha turbina, para cada una de dichas etapas 12 y 22, unos medios para parcializar el caudal entrante de dichos fluidos orgánicos. Básicamente, como ya se ha mencionado, la planta comprende al menos dos fluidos orgánicos operativos, que, funcionando en cascada (es decir, con la evaporación del segundo fluido en la condensación del primer fluido), optimizan todo el proceso, limitando al mínimo el calor producido por la última condensación.

50 En otras palabras, utilizando este esquema, el ciclo orgánico Rankine de circuito cerrado utiliza la fuente primaria de energía para convertir el primer fluido en vapor, la expansión en la turbina convierte este calor acumulado por el

vapor en energía cinética que, a su vez, se convertirá en energía eléctrica. En la cascada, el condensador se convierte en la fuente principal para el segundo fluido, y así sucesivamente para una posible tercera etapa y etapas posteriores.

5 Al aplicar el principio ilustrado en la figura 2 adjunta, es posible, de hecho, extender dichos conceptos a una planta que comprende un tercer sistema de ORC, que incluye un tercer fluido orgánico operativo que circula, en secuencia, entre dicho segundo evaporador/condensador, una tercera etapa de expansión en una turbina conectada operativamente a un generador correspondiente, un tercer evaporador/condensador y una tercera bomba para hacer recircular dicho primer fluido orgánico operativo hacia dicho segundo evaporador/condensador. En general, este principio puede extenderse entonces a una planta que comprende "n" sistemas adicionales de ORC.

10 Una de las características peculiares de la planta 1, de acuerdo con la presente invención, está representada por el hecho de que dicha turbina es una turbina parcializable y comprende medios para parcializar el caudal entrante de dichos fluidos orgánicos operativos. En particular, dichos medios de parcialización están diseñados para parcializar dicho caudal de entrada para mantener constantes las rpm de dicha turbina.

15 De hecho, se ha visto que, utilizando una turbina del tipo descrito anteriormente, es posible mantener las características óptimas de rendimiento incluso durante una caída de la eficiencia del flujo primario. Gracias a la parcialización automática del caudal, se mantienen, de hecho, constantes las rpm de la turbina, lo cual es un aspecto extremadamente importante para lograr el máximo rendimiento. En la práctica, la parcialización de la turbina mediante el control del caudal entrante para mantener constantes las rpm. del árbol, permite que el nivel de rendimiento eléctrico se mantenga constante independientemente de la carga, contribuyendo así a la máxima explotación de la fuente de energía térmica en cualquier condición que surja aguas arriba.

20 La aplicación de un proceso de tipo en cascada encuentra justificación en la naturaleza misma del intercambio de calor y de las características del fluido de potencia. De hecho, es precisamente el primer intercambiador del sistema, el evaporador del fluido primario con la mayor entalpía, el más crítico dado que está enlazado con los fluidos residuales, que cada vez presentan bajos coeficientes de intercambio de calor, alta corrosividad y no constancia del caudal. Al utilizar un sistema en cascada, es posible concentrar el proceso de recuperación de calor en este primer intercambiador, que constituye el elemento central de todo el ciclo tanto en términos de eficiencia, como en términos de costes.

25 Los condensadores-evaporadores posteriores se ven favorecidos por la lógica funcional en cascada y por la naturaleza de los fluidos adoptados, tanto en la eficiencia del intercambio, como en la naturaleza del diseño y los materiales de fabricación requeridos, lo que implica pequeñas superficies y, por lo tanto, costes bajos.

30 Según la invención dichos medios para parcializar el caudal entrante de dichos fluidos orgánicos operativos comprenden un dispositivo hidráulico accionado por el fluido orgánico operativo correspondiente. De esta manera, el caudal en la entrada de dichos fluidos orgánicos operativos se ajusta explotando las variaciones de presión de los fluidos orgánicos mismos. Además, ventajosamente, dicha turbina parcializable puede ser una turbina multietapa, con un solo árbol o con árboles separados, alineados axialmente o con árboles paralelos.

Una realización particular de la planta 1 para la producción de energía de acuerdo con la presente invención, ilustrada en la figura 3, se caracteriza porque dicha fuente de calor 2 comprende medios de acumulación de calor 6.

35 En el caso en el que la planta de la presente invención se aplique a procesos industriales con producción de residuos intermitentes en el corto plazo, puede surgir, de hecho, la necesidad de estabilizar el flujo térmico en niveles compatibles con la regulación gradual de la planta.

En consecuencia, pueden surgir las siguientes situaciones:

- conveniencia de limitar la carga con la reutilización de una parte de la misma para optimizar el consumo correlacionado con los procesos de producción básicos;

40 - conveniencia, si no es estrictamente necesario para la regulación de la unidad de ORC aguas abajo, de proceder a una acumulación parcial del calor disponible para estabilizar el flujo térmico en niveles homogéneos.

Al utilizar los medios de acumulación de calor 6, que comprenden, por ejemplo, un sistema de acumulación de masa refractaria o una batería de circuito cerrado de sal fundida, es posible mantener un nivel térmico promedio garantizado de la fuente de calor 2, gestionando las situaciones descritas anteriormente de una manera óptima.

50 Para potencias térmicas bajas, es preferible un sistema de acumulación de masa refractaria con bajo impacto desde el punto de vista económico y de mantenimiento. En este caso, el fluido de proceso caliente atraviesa el material refractario hasta que su propia carga térmica se reduce al valor a la entrada al evaporador de alta temperatura. Cuando se reduce y/o está a punto de cesar el caudal del fluido residual, se activa una circulación de circuito cerrado de aire caliente (o recirculación del propio gas) entre la cámara de acumulación y el evaporador. Para aplicaciones de este tipo, el rango óptimo de temperatura de acumulación está entre 200°C y 400°C.

Para altas potencias, el sistema de acumulación se puede basar convenientemente en una batería de sal fundida de circuito cerrado, también de acuerdo con los aspectos económicos de la inversión requerida para el tanque de acumulación a la luz de la capacidad térmica efectiva que se puede recuperar y, por lo tanto, de la correspondiente producción eléctrica.

- 5 La agresividad de las sales fundidas requiere una limitación de la temperatura de las mezclas (nitratos y nitruros de sodio, potasio y calcio) a valores de 400-450°C para permitir el uso de materiales de bajo coste para intercambiadores de calor y tanques. Además, para evitar la combinación de los efectos de la agresividad de las sales con el fluido de la fuente, es conveniente utilizar un fluido de vector intermedio de tipo diatérmico. Finalmente, la elección de tecnologías de intercambiadores que aseguran una baja pérdida de carga para fluidos viscosos (tecnología "EM-Baffle®" y similares) completa los requisitos del sistema.

Una realización particular adicional de la planta 1 para la producción de energía de acuerdo con la presente invención, ilustrada una vez más en la figura 3, prevé que dicha fuente de calor 2 comprenda unos medios 7 para la integración de la energía disponible.

- 15 Tanto con la utilización del sistema de masa refractaria como con la del sistema de sal fundida, al igual que con otros sistemas de acumulación, es posible, de hecho, integrar la potencia disponible para asegurar el salto entálpico dentro del ciclo orgánico Rankine. Dicha integración se puede obtener mediante la reutilización de parte de la potencia eléctrica producida para estabilizar el ciclo y/o lograr el máximo rendimiento termodinámico del mismo. Asimismo, es posible aumentar su potencia absoluta mediante el uso de fuentes paralelas según la hora del día y la demanda. Específicamente, las tecnologías aplicadas al sector solar termodinámico pueden, por ejemplo, utilizarse para aumentar el caudal disponible de manera adecuada durante los períodos de demanda pico.

- 20 El acoplamiento de los medios de integración de energía con los medios de acumulación de potencia garantiza la máxima flexibilidad de todo el ciclo, aprovechando debidamente el funcionamiento gradual de la turbina, como se ilustra anteriormente en el caso de los ciclos orgánicos Rankine de múltiples etapas en cascada. De hecho, tanto los medios de acumulación 6 como los medios de integración 7 pueden aplicarse convenientemente a plantas que comprenden una pluralidad de ciclos orgánicos Rankine del tipo ilustrado en la figura 2.

La planta 1 para la producción de energía de acuerdo con la presente invención puede comprender además medios para la transducción eléctrica, es decir, para la transformación de la energía cinética desarrollada por la turbina en energía eléctrica.

- 30 Por ejemplo, con referencia a la figura 4 adjunta, la planta 1 para la producción de energía de acuerdo con la presente invención puede comprender ventajosamente un dispositivo de acoplamiento mecánico 8 entre dicha turbina y dicho generador 4, 5.

- 35 Dicho dispositivo de acoplamiento mecánico 8 puede, por ejemplo, comprender un reductor 81 colocado entre el árbol 84 de dicha turbina y el árbol 85 de dicho generador 4, 5. Dicho reductor 81 puede ser, por ejemplo, un reductor de tipo epicíclico de tal manera que garantice la reducción de las rpm de la turbina al generador (alternador), manteniendo así la frecuencia adecuada para dar salida a la energía producida hacia la red eléctrica.

Además, el reductor 81 comprende convenientemente todos los elementos (por ejemplo, un regulador de volante 82 y un freno 83) que permitirán el mantenimiento de los puntos de trabajo correctos de todo el sistema. La conexión con la red eléctrica se puede realizar a través de un transformador 86 y/u otros medios para la sincronización con dicha red eléctrica.

- 40 Alternativamente, como se ilustra en la figura 5, dicha turbina se acopla directamente con dicho generador 4, 5. Por ejemplo, la turbina se puede acoplar directamente a un motor (síncrono o asíncrono), eliminando todo el bloque mecánico descrito anteriormente. En este caso, dicho dispositivo se puede utilizar en los cuatro cuadrantes ($V_{xl} > 0$; $V_{xl} < 0$), como motor para ingresar los transitorios de la turbina y salir de la misma, y como generador eléctrico.

- 45 En este caso, los medios electrónicos 9 están presentes, por ejemplo un convertidor de CA/CC para la conversión continua de la tensión de alta frecuencia (frecuencias mucho más altas que 50 Hz) dado el acoplamiento directo con la turbina, así como un convertidor de CC/CA para obtener la tensión de salida correcta con el sincronismo adecuado para la salida a la red eléctrica. Igualmente, unos medios de transformación 91 pueden estar convenientemente presentes.

- 50 De la descripción anterior se desprende claramente que la planta para la producción de energía de acuerdo con la presente invención logra completamente la tarea y los propósitos preestablecidos.

- 55 La parcialización de la turbina responde de hecho a los escenarios de carga térmica que pueden variar según los pasos predefinidos, donde existen opciones alternativas de uso de la potencia o, más directamente, para adaptarse a la reducción de la demanda, cualquiera que sea el origen de dicha reducción. En consecuencia, dicha aplicación constituye una respuesta efectiva, por ejemplo, en los casos de cogeneración acoplada con generadores parcializables, cuyo ciclo se encuentra persiguiendo la carga en pasos (hasta un mínimo de menos del 50% del tamaño nominal), y/o permitiendo un aumento en la producción global de electricidad para destinar toda la carga

térmica disponible a dicha producción (por ejemplo, ausencia de uso o uso reducido de agua/vapor caliente en períodos que no sean de invierno e interés no primario en la trigeneración).

- 5 Además, el acoplamiento con una fuente de calor secundaria (por ejemplo, una fuente de concentración solar) permite la explotación de la turbina a su nivel máximo de energía, reduciendo el consumo primario o aumentando simplemente la producción global de electricidad en los períodos de mayor demanda.

Finalmente, la acumulación de potencia permite el equilibrio de la producción en el tiempo y, una vez más, la maximización de la producción dentro del límite de la potencia efectivamente disponible, durante los períodos de mayor demanda.

- 10 De lo anterior se puede afirmar, por lo tanto, que la planta para la producción de energía de acuerdo con la presente invención, en particular cuando combina ciclos orgánicos Rankine en cascada, aguas abajo de una planta de acumulación-integración, con turbinas parcializables, se presenta como ideal desde el punto de vista técnico y económico para maximizar el rendimiento de la producción de energía eléctrica a partir de residuos y/o fuentes de calor de potencia absoluta de media a baja de cualquier naturaleza.

- 15 Sobre la base de la descripción anterior, son posibles otras características, modificaciones o mejoras y resultan evidentes para el experto medio en el sector.

En la práctica, los materiales utilizados, así como las dimensiones y formas contingentes, pueden ser cualesquiera según los requisitos y el estado de la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Una planta (1) para la producción de energía basada en el ciclo orgánico Rankine (ORC), caracterizada por que comprende un primer sistema de ORC (10) que incluye un primer fluido orgánico operativo que circula, en secuencia, entre un primer evaporador (11) en condiciones de intercambio de calor con una fuente de calor (2), una primera etapa de expansión (12) en una turbina conectada operativamente a un generador (4), un primer evaporador/condensador (13) y una primera bomba (14) para hacer recircular dicho primer fluido operativo orgánico hacia dicho primer evaporador (11); siendo dicha turbina una turbina parcializable y comprendiendo unos medios para parcializar el caudal entrante de dicho fluido operativo orgánico, siendo capaces dichos medios de parcializar dicho caudal entrante para mantener constantes las revoluciones por minuto de dicha turbina, comprendiendo dichos medios para parcializar el caudal entrante de dichos fluidos orgánicos operativos un dispositivo hidráulico accionado por el fluido operativo orgánico.
2. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que comprende un segundo sistema de ORC (20), que incluye un segundo fluido orgánico operativo que circula, en secuencia, entre dicho primer evaporador/condensador (13), una segunda etapa de expansión (22) en una turbina conectada operativamente a un generador (5), un segundo evaporador/condensador (23) y una segunda bomba (24) para hacer recircular dicho segundo fluido operativo orgánico hacia dicho primer evaporador/condensador (13), comprendiendo dicha turbina, para cada una de dichas etapas (12, 22), unos medios para parcializar el caudal entrante de dichos fluidos orgánicos.
3. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizada por que dicha turbina parcializable es una turbina de etapas múltiples, con un solo árbol o con árboles separados, alineados axialmente o con ejes paralelos.
4. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que dicha fuente de calor (2) comprende unos medios de acumulación de calor (6).
5. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada por que dichos medios de acumulación de calor (6) comprenden un sistema de acumulación de masa refractaria o una batería de sal fundida de circuito cerrado.
6. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que dicha fuente de calor (2) comprende unos medios (7) para la integración de la energía disponible.
7. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada por que dichos medios (7) para la integración de la energía disponible comprenden un sistema de energía solar termodinámico.
8. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que comprende un dispositivo (8) para acoplamiento mecánico entre dicha turbina y dicho generador (4, 5).
9. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada por que dicho dispositivo de acoplamiento mecánico (8) entre dicha turbina y dicho generador (4, 5) comprende un reductor (81), un regulador de volante (82) y un freno (83) dispuestos entre el árbol (84) de dicha turbina y el árbol (85) de dicho generador (4, 5).
10. La planta (1) para la producción de energía de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que dicha turbina está acoplada directamente con dicho generador (4, 5), comprendiendo dicha planta (1) unos medios electrónicos (9) para conversión de la tensión de salida de dicho generador (4, 5).

Fig.1

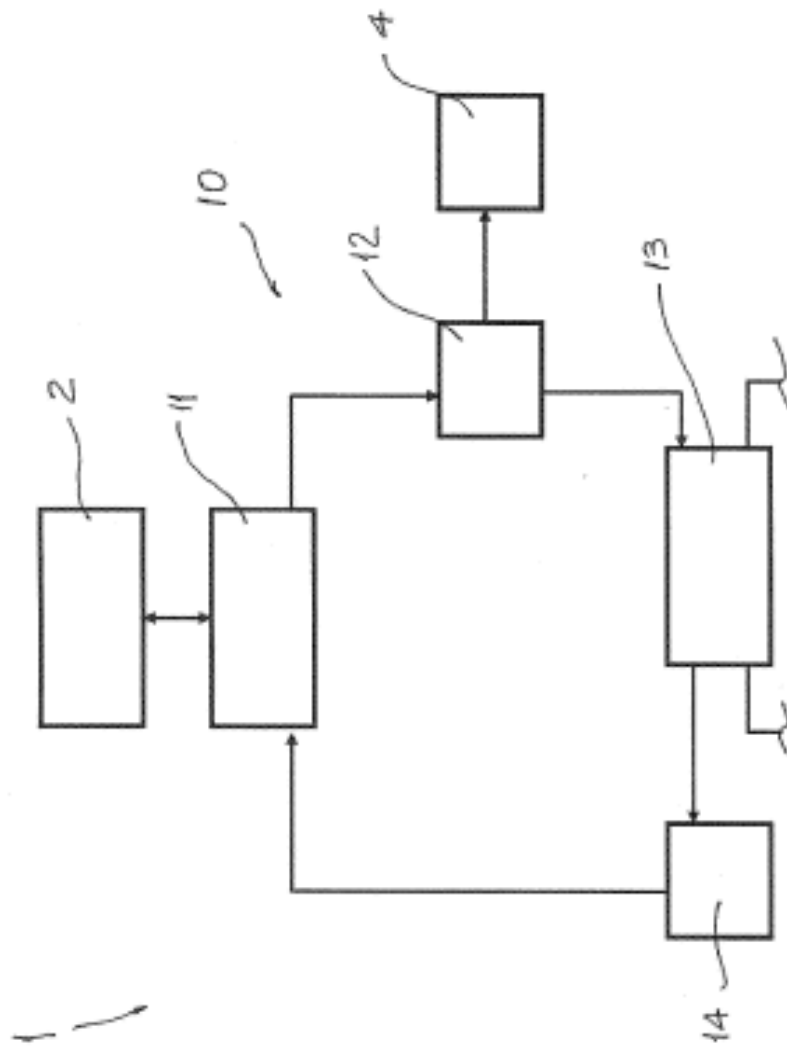


Fig.2

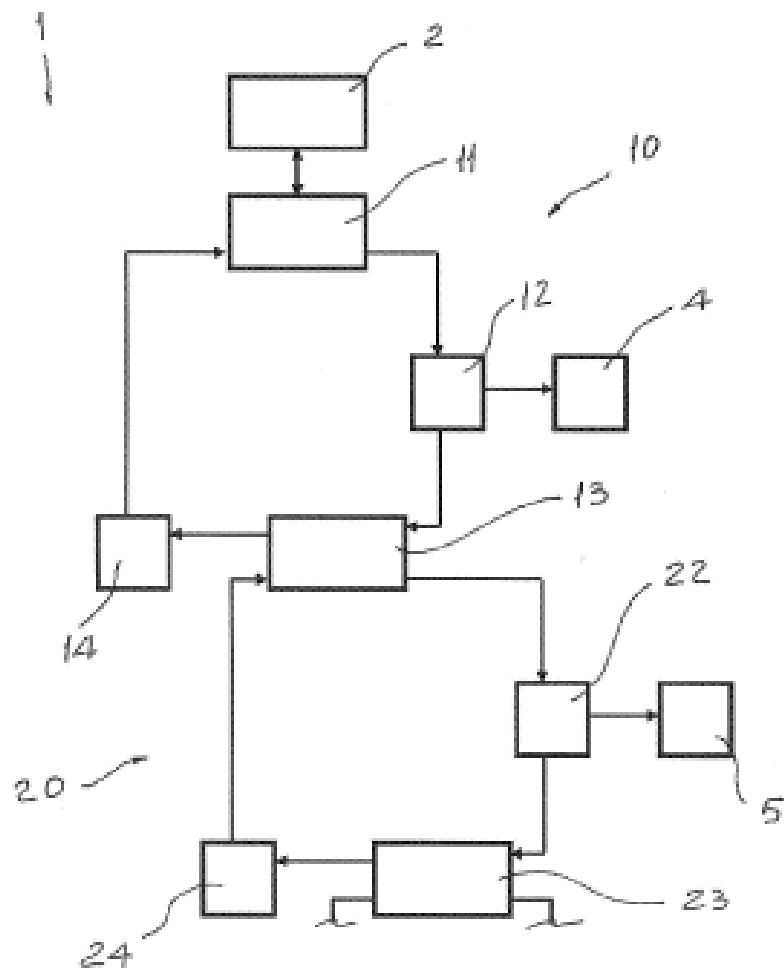


Fig.3

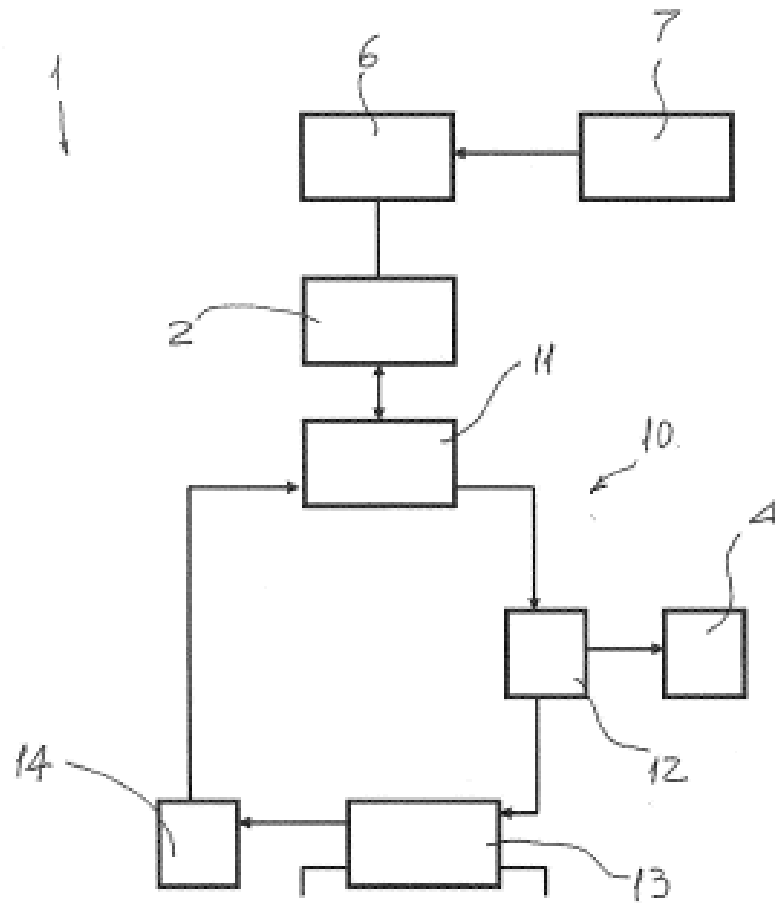


Fig.4

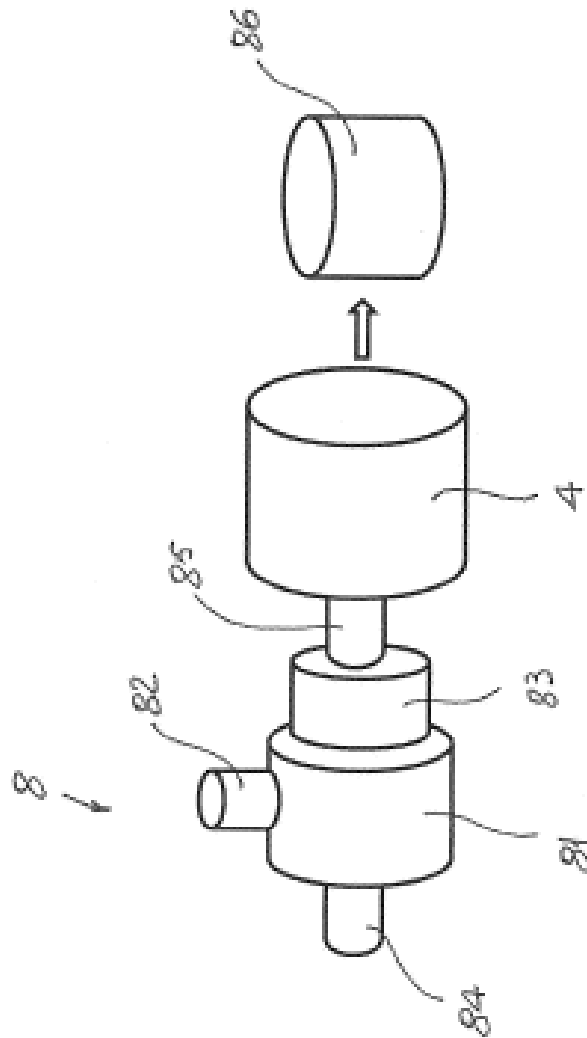


Fig.5

