

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 700**

21 Número de solicitud: 201200701

51 Int. Cl.:

F01K 25/10 (2006.01)

F01K 25/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

29.06.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

03.01.2014

88 Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

13.02.2014

Fecha de la concesión:

23.12.2014

45 Fecha de publicación de la concesión:

05.01.2015

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: **Planta térmica de ciclos rankine en serie**

57 Resumen:

La invención denominada "Planta térmica de ciclos Rankine en serie", consiste en el proceso de conversión de energía térmica a eléctrica vía energía mecánica mediante asociación de dos ciclos Rankine regenerativos en serie en donde los gases de la combustión ceden primeramente el calor de alta temperatura al ciclo Rankine de alta temperatura operando con dióxido de carbono y seguidamente ceden calor a menor temperatura al ciclo Rankine de baja temperatura, el cual opera opcionalmente con xenón, etano, amoníaco o agua. El calor rechazado por el sistema de combustión después de ceder el calor posible a los ciclos Rankine en serie, es aprovechado para calentar el aire necesario para la combustión.

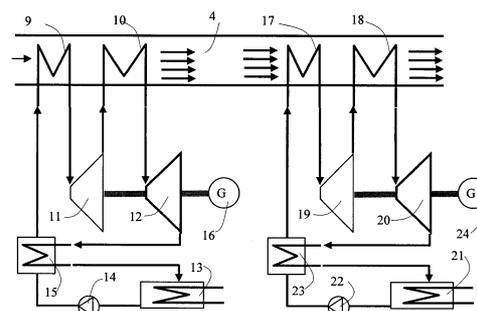


FIGURA 2

ES 2 436 700 B1

DESCRIPCIÓN

PLANTA TÉRMICA DE CICLOS RANKINE EN SERIE

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5 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 con regeneración.

OBJETIVO DE LA INVENCION

10

El objetivo de la presente invención denominada "Planta térmica de ciclos Rankine en serie", es el incremento de la eficiencia térmica del proceso de conversión de energía térmica a eléctrica vía energía mecánica, mediante asociación de dos ciclos Rankine regenerativos en serie en donde los gases de la combustión ceden primeramente calor al ciclo Rankine de alta temperatura y seguidamente ceden calor al ciclo Rankine de baja temperatura. El ciclo Rankine de alta temperatura opera con dióxido carbono, mientras que el ciclo Rankine de baja temperatura opera opcionalmente con xenón, etano, propileno, propano, amoníaco o agua. El calor rechazado por el sistema de combustión es aprovechado para recalentar el aire de combustión. El incremento de eficiencia térmica de esta planta obedece al aprovechamiento del calor de los gases de combustión al ser capturado en su mayor parte por los haces tubulares de los ciclos de Rankine en serie y al aprovechamiento del calor residual de los gases de combustión el cual es transferido al aire de alimentación de combustión, devolviendo el calor residual al ciclo.

25

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 dos estructuras de planta:

30

- Ciclos de Rankine regenerativos operando con un fluido de trabajo como el agua o un fluido orgánico,
- Ciclos de Rankine binarios operando con dos fluidos de trabajo como el mercurio en el ciclo de alta temperatura y el agua en el ciclo de baja temperatura.

35

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 dos ciclos de Rankine en serie, donde el ciclo de alta temperatura opera con dióxido de carbono y el ciclo de baja temperatura opera opcionalmente con xenón, etano, propileno, propano, amoníaco o agua.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

10

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integral de la misma, un conjunto de figuras en el que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se representa lo siguiente:

15 **Figura 1. Sistema de combustión de la planta térmica de ciclos Rankine en serie.**
Figura 2. Ciclos Rankine en serie.

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

1. Conducto de alimentación de aire al calentador de aire
- 20 2. Salida de gases de combustión
3. Calentador de aire
4. Cámara de combustión
5. Conducto de alimentación de combustible a la cámara de combustión
6. Conductos de alimentación de aire a la cámara de combustión
- 25 7. Conducto de aire a la cámara de combustión
8. Compresor de alimentación de aire de combustión
9. Haz tubular vaporizador-sobrecalentador del ciclo Rankine de alta temperatura
10. Haz tubular recalentador del ciclo Rankine de alta temperatura
11. Turbina de alta presión del ciclo Rankine de alta temperatura
- 30 12. Turbina de baja presión del ciclo Rankine de alta temperatura
13. Condensador del ciclo Rankine de alta temperatura
14. Bomba de alimentación del ciclo Rankine de alta temperatura
15. Regenerador del ciclo Rankine de alta temperatura
16. Generador eléctrico del ciclo Rankine de alta temperatura
- 35 17. Haz tubular vaporizador-sobrecalentador del ciclo Rankine de baja temperatura

18. Haz tubular recalentador del ciclo Rankine de baja temperatura
19. Turbina de alta presión del ciclo Rankine de baja temperatura
20. Turbina de baja presión del ciclo Rankine de baja temperatura
21. Condensador del ciclo Rankine de baja temperatura
5 22. Bomba de alimentación del ciclo Rankine de baja temperatura
23. Regenerador del ciclo Rankine de baja temperatura
24. Generador eléctrico del ciclo Rankine de baja temperatura

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

10

La planta térmica de ciclos Rankine en serie está constituida por:

- Un sistema de combustión dotado de la planta térmica de ciclos Rankine en serie para utilizar combustibles fósiles mostrada en la figura 1.
- Dos ciclos Rankine en serie aguas abajo con respecto a la captación de energía de los gases de la combustión, mostrados en la figura 2, donde el primer ciclo que absorbe calor de los gases de combustión se denomina ciclo de alta temperatura y el ciclo que absorbe calor de los gases procedentes del primer ciclo recibe el nombre de ciclo de baja temperatura.

15
20 El ciclo Rankine en serie de alta temperatura opera con dióxido de carbono mientras que el ciclo Rankine en serie de baja temperatura opera opcionalmente con xenón, etano, propileno, propano, amoníaco o agua.

Tanto el ciclo de alta temperatura como el de baja temperatura, el fluido de trabajo transforma su energía térmica en mecánica mediante turbinas de alta presión (11), (19) y baja presión (12), (20) respetivamente. La energía mecánica desarrollada se transforma en eléctrica en generadores (16) y (24). La turbina de baja temperatura (12) del ciclo de alta temperatura es de contrapresión, para favorecer la condensación cuasi-crítica. La turbina de baja presión (20) del ciclo de baja temperatura es de contrapresión o no en función del fluido de trabajo.

25
30 Los gases de la combustión a alta temperatura en la cámara de combustión (4) ceden calor al haz vaporizador-sobrecalentador del ciclo de alta temperatura (9), seguidamente al circular hacia la atmósfera ceden calor al haz recalentador de ciclo de alta temperatura (10). Posteriormente, en su desplazamiento ceden calor al haz vaporizador-sobrecalentador del ciclo de baja temperatura (17), seguidamente cede calor al haz recalentador del ciclo de baja temperatura (18) y finalmente ceden calor al
35 aire de combustión procedente de la atmósfera por medio de un calentador de aire (3).

El aire aspirado de la atmósfera es impulsado por el compresor (8) que lo fuerza a atravesar el calentado de aire (3) para ser transferido a la cámara de combustión por el exterior de la envolvente de la cámara de combustión (7) de manera que realice la función de aislante térmico de la cámara de combustión y captador de la máxima cantidad posible de energía térmica evadida de la cámara de combustión para evitar que sea perdida por transferencia de calor al exterior.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES PREFERENTES DE LA INVENCION

10 En coherencia con la descripción del invento se resalta una realización preferente de la invención mostrada en la figura 2 y constituida por:

El ciclo de alta temperatura constituido por dos turbinas que consisten en turbinas de alta (11) y baja presión (12) operando con dióxido de carbono, donde la turbina de baja es de contrapresión para favorecer la condensación del dióxido de carbono a su temperatura y presión cuasi-crítica (300 K y 67 bar).

El ciclo de baja temperatura constituido opcionalmente por una o dos turbinas dependiendo del fluido de trabajo. Tanto en el caso de una turbina como en el caso de dos turbinas de alta presión (19) y baja presión (20), los fluidos de trabajo como el xenón y el etano realizan la condensación a sus correspondientes temperaturas presiones cuasi-críticas, mientras que en el caso del amoníaco, propileno y propano como fluidos de trabajo se realiza la condensación a temperatura ambiente y su correspondiente presión, resultando una turbina de baja presión de contrapresión. En caso de que el ciclo de baja temperatura opere con agua, la turbina de baja presión es de evacuación a la presión del condensador que coincide con la temperatura ambiente de condensación, es decir no es una turbina de contrapresión. Tanto el ciclo de alta temperatura como el de baja temperatura ceden la energía mecánica desarrollada por las turbinas a los respectivos generadores (16) y (24).

REIVINDICACIONES

- 1ª. PLANTA TÉRMICA DE CICLOS RANKINE EN SERIE, caracterizado porque comprende:
- 5 Dos ciclos de Rankine en serie con respecto a los gases de la combustión, en donde el primer ciclo Rankine de alta temperatura opera con dióxido de carbono y el segundo ciclo Rankine de baja temperatura operando opcionalmente con xenón, etano, propileno, propano, amoníaco o agua.
- 10 2ª. Planta, según la reivindicación 1, caracterizada porque la los gases de combustión evacuados ceden el calor residual al aire de combustión mediante un intercambiador de calor (3).
- 15 3ª. Planta, según la reivindicación 1, caracterizada porque el fluido de trabajo del ciclo Rankine de alta temperatura es el dióxido de carbono y los fluidos de trabajo del ciclo Rankine de baja temperatura son opcionalmente el xenón, etano, propileno, propano, amoníaco o agua.

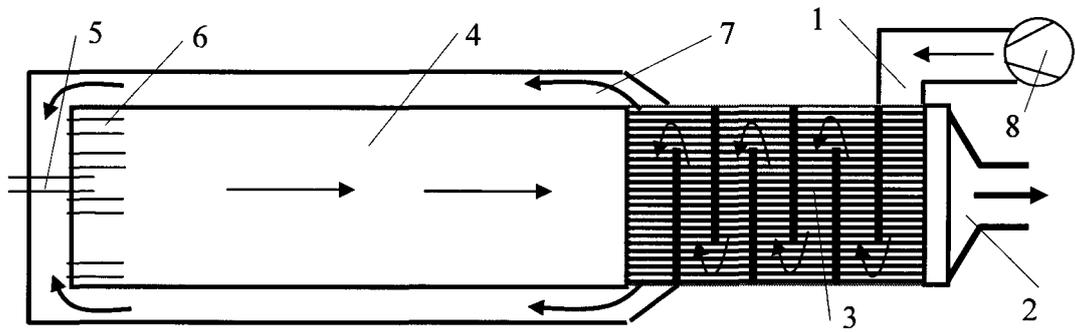


FIGURA 1

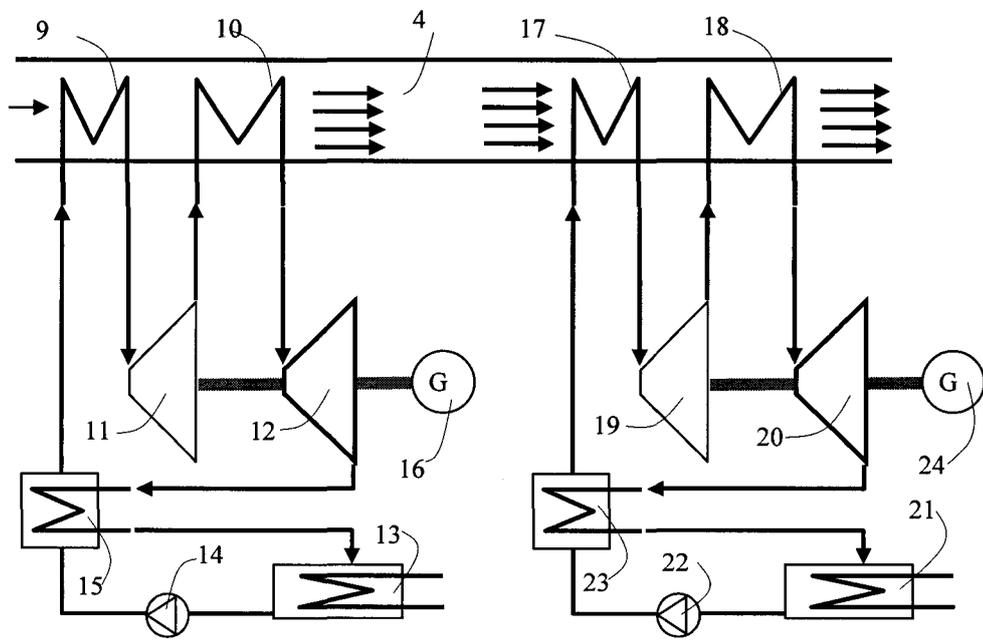


FIGURA 2



- ②¹ N.º solicitud: 201200701
 ②² Fecha de presentación de la solicitud: 29.06.2012
 ③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **F01K25/10** (2006.01)
F01K25/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	WO 2011089037 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD et al.) 28.07.2011, página 1, líneas 13-19; página 2, líneas 19-30; página 4, línea 23 – página 5, línea 5; reivindicaciones; figura 1.	1-3
Y	WO 2011007236 A2 (ORMAT TECHNOLOGIES INC et al.) 20.01.2011, Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; página 3, líneas 1-3; página 6, líneas 9-11; figuras.	1-3
A	JP 2000204909 A (OSAKA GAS CO LTD) 25.07.2000, Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; figuras.	1-3
A	EP 2224165 A2 (HITACHI LTD) 01.09.2010, párrafos [18],[29-30],[38]; figuras.	1-2
A	WO 2011081666 A1 (ECOTHERMICS CORP et al.) 07.07.2011, 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
05.02.2014

Examinador
E. García Lozano

Página
1/4

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

F01K

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: 05.02.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-3	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-3	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	WO 2011089037 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD et al.)	28.07.2011
D02	WO 2011007236 A2 (ORMAT TECHNOLOGIES INC et al.)	20.01.2011
D03	EP 2224165 A2 (HITACHI LTD)	01.09.2010

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 planta térmica en la que se emplean dos ciclos Rankine en serie, donde el ciclo de alta temperatura opera con dióxido de carbono y el de baja temperatura opera con uno de los siguientes fluidos: xenón, etano, propileno, propano, amoníaco o agua (Reiv.1 y 3).

Los gases de combustión ceden posteriormente el calor residual al aire de combustión mediante un intercambiador de calor (Reiv.2).

El empleo de dos ciclos Rankine en serie se ha encontrado en el documento D01, donde se incluyen al menos dos ciclos en serie (20, 30) con respecto a su foco de calor (ciclo 10) para un mejor aprovechamiento de dicha fuente de energía (ver página 5 líneas 1 a 5 y figura 1 en D01). Estos ciclos pueden ser ciclos Rankine, siendo el de alta temperatura un ciclo Rankine Orgánico, y operando en ciclo de baja temperatura (ciclo 20) con vapor (ver reivindicaciones).

La diferencia entre los ciclos de la reivindicación 1 de la solicitud y los ciclos divulgados en D01 radica en el empleo de gases de combustión como foco caliente en los ciclos Rankine, y en el empleo de dióxido de carbono como fluido del ciclo de alta temperatura.

Estas características se han encontrado en el documento D02. No resultaría inventivo colocar dos ciclos en serie en lugar de uno para el aprovechamiento de los gases de escape de la turbina a la vista de los documentos D01 y D02. Adicionalmente, en D02 se indica que el fluido de trabajo de su ciclo Rankine, que se correspondería con el ciclo de alta temperatura, es dióxido de carbono (ver página 3 líneas 1 a 3 y figura 1 en D02).

Adicionalmente, el precalentamiento del aire de entrada empleando la energía residual de los gases de escape tras su aprovechamiento en ciclos resulta una opción de diseño ampliamente conocida por un experto en la materia, a la vista del documento D03.

Por lo tanto, se considera que la invención es nueva pero no inventiva (Art. 6 y 8 Ley de Patentes 11/1986).