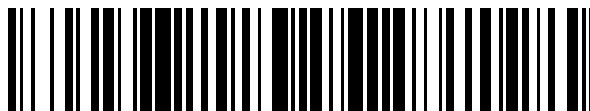


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 479 215**

21 Número de solicitud: 201300095

51 Int. Cl.:

F01K 23/08 (2006.01)

F23R 3/00 (2006.01)

F23C 9/00 (2006.01)

F23C 99/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

23.01.2013

43 Fecha de publicación de la solicitud:

23.07.2014

Fecha de la concesión:

29.01.2015

45 Fecha de publicación de la concesión:

05.02.2015

73 Titular/es:

**UNIVERSIDADE DA CORUÑA (100.0%)
OTRI - Edificio de Servicios Centrales de
Investigación, Campus de Elviña, s/n
15071 A Coruña (A Coruña) ES**

72 Inventor/es:

**FERREIRO GARCÍA, Ramón;
ROMERO GÓMEZ, Manuel y
ROMERO GÓMEZ, Javier**

54 Título: **Máquina térmica de combustión externa sobrealimentada de ciclo Rankine**

57 Resumen:

La invención denominada "Máquina térmica de combustión externa sobrealimentada de ciclo Rankine", es la conversión de energía térmica a eléctrica vía energía mecánica mediante un ciclo de Rankine utilizando como fuente de energía térmica la combustión del gas natural en una cámara de combustión sobrealimentada. El ciclo Rankine opera con dióxido de carbono. El calor de los gases de combustión al abandonar los haces vaporizador, sobrecalentador y recalentador es aprovechado para post-calentar el aire de combustión presurizado por medio de un turbo-compresor accionado por los gases de la combustión. Este invento contribuye al incremento de eficiencia global de la planta alcanzando valores superiores al 42% y a conseguir una planta más compacta que las convencionales de ciclo Rankine. El incremento de eficiencia global de esta planta obedece al aprovechamiento del calor de los gases de escape y al calor de rechazo del sistema de combustión. La reducción de tamaño de la planta respecto a las convencionales de ciclo Rankine se consigue al tener el sistema de combustión presurizado.

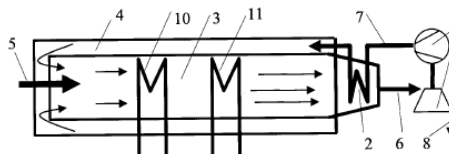


FIGURA 1

ES 2 479 215 B2

DESCRIPCIÓN

MÁQUINA TÉRMICA DE COMBUSTIÓN EXTERNA SOBREALIMENTADA DE CICLO RANKINE.

5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo técnico de la conversión de energía térmica procedente de combustibles fósiles en energía eléctrica mediante ciclos termodinámicos del tipo Rankine.

10

OBJETIVO DE LA INVENCION

El objetivo de la presente invención denominada "Máquina térmica de combustión externa sobrealimentada de ciclo Rankine", es la conversión de energía térmica a eléctrica vía energía mecánica mediante un ciclo de Rankine utilizando como fuente de energía térmica la combustión del gas natural en una cámara de combustión sobrealimentada mediante un turbocompresor accionado por los gases de escape. El ciclo Rankine opera con dióxido de carbono. El calor de los gases de combustión al abandonar los haces vaporizador, sobrecalentador y recalentador son aprovechados para post-calentar el aire de combustión presurizado por medio de un turbo-compresor accionado por los gases de la combustión de modo similar a los motores de combustión interna de ciclo Diesel. Este invento contribuye al incremento de eficiencia global de la planta alcanzando valores superiores al 42% y a conseguir una planta más compacta que las convencionales de ciclo Rankine. (si nos referimos a la eficiencia térmica es el 63% y si nos referimos a la eficiencia total o global es el 42%). El incremento de eficiencia global de esta planta obedece al aprovechamiento del calor de los gases de escape y al calor de rechazo del sistema de combustión. La reducción de tamaño de la planta respecto a las convencionales de ciclo Rankine se consigue al tener el sistema de combustión presurizado.

30

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las plantas de conversión de energía térmica a eléctrica actuales vía energía mecánica proporcionada por turbinas operando con ciclos de Rankine, utilizando combustibles fósiles están basadas en una fuente térmica denominada caldera en

35

donde los gases de la combustión operan a presiones ligeramente superiores a la atmosférica.

En el estado actual de la tecnología relacionada con la conversión de energía tanto de alta como de baja temperatura que operan mediante el ciclo Rankine convencional, no es conocida ninguna alternativa semejante a la de las características de este invento. No son conocidas las plantas térmicas que utilizan ciclos Rankine, en donde la combustión sea llevada a cabo a altas presiones.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

10

En esta sección se describen a modo ilustrativo y no limitativo, los componentes que constituyen el sistema de combustión a alta presión y el ciclo Rankine para facilitar la comprensión de la invención, en donde se hace referencia a las siguientes figuras:

15 Figura 1. Sistema de combustión de la Máquina térmica sobrealimentada de ciclo Rankine.

Figura 2. Ciclo Rankine

Los componentes referenciados en las figuras 1 y 2 se identifican como sigue:

- 20 1. Turbocompresor de sobrealimentación de aire accionado por los gases de escape.
2. Calentador de aire de combustión.
3. Cámara de combustión.
4. Cámara de sobrecalentamiento del aire de combustión.
5. Conducto de alimentación de combustible a la cámara de combustión.
25 6. Conducto de alimentación de gases de escape al turbo compresor.
7. Conducto de descarga de aire del turbocompresor.
8. Conducto de salida de gases de escape a la atmósfera.
10. Haz tubular vaporizador-sobrecalentador de la turbina de alta presión.
11. Haz tubular recalentador de la turbina de baja presión.
30 12. Turbina de alta presión.
13. Turbina de baja presión.
14. Condensador del ciclo Rankine.
15. Bomba de alimentación del ciclo Rankine.
16. Regenerador del ciclo Rankine.
35 17. Generador eléctrico.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La máquina térmica de combustión sobrealimentada de ciclo Rankine está constituida por dos módulos (a) y (b), los cuales consisten en:

- 5 (a), el sistema de combustión para combustibles fósiles gaseosos o líquidos (preferentemente gas natural o hidrógeno) mostrado en la figura 1 y
(b), el sistema de conversión de energía térmica a eléctrica vía energía mecánica por medio de una o dos turbinas operando bajo un ciclo de Rankine, mostrado en la figura 2.

10 Módulo (a)

Consiste en el sistema de combustión mostrado en la figura 1 en el que el aire de combustión es alimentado mediante un turbocompresor (1) accionado por los gases de escape, los cuales calientan al aire de combustión antes de salir a la atmósfera.

El módulo (a) está constituido por los siguientes elementos:

- 15 Turbocompresor (1) de alimentación de aire accionado por los gases de escape.
Calentador de aire de combustión (2), que admite el aire comprimido del conducto de descarga (7) del turbocompresor y los descarga hacia la cámara de sobrecalentamiento del aire de combustión (4).
Cámara de combustión (3), que permite la reacción de combustión entre el
20 combustible fósil y el aire sobrecalentado.
Cámara de sobrecalentamiento del aire de combustión (4) que tiene la misión de recuperar el calor evadido de la cámara de combustión (3) a través de las paredes de la envolvente de la cámara de de combustión (3).
Conducto de alimentación de combustible (5) a la cámara de combustión (3).
25 Conducto de alimentación de gases de escape al turbo compresor (6).
Conducto de descarga de aire del turbocompresor (7) hacia el calentador de aire de combustión (2).
Conducto de salida de gases de escape a la atmósfera (8).
(b) El sistema de conversión de energía térmica a eléctrica mediante un ciclo de
30 Rankine mostrado en la figura 2 el cual está constituido por los siguientes elementos:
Haz tubular vaporizador-sobrecalentador (10) de suministro a de vapor a la turbina de alta presión.
Haz tubular recalentador (11) de suministro de vapor a la turbina de baja presión.
Turbina de alta presión (12).
35 Turbina de baja presión (13).
Condensador del ciclo Rankine (14) que admite el vapor procedente del regenerador de calor (16).

Bomba de alimentación del ciclo Rankine (15) que bombea el agua de alimentación desde el condensador (14) a través del regenerador de calor (16).

5 Regenerador de calor del ciclo Rankine (16) que intercambia energía térmica procedente de la evacuación de la turbina de baja presión (13) con el fluido de trabajo de alimentación procedente de la bomba de alimentación (15).

Generador eléctrico (17) accionado por las turbinas de alta y baja presión (12) y (13) acopladas entre sí mediante eje.

El procedimiento de operación de los módulos (a) y (b) descritos, es el siguiente:

10 En el módulo (a) los gases de combustión a alta temperatura, ceden calor al haz tubular vaporizador-sobrecalentador de la turbina de alta presión (10), seguidamente ceden calor al haz tubular recalentador de la turbina de baja presión (11) y posteriormente, en su desplazamiento hacia la atmósfera ceden calor al aire de combustión por medio del calentador de aire de combustión (2). Al abandonar el calentador de aire con suficiente energía térmica pasan a accionar el turbocompresor
15 (1) de sobrealimentación de aire, siendo evacuados por medio del conducto de salida de gases de escape a la atmósfera (8).

En el módulo (b) el fluido de trabajo, elegido entre dióxido de carbono, etano, xenón, amoníaco o agua, es aspirado por la bomba de alimentación (15) desde el condensador (14), para ser bombeado hacia el haz tubular vaporizador-sobrecalentador (10). Una vez el fluido en estado de vapor, alimenta a la turbina de alta presión (12) y es evacuado a través del recalentador de vapor (11) hacia la turbina de baja presión (13), cediendo el exceso de energía térmica a un regenerador de calor (16). Seguidamente es condensado en el condensador (14), para repetir el ciclo indefinidamente.

25

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES PREFERENTES DE LA INVENCION

En coherencia con la descripción del invento se resalta una realización preferente de la invención en la figura 1 y constituida por el sistema de combustión dotado del
30 turbocompresor (1) de alimentación de aire comprimido para la combustión.

REIVINDICACIONES

1ª. MÁQUINA TÉRMICA DE COMBUSTIÓN EXTERNA SOBREALIMENTADA DE CICLO RANKINE. Caracterizada porque comprende dos módulos (a) y (b), los cuales
5 consisten en:

Módulo (a) que consiste en el sistema de combustión en el que el aire de combustión es alimentado mediante un turbocompresor (1) accionado por los gases de escape, los cuales calientan al aire de combustión antes de salir a la atmósfera.

El módulo (a) está constituido por los siguientes elementos:

- 10 -Turbocompresor (1) de alimentación de aire accionado por los gases de escape.
-Calentador de aire de combustión (2), que admite el aire comprimido del conducto de descarga (7) del turbocompresor y los descarga hacia la cámara de sobrecalentamiento del aire de combustión (4).
-Cámara de combustión (3), que permite la reacción de combustión entre el
15 combustible fósil y el aire sobrecalentado.
-Cámara de sobrecalentamiento del aire de combustión (4) que tiene la misión de recuperar el calor evadido de la cámara de combustión (3) a través de las paredes de la envolvente de la cámara de de combustión (3).
-Conducto de alimentación de combustible (5) a la cámara de combustión (3).
20 -Conducto de alimentación de gases de escape al turbo compresor (6).
-Conducto de descarga de aire del turbocompresor (7) hacia el calentador de aire de combustión (2).
-Conducto de salida de gases de escape a la atmósfera (8).

Módulo (b), que consiste en

- 25 -Haz tubular vaporizador-sobrecalentador de suministro a de vapor a la turbina de alta presión (10).
-Haz tubular recalentador de suministro de vapor a la turbina de baja presión (11).
-Turbina de alta presión (12).
-Turbina de baja presión (13).
30 Condensador del ciclo Rankine (14) que admite el vapor procedente del regenerador de calor (16).
-Bomba de alimentación del ciclo Rankine (15) que bombea el agua de alimentación desde el condensador (14) a través del regenerador de calor (16).
-Regenerador de calor del ciclo Rankine (16) que intercambia energía térmica
35 procedente de la evacuación de la turbina de baja presión (13) con el agua de alimentación procedente de la bomba de alimentación (15).

-Generador eléctrico (17) accionado por las turbinas de alta y baja presión (12) y (13) acopladas entre sí mediante eje.

5 2ª. MÁQUINA TÉRMICA DE COMBUSTIÓN EXTERNA SOBREALIMENTADA DE CICLO RANKINE, según reivindicación primera caracterizada porque el aire de combustión es alimentado mediante un turbocompresor accionado por los gases de escape.

10 3ª. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA TÉRMICA DE COMBUSTIÓN EXTERNA SOBREALIMENTADA DE CICLO RANKINE, según reivindicación primera caracterizado porque los módulos (a) y (b) operan del siguiente modo:

En el módulo (a) los gases de combustión a alta temperatura, ceden calor al haz tubular vaporizador-sobrecalentador de la turbina de alta presión (10), seguidamente
15 ceden calor al haz tubular recalentador de la turbina de baja presión (11) y posteriormente, en su desplazamiento hacia la atmósfera ceden calor al aire de combustión por medio del calentador de aire de combustión (2). Al abandonar el calentador de aire con suficiente energía térmica pasan a accionar el turbocompresor (1) de sobrealimentación de aire, siendo evacuados por medio del conducto de salida
20 de gases de escape a la atmósfera (8).

En el módulo (b) el fluido de trabajo, elegido entre dióxido de carbono, etano, xenón, amoníaco o agua, es aspirado por la bomba de alimentación (15) desde el condensador (14), para ser bombeado hacia el haz tubular vaporizador-sobrecalentador (10). Una vez el fluido en estado de vapor, alimenta a la turbina de
25 alta presión (12) y es evacuado a través del recalentador de vapor (11) hacia la turbina de baja presión (13), y cediendo el exceso de energía térmica a un regenerador de calor (16). Seguidamente es condensado en el condensador (14), para repetir el ciclo indefinidamente.

30

35

40

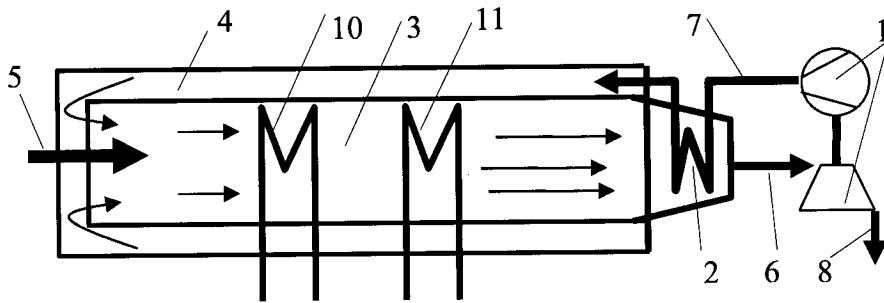


FIGURA 1

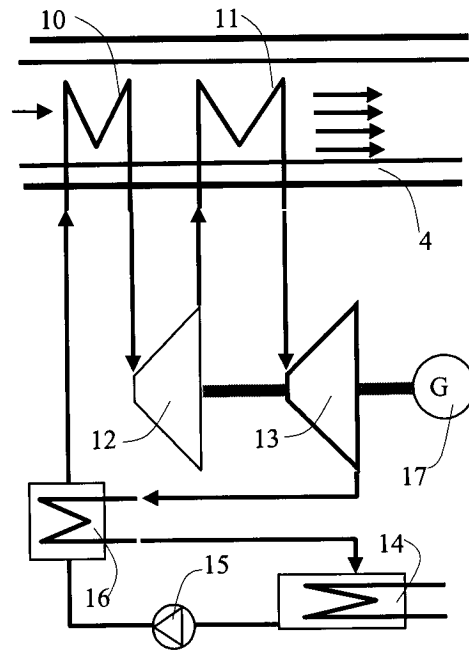


FIGURA 2



②① N.º solicitud: 201300095

②② Fecha de presentación de la solicitud: 23.01.2013

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2011179799 A1 (ALLAM RODNEY JOHN et al.) 28.07.2011, resumen; párrafos [5],[18],[20],[160],[243-248],[263-265]; figuras.	1-3
A	US 6263664 B1 (TANIGAWA HIROYASU et al.) 24.07.2001, resumen; columna 1, líneas 5-25; columna 4, línea 55 – columna 5, línea 23; figura 1.	1-3
A	US 5303544 A (KOBAYASHI HIROSHI et al.) 19.04.1994, todo el documento.	1-3
A	WO 2005045316 A2 (SARGAS AS et al.) 19.05.2005, todo el documento.	1-3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.05.2014

Examinador
E. García Lozano

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F01K23/08 (2006.01)

F23R3/00 (2006.01)

F23C9/00 (2006.01)

F23C99/00 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F01K, F23R, F23C

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.05.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-3	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-3	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2011179799 A1 (ALLAM RODNEY JOHN et al.)	28.07.2011
D02	US 6263664 B1 (TANIGAWA HIROYASU et al.)	24.07.2001
D03	US 5303544 A (KOBAYASHI HIROSHI et al.)	19.04.1994
D04	WO 2005045316 A2 (SARGAS AS et al.)	19.05.2005

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La presente solicitud se refiere a una máquina térmica de combustión externa sobrealimentada de ciclo rankine, que comprende dos módulos; y se refiere también al procedimiento de operación de la misma.

El primer modulo es el sistema de combustión, donde el aire de combustión es alimentado por un turbocompresor (1) accionado por los gases de escape que calientan el aire de combustión antes de salir a la atmósfera. La cámara de combustión (3) está envuelta por una cámara de sobrecalentamiento (4) que recupera el calor evadido de la cámara de combustión. Este módulo también dispone de un calentador de aire de combustión (2) que admite el aire comprimido de la descarga del turbocompresor (1) y lo descarga hacia la cámara de sobrecalentamiento (4) del aire de combustión.

El segundo módulo comprende el ciclo rankine con los siguientes elementos: una turbina de alta presión (12) y otra de baja presión (13) que accionan un generador (17), un haz tubular vaporizador-sobrecalentador (10) de suministro a la turbina de alta presión, un haz recalentador (11) de suministro a la turbina de baja presión, bomba de alimentación (15), condensador (14), y regenerador que intercambia energía procedente de la turbina de baja presión con el agua de alimentación de la bomba de alimentación (Reiv.1).

El aire de combustión es alimentado mediante un turbocompresor accionado por los gases de escape (Reiv.2)

El procedimiento de operación del sistema es el siguiente (Reiv.3):

En el primer módulo se calientan los haces tubulares con los gases de combustión, y posteriormente se calienta el aire de combustión con los gases de combustión en un calentador (2). Al abandonar el calentador de aire (2) los gases de combustión accionan el turbocompresor (1) y finalmente son evacuados a la atmósfera.

En el segundo módulo el fluido de trabajo, elegido entre dióxido de carbono, etano, xenón, amoniaco o agua, es aspirado por la bomba de alimentación (15) desde el condensador (14), hacia el haz tubular vaporizador sobrecalentador (10). Posteriormente el fluido vaporizado alimenta a la turbina de alta presión (12), pasa por el recalentador de vapor (11) hacia la turbina de baja presión (13), y cede calor al fluido de alimentación en un regenerador de calor (16). Por último, es condensado en el condensador (14), para completar el ciclo.

El documento D01 divulga un sistema de generación de energía que emplea un sistema combustor (220) de alta eficiencia en combinación con el fluido de circulación por el mismo (ver resumen). El combustor del sistema tiene una cámara de combustión (222) rodeada de una cámara (2338) por la que puede circular fluido para aprovechar la energía de la combustión (figura 1 y párrafo 160). El fluido que sale del combustor puede expandirse en una turbina y pasar posteriormente por un intercambiador de calor que calienta el fluido de entrada en el combustor (ver figura 12 y párrafo 246). También se incluye el empleo de compresores para circular el fluido de trabajo (párrafo 248). En una de las opciones de diseño, se considera que el fluido a la salida de la turbina puede emplearse en un intercambiador de calor para sobrecalentar vapor que se empleará en una central térmica convencional que emplea como combustible con carbón (párrafos 263-265).

El documento D02 divulga un sistema de generación de energía que combina vapor y gas. El módulo de la generación por turbina de gas comprende un compresor, una cámara de combustión, y una turbina de gas, de forma que se dispone un cambiador de calor a la salida de la turbina de gas para aprovechar la energía de los gases de escape (ver figura 1). El módulo de generación por turbina de vapor incluye turbinas de alta, media y baja presión, cambiadores de calor dentro de la cámara de combustión y entre las distintas turbinas, y tras la turbina de baja presión un condensador y un recuperador de calor que aprovecha la energía de los gases de escape de la turbina de gas.

Como puede verse, el documento D02 divulga un sistema con dos módulos diferenciados en el que ambos están vinculados en la cámara de combustión. Por su parte, el sistema divulgado en el documento D01 comprende una cámara de combustión tras la cual el fluido de trabajo pasa por una turbina y posteriormente por un intercambiador de calor que calienta el fluido de entrada en el combustor. La combinación de ambos documentos anticipa algunas de las características de la solicitud, sin embargo, no operaría de forma semejante al sistema propuesto.

Como diferencias más notables está la recuperación del calor de los gases de combustión antes de la expansión en la turbina de gas, el empleo de un turbocompresor accionado por dicha turbina para la alimentación de aire a la cámara de combustión, y el empleo de un regenerador en el módulo de vapor.

No se considera evidente la combinación de más documentos para obtener el fin propuesto en la solicitud, de modo que se considera que la solicitud es nueva e inventiva de acuerdo a los artículos 6 y 8 de la Ley de Patentes.