

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 888**

51 Int. Cl.:

F01D 5/22 (2006.01)

F01K 25/08 (2006.01)

F01D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2013 E 13731929 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2855862**

54 Título: **Sistema y proceso ORC para generación de energía mediante un ciclo orgánico de Rankine**

30 Prioridad:

17.05.2012 IT MI20120852

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

08.09.2016

73 Titular/es:

**EXERGY S.P.A. (100.0%)
Via Degli Agresti, 6
40123 Bologna, IT**

72 Inventor/es:

**SPADACINI, CLAUDIO y
XODO, LUCA GIANCARLO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 581 888 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

Sistema y proceso ORC para generación de energía mediante un ciclo orgánico de Rankine

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema ORC para producir energía usando un ciclo orgánico de Rankine. En mayor detalle, la presente invención se refiere al campo de las plantas y procesos ORC con ciclos que tienen dos o más niveles de presión.

10

Técnica anterior

Tal como se conoce, en las plantas ORC, basadas en un ciclo termodinámico de Rankine para la conversión de energía de calor en energía mecánica y/o eléctrica, un fluido de trabajo de un tipo orgánico se usa preferentemente (de peso molecular alto o medio) en lugar del sistema tradicional de agua/vapor, como un fluido orgánico que puede convertir más eficazmente fuentes de calor a temperaturas relativamente bajas, generalmente entre 100 °C y 300 °C, pero también a temperaturas mayores. Los sistemas de conversión ORC se están aplicando por tanto cada vez más en diversos sectores, por ejemplo en el campo geotérmico, el reciclado de energía industrial, las plantas de producción de energía de biomasa, las plantas de energía solar concentrada (csp), las plantas de regaseado, etc. Una planta básica de tipo conocido para la conversión de energía de calor por medio de un ciclo orgánico de Rankine (ORC) comprende en general: un evaporador/intercambiador de calor que intercambia calor entre una fuente de alta temperatura y un fluido de trabajo, para calentar, evaporar y supercalentar el fluido de trabajo; un turboexpansor suministrado mediante el fluido de trabajo en la fase de vapor en la salida desde el intercambiador de calor, de manera que se consigue una conversión de la energía de calor presente en el fluido de trabajo en energía mecánica de acuerdo con el ciclo de Rankine; un generador conectado operativamente al turboexpansor, en el que la energía mecánica producida mediante la turbina se convierte en energía eléctrica; un condensador donde el fluido de trabajo en la salida desde la turbina se condensa y se envía a al menos una bomba. Desde la bomba, el fluido se envía al intercambiador de calor.

15

20

25

30

35

40

Así como en la configuración antes descrita, el ciclo ORC puede adoptar configuraciones conocidas más complicadas y articuladas, con el objeto de optimizar el rendimiento del ciclo o conseguir la cogeneración de electricidad y calor. En las plantas ORC conocidas, la cogeneración puede ocurrir como cogeneración de contrapresión o cogeneración en el recuperador. En una configuración conocida de plantas ORC recuperativas y cogenerativas, el calor se genera calentando un fluido de vector de calor mediante el calor de condensación. Esta configuración se conoce normalmente como cogeneración de contrapresión. En una configuración conocida diferente de plantas ORC con un recuperador, en el recuperador el vapor de fluido orgánico descargado desde el turboexpansor se usa para calentar el líquido en el suministro desde la bomba. De esta manera, la cantidad de calor intercambiada mediante el evaporador puede reducirse y la producción general del ciclo se incrementa. Además se conoce la configuración de un ciclo ORC en el que parte del calor intercambiado en el recuperador se usa para conseguir la cogeneración.

45

El documento US 2010/0071368 es un ejemplo de un proceso de dos niveles de presión e ilustra un sistema ORC para reciclado por calor que incluye una primera turbina de alta presión y una segunda turbina de baja presión, en el que la primera turbina recibe vapor de alta presión, la segunda turbina recibe vapor de baja presión y en el que la primera turbina también proporciona vapor de baja presión a la segunda turbina.

50

También se conocen plantas con extracción cogenerativa en turbinas de vapor comunes, en las que el vapor extraído desde la turbina intercambia calor con agua u otro fluido, con el objeto de calentar el agua o fluido. Debido a la naturaleza termodinámica del agua, en las plantas de vapor comunes el vapor se extrae a una temperatura un poco superior a la temperatura de condensación. Por este motivo el vapor extraído de la turbina produce calor directamente en el fluido, lo que consigue la cogeneración. El documento conocido GB 311.586 divulga una turbina de vapor provista de cámaras de vapor en comunicación con diferentes fases de pala. El documento conocido DE 572 207 divulga una turbina de vapor provista de dos pares de discos con rotación contraria y con canales realizados a través de dos de los discos para admitir vapor de alta presión.

55

Objeto de la invención

En el campo de las plantas ORC, el solicitante se ha puesto a sí mismo el objetivo de optimizar el aparato permitiendo conseguir ciclos con dos o más niveles de presión, es decir, ciclos que incluyen inyección de una fracción del fluido de trabajo orgánico durante la expansión del mismo internamente del turboexpansor o expansores presentes para ese fin.

60

Sumario de la invención

65 El solicitante ha logrado el objetivo adoptando un turboexpansor radial, centrífugo y de disco único rotativo que permite lograr la inyección del fluido de trabajo orgánico con simples soluciones mecánicas.

Más precisamente, la presente invención se refiere a un sistema ORC (planta ORC, es decir adecuada para usar un fluido orgánico como un fluido de trabajo, combinado con el fluido orgánico de trabajo) para la producción de energía por medio de un Ciclo Orgánico de Rankine, de acuerdo con la reivindicación 1.

5 La presente invención también se refiere a un proceso ORC para la producción de energía mediante un Ciclo Orgánico de Rankine, de acuerdo con la reivindicación 9.

El solicitante ha comprobado que la estructura del turboexpansor centrífugo de disco de rotor único permite conseguir la inyección del fluido de trabajo sin impactar negativamente en la dinámica del rotor del turboexpansor.

10 De hecho, la implementación de un conducto que se abre entre las fases de la turbina centrífuga radial para conseguir la abertura auxiliar no conduce a un alargamiento de la dimensión axial de la máquina, como ocurre en su lugar con los turboexpansores axiales. En los turboexpansores axiales comunes usados en el campo ORC, normalmente en voladizo con respecto a los cojinetes, la distancia entre dos líneas de palas es muy pequeña, y
15 conseguir una inyección en esta configuración es extremadamente difícil. El alargamiento de la turbina axial para permitir obtener el espacio necesario para la inyección del conducto conduce a un incremento en las vibraciones y/o la necesidad de incrementar la precisión de construcción de los elementos mecánicos para equilibrar perfectamente la máquina. Por otra parte, ventajosamente un incremento en la dimensión radial del disco de turbina de la presente invención no impacta negativamente de igual forma en la dinámica del mismo.

20 En una realización, que no se ilustra, el turboexpansor está provisto de una pluralidad de fases y una pluralidad de aberturas auxiliares para la inyección de cada abertura entre dos fases sucesivas. En una realización, una abertura auxiliar se ubica entre cada par de fases sucesivas. En una realización diferente, las aberturas auxiliares se abren solo entre algunos de los pares de fases.

25 La distancia radial entre las dos fases entre las que se ubica la abertura auxiliar es mayor que la distancia radial entre las otras fases.

30 Los límites dimensionales de la distancia entre las fases no son tan estrechos como en los turboexpansores axiales, por los motivos mencionados antes en el presente documento.

La abertura auxiliar se abre preferentemente corriente arriba de la fase más radialmente periférica (con respecto a la dirección y sentido del flujo de expansión).

35 En una realización diferente, una pluralidad de fases se presentan corriente abajo de la abertura.

En una realización preferente, el disco de rotor único se soporta en voladizo.

40 Esto significa que el árbol que se transporta en el disco rotativo se soporta en una funda, por ejemplo mediante dos o más cojinetes, y que el disco de rotor se monta en un extremo del árbol que está en voladizo con respecto a la funda.

45 El turboexpansor comprende preferentemente una funda estática, el disco de rotor único se aloja en la funda y la funda también está en voladizo.

Esta solución permite contener los volúmenes de la planta y se hace posible mediante el hecho de que el turboexpansor centrífugo de único disco no se ve afectado por ningún problema de vibración particular.

50 La abertura auxiliar se proporciona preferentemente en una pared delantera de la funda.

La expresión "pared delantera" se refiere a la pared enfrente del lado opuesto con respecto al árbol y los cojinetes.

55 Esta solución hace que sea simple desde el punto de vista de construcción montar las tuberías del circuito auxiliar en la funda y colocarla en comunicación fluida con la abertura auxiliar.

60 El circuito de inyección de fluido de trabajo en el turboexpansor comprende preferentemente un vaporizador; en el que, en el vaporizador, parte del fluido de trabajo orgánico que llega desde el condensador o el recuperador o desde al menos un precalentador intercambia calor con una fuente de alta temperatura (que no se ilustra en la Figura 2) antes de que parte del fluido de trabajo orgánico que llega desde el condensador vuelva a introducirse en el turboexpansor a través de la abertura auxiliar. En otras palabras, una parte del fluido en la salida desde el condensador (o desde el recuperador, o desde el precalentador) recibe calor desde la fuente de alta temperatura en el intercambiador de calor (conceptualmente otro vaporizador). Tal como puede verse en la Figura 2, este flujo se envía entonces para la inyección intermedia en el turboexpansor.

65 Las características y ventajas adicionales emergerán más completamente a partir de la descripción detallada o alguna realización preferente pero no exclusiva de un sistema para la generación de energía mediante el Ciclo

Orgánico de Rankine de acuerdo con la presente invención. La descripción detallada de las realizaciones se expondrá a continuación en referencia a los dibujos adjuntos, proporcionados a modo de ejemplo no limitativo, en los que:

- 5 - la Figura 1 es una ilustración esquemática de la configuración de una planta cogenerativa para la producción de energía mediante el Ciclo Orgánico de Rankine que no forma parte de la presente invención;
- la Figura 1A es un diagrama T-s de transformaciones que ocurren en la planta de la Figura 1;
- las Figuras 1B, 1C y 1D son diagramas T-q de transformaciones que ocurren en la planta de la Figura 1;
- 10 - la Figura 2 muestra esquemáticamente la configuración de una planta de dos niveles de presión para la producción de energía por medio del Ciclo Orgánico de Rankine de acuerdo con la presente invención;
- la Figura 3 es una sección lateral de un turboexpansor que pertenece a las plantas de las Figuras 1 o 2.

Descripción detallada

- 15 En referencia a las figuras, 1 indica en su totalidad una planta para producción de energía mediante un Ciclo Orgánico de Rankine (ORC).

La planta 1 comprende un circuito cerrado en el que circula un fluido de trabajo orgánico, que tiene un peso molecular alto o medio. El fluido puede seleccionarse desde un grupo que comprende hidrocarburos, cetonas, fluorocarburos y siloxanos.

La planta 1 comprende un intercambiador de calor/evaporador 30 que intercambia calor entre una fuente de alta temperatura y un fluido de trabajo, para calentar, evaporar y supercalentar el fluido de trabajo; un turboexpansor 40 suministrado mediante el fluido de trabajo en el estado vaporizado en la salida del intercambiador de calor 30, para conseguir una conversión de la energía de calor presente en el fluido en energía mecánica usando un ciclo de Rankine; un generador 50 conectado operativamente al turboexpansor 40, en el que la energía mecánica producida mediante el turboexpansor 40 se convierte en energía eléctrica; un condensador 60 donde el fluido de trabajo en la salida del turboexpansor 40 se condensa y se envía a al menos una bomba 20. El fluido se envía desde la bomba 20 al intercambiador de calor 30.

La planta 1 ilustrada comprende además un recuperador 160 interpuesto entre el turboexpansor 30 y el condensador 60. En el recuperador 160 el vapor de fluido orgánico descargado desde la turbina 40 se usa para calentar el líquido en el suministro desde la bomba 20. De esta manera, la cantidad de calor intercambiado mediante el evaporador 30 puede reducirse y de esta manera el rendimiento general del ciclo se incrementa.

De acuerdo con el ejemplo representado en la Figura 1, la planta 1 comprende además un circuito de cogeneración y recuperación 1000 conectado a una abertura auxiliar 40c (en este caso para extracción) de la turbina 40 mediante una primera válvula 210.

- 40 El circuito de cogeneración y recuperación 1000 comprende un primer intercambiador 21, un segundo intercambiador 260 y una bomba 220.

El fluido orgánico de trabajo, extraído desde la turbina 40 a una presión intermedia de entre presiones de entrada y descarga, se envía al primer intercambiador 261, con el objeto de precalentar el fluido orgánico en la fase de líquido que vuelve a inyectarse en la planta. En la salida desde el primer intercambiador 261, el fluido orgánico se envía al segundo intercambiador 260, donde produce calor en un fluido de transporte de calor que transporta el calor generado mediante la planta ORC. Las transformaciones que ocurren en los intercambiadores 260 y 261 se representan en los diagramas T-s de la Figura 1A y T-q de la Figura 1B. Tal como puede observarse en los diagramas, el fluido orgánico se extrae desde el turboexpansor a la temperatura T_{sp} . Dada la naturaleza termodinámica del fluido orgánico y los parámetros operativos de la planta, en la temperatura T_{sp} el fluido orgánico se supercalienta fuertemente. Por ejemplo, el fluido extraído está a una temperatura de aproximadamente 250 °C, mientras que el fluido de transporte de calor debe calentarse desde 60 °C a 80 °C. El fluido orgánico extraído desde el turboexpansor se enfría en el intercambiador 262 a una temperatura T_{dentro} . El fluido a la temperatura T_{dentro} entra entonces en el segundo intercambiador 260 donde produce calor en el fluido de transporte de calor y se lleva a una temperatura T_{fuera} . Mediante el enfriamiento, el fluido orgánico alcanza la condición de líquido saturado o, en caso deseado, la condición de líquido infraenfriado. Desde esta condición el líquido se presuriza mediante la bomba 220 y se precalienta en el primer intercambiador 261. Cuando se termina el precalentamiento, el líquido orgánico se inyecta en el ciclo térmico principal, en la entrada al evaporador 30.

La Figura 1 también ilustra parcialmente un circuito de transporte de calor 2000 para el fluido de transporte de calor que transporta el calor generado mediante la planta 1. El circuito de transporte de calor 2000 comprende una ramificación exterior 2001 hacia un dissipador 70 y una ramificación de retorno 2002 que pasa por el condensador 60 y el segundo intercambiador 260 de la planta 1. Una bomba 80 está dispuesta en la ramificación exterior. Una primera ramificación de derivación 2003 con una segunda válvula de triple paso funciona para excluir (o no) el dissipador 70. La sección de ramificación de retorno 2002 interpuesta entre el condensador 60 y el segundo intercambiador 260 de la planta 1 se conecta a la ramificación exterior por medio de dos tramos de conexión 2004,

2005 provistos de las respectivas terceras y cuartas válvulas 266, 268. Una quinta válvula 267 adicional está dispuesta en la ramificación de retorno entre las dos secciones 2005, 2006 provista de las terceras y cuartas válvulas 266, 268. Una segunda ramificación de derivación 2007 provista de una sexta válvula 265 se ubica en la ramificación de retorno 2002 y funciona para evitar que el fluido de transporte de calor transite por el segundo intercambiador 260.

La planta ilustrada permite una buena flexibilidad de trabajo. A continuación, se describen las configuraciones principales de funcionamiento.

10 A - configuración puramente eléctrica: la primera válvula 210 se cierra, los primeros y segundos intercambiadores 261 y 260 no se suministran, la tercera válvula 266 se abre y la bomba 80 garantiza el suministro de flujo al condensador 60 con agua relativamente fría, a modo de ejemplo entre 30 y 50 °C en la entrada, gracias a la disipación de calor por medio del disipador 70, o alternativamente cabrestantes de enfriamiento u otra solución. En estas condiciones, el rendimiento eléctrico se maximiza gracias a la minimización de la presión de fluido en el condensador.

15 B - configuración cogenerativa total: existen dos configuraciones posibles diferentes, B1 y B2. B1 - en un caso en el que el uso térmico requiere un flujo de calor con un aumento de calor muy limitado DT, por ejemplo en la región de 5-10 °C, la extracción de reciclado se mantiene fuera de servicio (primera válvula 210 cerrada) y en este caso, con las terceras y cuartas válvulas 266, 268 cerradas, y la sexta válvula 265 abierta, todo el calor descargado desde el turboexpansor 40 se recicla en el condensador 60 con los niveles típicos de temperatura de entrada/salida de 60/70 °C o 70/80 °C o similar.

20 B2 - en un caso donde el uso térmico requiere gradientes de temperatura mayores DT, por ejemplo 20-30 °C o incluso más, el condensador 60 y el segundo intercambiador 260 están funcionando en serie; la sexta válvula 265 está ahora cerrada, la primera válvula 210 está abierta y la tercera y la cuarta válvula 266 y 268 están cerradas, o la cuarta válvula 268 también puede parcializar el flujo para reiniciar mejor la carga entre el condensador 60 y el segundo intercambiador 260; en este caso, el calentamiento del vector de fluido calentado ocurre en parte con el vapor a mayor presión (en el intercambiador 260) y en parte a una menor presión (en el condensador), permitiendo una cogeneración con mayor producción eléctrica; el intercambio de la carga térmica en el condensador 60 y en el segundo intercambiador 260 depende de las presiones en la descarga y en la extracción del turboexpansor 40 y del nivel de temperatura solicitado. Los niveles de temperatura de entrada típicos pueden ser 60-90 °C, 70-100, 80-110 °C. El proceso se describe mediante los diagramas en la Figura 1C.

25 C - configuración cogenerativa parcial; esta configuración se acciona simplemente cerrando la quinta válvula 267 y abriendo la tercera válvula 266 y la cuarta válvula 268 y además, obviamente, la primera válvula 210. En este caso, el condensador 60 y el segundo intercambiador 260 se desacoplan y el condensador 60 puede alinearse con el fluido relativamente frío a 30-50 °C para maximizar la eficacia eléctrica del ciclo, mientras solo una fracción del vapor se extrae desde el extractor, que se expande en el turboexpansor 40, permitiendo un funcionamiento optimizado en los periodos de baja carga térmica, pero no cero. La configuración se describe en la Figura 1 D.

30 En una realización diferente de acuerdo con la presente invención y representada en la Figura 2 (en la que los circuitos de transporte de calor no se ilustran), en lugar del circuito de cogeneración y reciclado 1000, la planta 1 comprende un circuito de entrada 3000 de fluido de trabajo en el turboexpansor 40 destinado a realizar un ciclo en dos niveles de presión. El circuito de entrada 3000 comprende una ramificación de conexión provista de un vaporizador 300 que conecta un punto ubicado corriente abajo de la bomba 20 y el recuperador 160 y corriente arriba del intercambiador de calor 30 con la abertura auxiliar 40c (en este caso entrada) en el turboexpansor 40.

35 En ambas realizaciones ilustradas, el turboexpansor 40 es del tipo descrito e ilustrado en la siguiente Figura 3.

40 El turboexpansor 40 de expansión es ventajosamente del tipo radial y centrífugo de múltiples fases (escape). En otras palabras, el flujo de fluido de trabajo entra en el turboexpansor 40 a lo largo de una dirección axial en una zona radialmente más interna del turboexpansor 40 y sale, expandido, a lo largo de una dirección radial o axial en una zona radialmente más externa del turboexpansor 40. En la trayectoria entre la entrada y la salida el flujo continúa distanciándose, mientras se expande, del eje de rotación X-X del turboexpansor 40.

45 El turboexpansor 40 comprende una funda fija 101 formada mediante una medio funda 102 delantera y circular y mediante una medio funda trasera 103. Un manguito 104 está en voladizo respecto a la medio funda trasera 103, limitado a una estructura de soporte de la planta.

50 En el volumen interno delimitado mediante las medio fundas delantera 102 y trasera 103, se aloja un rotor 105 que está limitado de manera sólida a un árbol 106 a su vez soportado de manera rotativa en el manguito 104 mediante cojinetes (no se ilustran) para ser libre para rotar en torno a un eje de rotación X-X.

55 En la posición del eje de rotación X-X, la medio funda delantera 102 proporciona una abertura de entrada axial 40a, y en una porción periférica radial de la funda 101 se proporciona una abertura de descarga 40b, radialmente

periférica en un difusor 107.

5 El rotor 105 comprende un disco de rotor único 108 limitado al árbol 106, perpendicular al eje de rotación X-X y exhibiendo una superficie delantera 109 orientada hacia la medio funda delantera 102 y una superficie trasera 19 orientada hacia la medio funda trasera 110. Un volumen de paso para el fluido de trabajo orgánico se delimita entre la superficie delantera 109 del disco de rotor 108 y la medio funda delantera 102. La superficie delantera 109 del disco de rotor 17 soporta tres series de palas de rotor 111a, 111 b, 111 c. Cada serie comprende una pluralidad de palas de rotor planas dispuestas en torno al eje de rotación X-X. Las palas de rotor de la segunda serie 111b están dispuestas en una posición radialmente externa con respecto a las palas de rotor de la primera serie 111a y las palas de rotor de la tercera serie 111c están dispuestas en una posición radialmente externa con respecto a las palas de rotor de la segunda serie 111 b.

15 Tres palas de estátor 113a, 113b, 113c se montan en una superficie interna 112 orientadas hacia el rotor 105 de la medio funda delantera 102. Cada serie comprende una pluralidad de palas de estátor planas dispuestas en torno al eje de rotación X-X. Las palas de estátor de la primera serie 113a están dispuestas en una posición radialmente interna con respecto a las palas de rotor de la primera serie 113a. Las palas de estátor de la segunda serie 113b están dispuestas en una posición radialmente externa con respecto a las palas de rotor de la primera serie 111a y en una posición radialmente interna con respecto a las palas de rotor de la segunda serie 111 b. Las palas de estátor de la tercera serie 113c están dispuestas en una posición radialmente externa con respecto a las palas de rotor de la segunda serie 111b y en una posición radialmente interna con respecto a las palas de rotor de la tercera serie 111c. El turboexpansor 40 exhibe de esta manera tres fases. Internamente del turboexpansor 40, el flujo de fluido de trabajo que entra en la abertura de entrada axial 40a se desvía mediante un deflector 114 que exhibe una forma circular convexa, se monta fijado en la funda 103 enfrente del rotor 105 y está dispuesto coaxialmente del eje de rotación X-X con la convexidad orientada hacia el flujo en la entrada. El deflector 114 se extiende radialmente comenzando desde el eje de rotación X-X hasta la primera serie de palas de estátor 113a. Las palas de estátor de la primera serie 113a se integran en la porción periférica del deflector 25 y exhiben un extremo montado en la superficie interna 112 de la medio funda delantera 102. En mayor detalle, el deflector 114 se define mediante una placa convexa delgada con simetría radial que exhibe una porción central 114a convexa/cóncava con la convexidad orientada hacia la medio funda delantera 102 y hacia la abertura de entrada axial 40a y una porción anular 114b radialmente más externa que es cóncava/convexa con la concavidad orientada hacia la medio funda delantera 102. La medio funda delantera 102 y la porción 114b radialmente más externa del deflector 114 delimitan un conducto que guía el fluido de trabajo hacia la primera fase (palas de rotor de la primera serie 111a y palas de estátor de la primera serie 113a) del turboexpansor 40.

35 La superficie delantera 109 del disco de rotor 108 y la superficie 112 de la medio funda delantera 102 que soportan las palas de estátor 113a, 113b, 113c se diferencian entre sí en una dirección de distanciamiento gradual desde el eje de rotación (X-X) comenzando desde la primera fase. Las palas radialmente más externas exhiben una altura de pala que es mayor que las palas radialmente más internas.

40 La turbina 4 comprende además el difusor 107 para el reciclado de la energía cinética ubicado en una posición radialmente externa con respecto a la tercera fase (formada mediante las palas de rotor de la tercera serie 11c y las palas de estátor de la tercera serie 113c) y definida mediante la superficie delantera 109 del disco de rotor 108 y la superficie opuesta 112 de la medio funda delantera 102. Una voluta 115 que se comunica con una pestaña de salida se ubica en el perímetro radialmente externo de la funda 101, en la salida del difusor 107.

45 La distancia radial R_d entre la segunda y la tercera fase, es decir, entre las palas de rotor de la segunda serie 111b y las palas de estátor de la tercera serie 113c, es mayor que la distancia radial entre la primera y la segunda fase o, más en general, la distancia radial entre las otras palas de estátor y de rotor adyacentes a ella.

50 A modo de ejemplo, la distancia radial de las palas adyacentes es aproximadamente 5 mm mientras que la distancia radial R_d entre la segunda y la tercera fase es de aproximadamente 50 mm, es decir, 10 veces mayor.

Una cámara anular 116 para la inyección del fluido de trabajo orgánico se delimita entre la segunda y la tercera fase.

55 Un conducto 117 (o una pluralidad de conductos) se proporciona en la medio funda delantera 102, que se abre en la cámara 116 y define la abertura auxiliar 40c del turboexpansor 40. El conducto 117 se abre además en una pared delantera 102a de la medio funda delantera 102. Unas tuberías y/o conectores apropiados montados en la pared delantera 102a permiten la inyección del fluido de trabajo orgánico en el turboexpansor 40.

60 En la realización de la Figura 1, el conducto 117 se conecta con el circuito de cogeneración y reciclado 1000. En la realización de la Figura 2, el conducto 117 se conecta con el circuito de inyección 3000 del fluido de trabajo en el turboexpansor 40 que se destina a realizar un ciclo en dos niveles de presión.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema ORC para generación de energía mediante el Ciclo Orgánico de Rankine que tiene dos o más niveles de presión, comprendiendo:

- 5 al menos un intercambiador de calor (30) para intercambiar calor entre una fuente de alta temperatura y un fluido orgánico de trabajo, para calentar, evaporar y supercalentar dicho fluido de trabajo orgánico;
 10 al menos un turboexpansor (40) que presenta una entrada (40a) alimentado durante el uso con el fluido de trabajo orgánico vaporizado que sale desde el intercambiador de calor (30), para realizar una conversión de la energía térmica presente en el fluido de trabajo orgánico en energía mecánica de acuerdo con un ciclo de Rankine;
 15 al menos un condensador (60) en el que durante el uso se condensa el fluido de trabajo orgánico vaporizado que sale desde la salida (40b) de dicho al menos un turboexpansor (40);
 al menos una bomba (20) para suministrar el fluido orgánico de trabajo que sale del condensador (60) a dicho al menos un intercambiador de calor (30);
 al menos un circuito auxiliar (3000) para la inyección del fluido de trabajo orgánico en dicho turboexpansor (40);

caracterizado por que dicho al menos un turboexpansor (40) es de tipo centrífugo y radial y comprende:

- 20 un disco de rotor único (108) que soporta una pluralidad de palas de rotor (111 a, 111 b, 111 c);
 al menos una abertura auxiliar (40c) interpuesta entre la entrada (40a) y la salida (40b) y en comunicación fluida con dicho circuito auxiliar (3000), para inyectar el fluido de trabajo orgánico a una presión intermedia entre una presión de entrada y una presión de salida; en donde el turboexpansor (40) comprende una pluralidad de fases (111 a, 113a, 111 b, 113b, 111 c, 113c) radialmente dispuestas una tras otra y en donde la abertura auxiliar (40c)
 25 se abre entre dos de dichas fases; en donde la distancia radial (Rd) entre las dos fases entre las que se abre la abertura auxiliar (40c) es mayor que la distancia radial entre las otras fases para delimitar una cámara de inyección (116) del fluido de trabajo orgánico.

30 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la distancia radial (Rd) entre las dos fases entre las que se abre la abertura auxiliar (40c) es aproximadamente diez veces mayor que la distancia radial entre las otras fases.

35 3. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la abertura auxiliar (40c) se abre corriente arriba de la fase más radialmente periférica.

4. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el disco de rotor único (108) está en voladizo.

40 5. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el turboexpansor (40) comprende una funda estática (101), en el que el disco de rotor único (108) se aloja en la funda (101) y en el que la funda (101) también está en voladizo.

45 6. El sistema de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la abertura auxiliar (40c) está realizada en una pared delantera de la funda (101).

50 7. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el circuito (3000) para la inyección de fluido de trabajo en el turboexpansor (40) comprende un vaporizador (300); en el que, durante el uso en el vaporizador (300), parte del fluido de trabajo orgánico que sale del condensador (60) intercambia calor con una fuente de alta temperatura antes de que dicha parte del fluido de trabajo orgánico que sale del condensador (60) vuelva a introducirse en el turboexpansor (40) a través de la abertura auxiliar (40c).

55 8. El sistema de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un recuperador (160), en el que el circuito de entrada (3000) comprende una ramificación de conexión provista de un vaporizador (300) que conecta un punto ubicado corriente abajo de la bomba (20) y el recuperador (160) y corriente arriba del intercambiador de calor (30) con la abertura auxiliar (40c) en el turboexpansor (40).

9. Un proceso ORC para producción de energía mediante un Ciclo Orgánico de Rankine, que comprende:

- 60 intercambiar calor en al menos un intercambiador de calor (30), entre una fuente de alta temperatura y un fluido de trabajo orgánico, para calentar, evaporar y supercalentar el fluido de trabajo orgánico;
 suministrar el fluido de trabajo orgánico en una fase vaporizada en la salida del intercambiador de calor (30) a través de la abertura de entrada (40a) de al menos un turboexpansor (40), para conseguir una conversión de energía de calor presente en el fluido de trabajo orgánico en energía mecánica de acuerdo con un ciclo de Rankine;
 65 condensar, en al menos un condensador (60), el fluido de trabajo orgánico en la fase vaporizada desde la abertura de salida (40b) del al menos un turboexpansor (40);

suministrar, por medio de al menos una bomba (20), el fluido de trabajo orgánico que sale del condensador (60) hacia el al menos un intercambiador de calor (30);

en donde el proceso incluye además inyectar el fluido de trabajo orgánico en el turboexpansor (40) mediante al menos un circuito auxiliar (3000);

5 **caracterizado por que** el al menos un turboexpansor (40) es de tipo centrífugo y radial y comprende: un disco rotativo único (108) que soporta una pluralidad de palas de rotor (111 a, 111b, 111c); al menos una abertura auxiliar (40c) interpuesta entre la abertura de inyección (40a) y la abertura de descarga (40b) y en conexión fluida con el circuito auxiliar (3000);

10 en donde el fluido de trabajo orgánico se inyecta en la al menos una abertura auxiliar (40c) a una presión intermedia entre una presión de entrada y una presión de descarga;

en donde la distancia radial (Rd) entre las dos fases entre las que se abre la abertura auxiliar (40c) es mayor que la distancia radial entre las otras fases para delimitar una cámara de inyección (116) del fluido de trabajo orgánico.

15 10. El proceso de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el flujo de fluido de trabajo entra en el turboexpansor (40) a lo largo de una dirección axial en una zona radialmente más interna del turboexpansor (40) y sale, expandido, a lo largo de una dirección radial o axial en una zona radialmente más externa del turboexpansor (40).

Fig.1

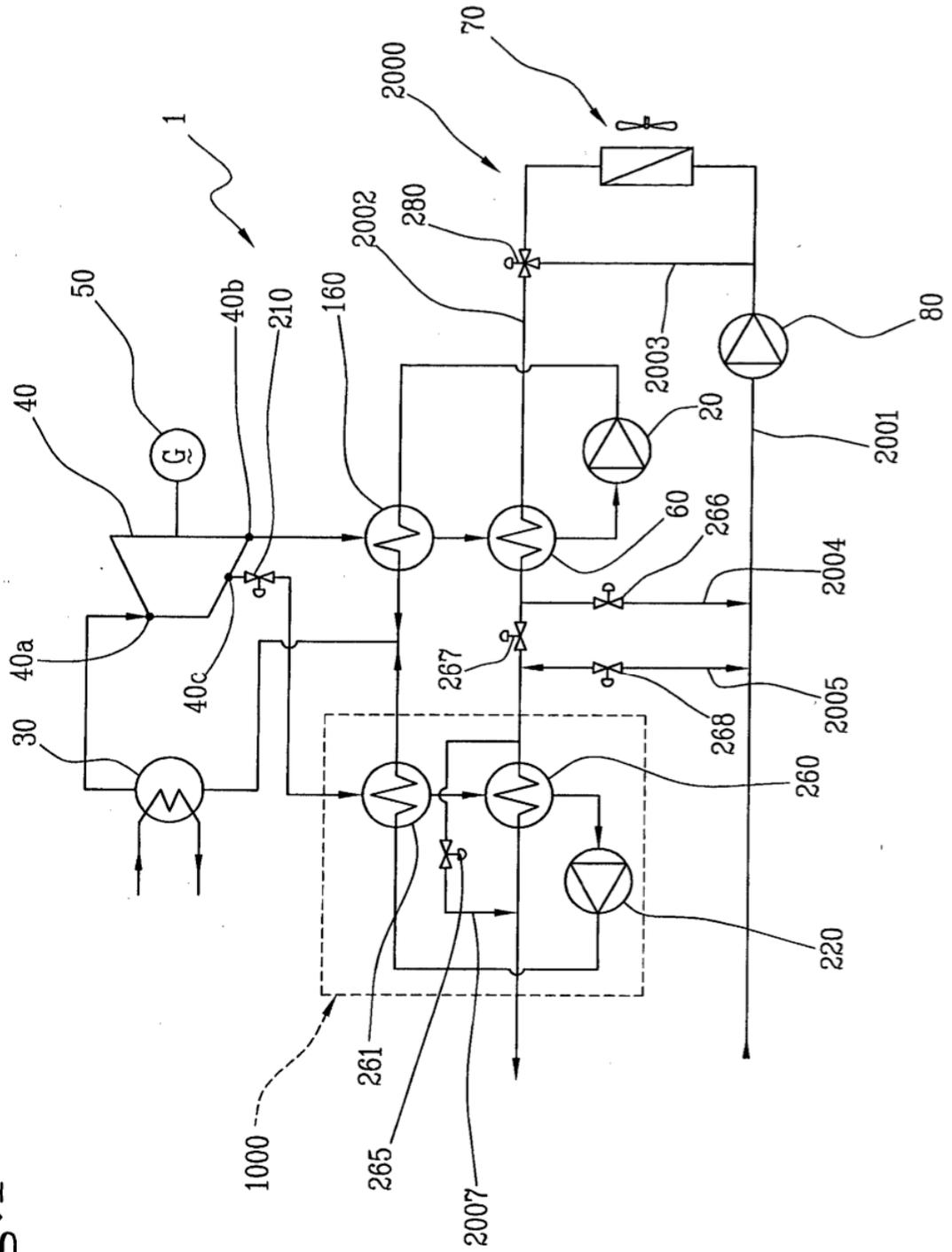


Fig.1B

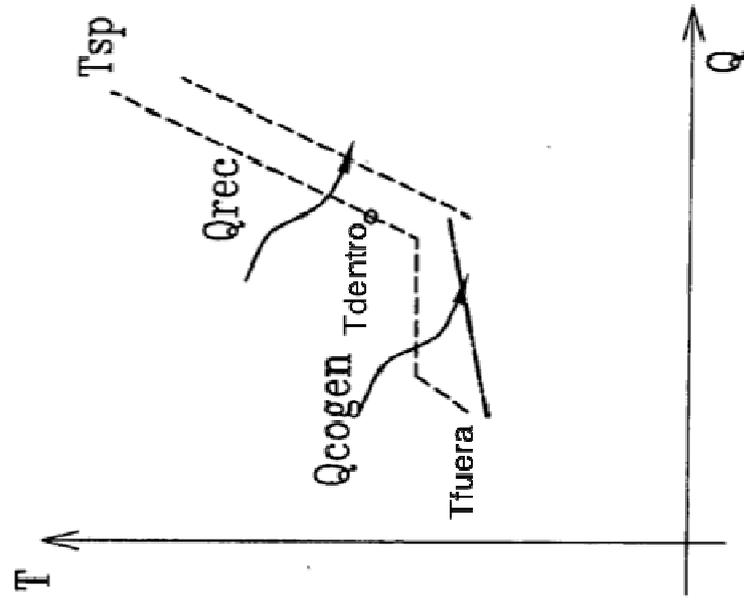


Fig.1A

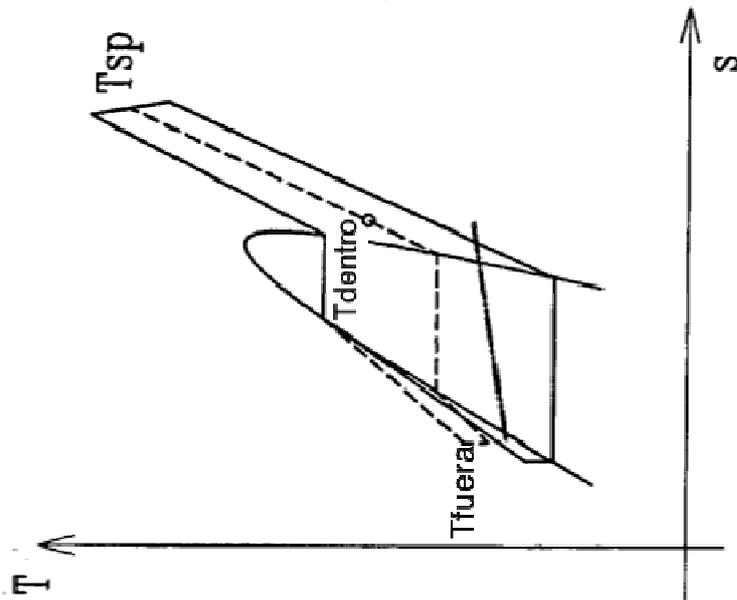


Fig.1C

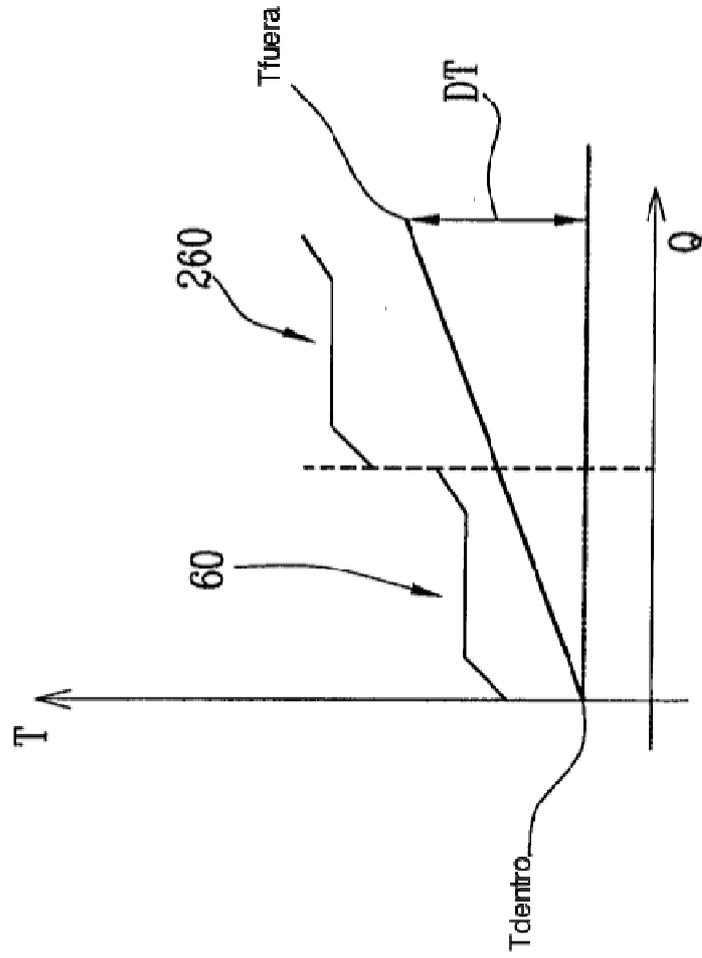
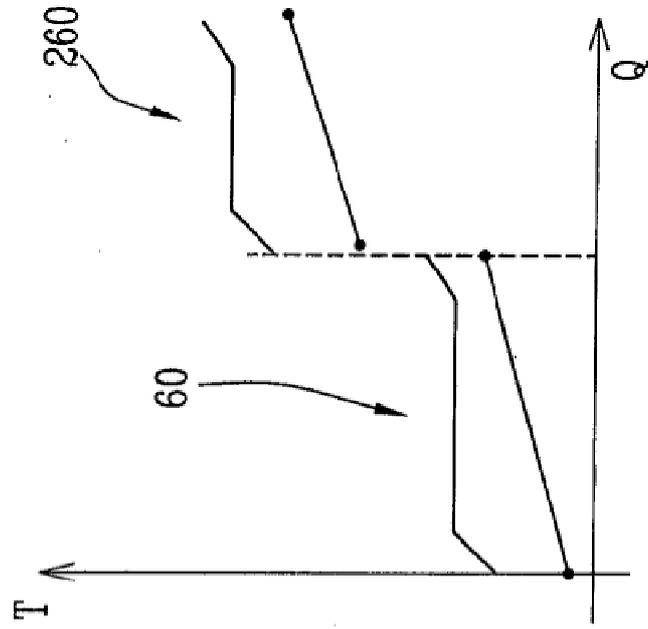


Fig.1D



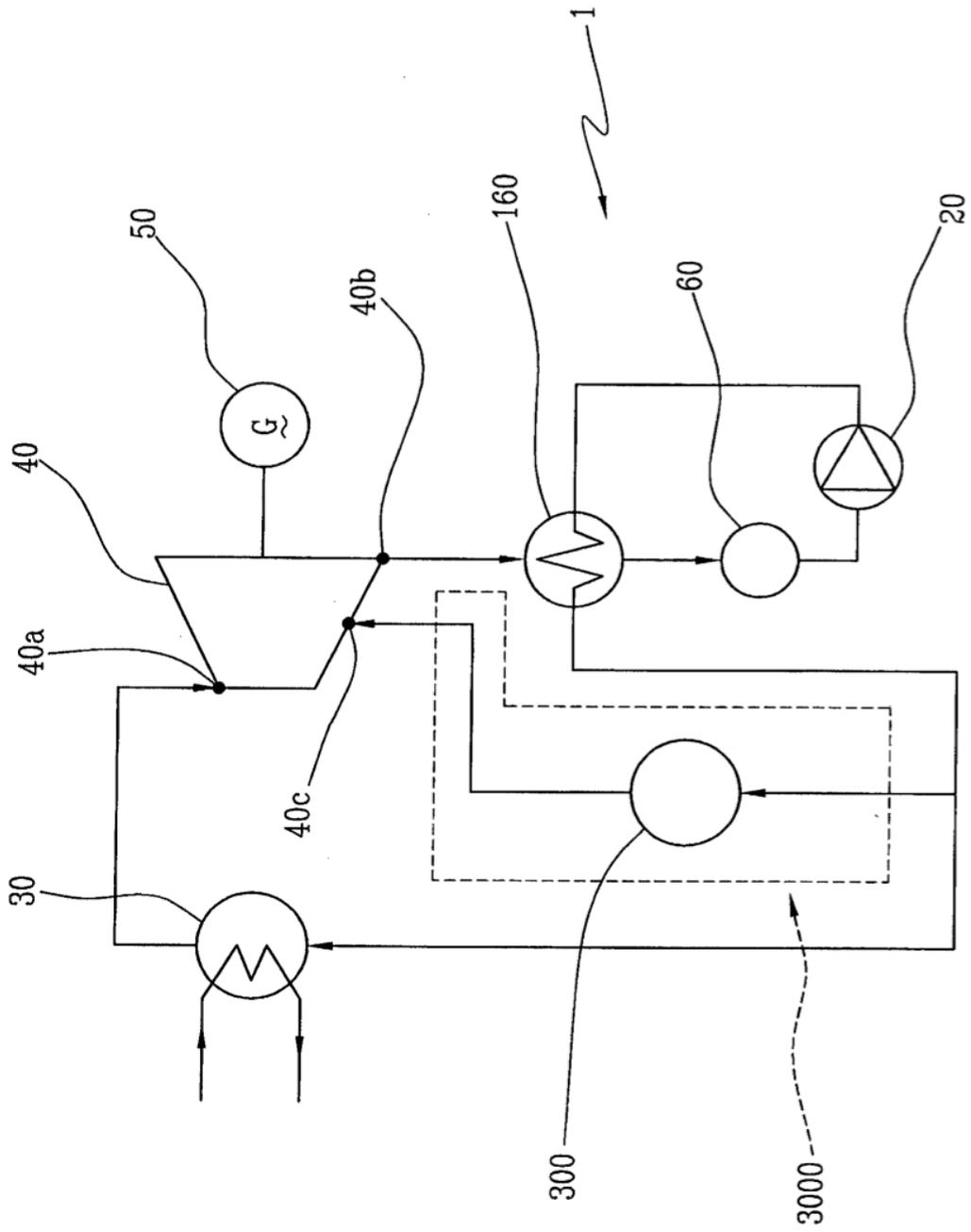


Fig. 2

Fig.3

