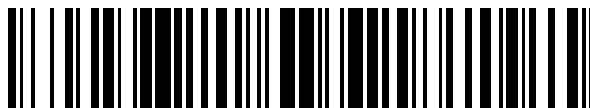


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 893 976**

21 Número de solicitud: 202130679

51 Int. Cl.:

**F01K 23/04** (2006.01)

**F25B 27/00** (2006.01)

**F01K 19/00** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**16.07.2021**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**10.02.2022**

Fecha de concesión:

**20.06.2022**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**27.06.2022**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A  
DISTANCIA (UNED) (64.0%)**

**C/ Bravo Murillo 38, 3º Planta**

**28015 Madrid (Madrid) ES y**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (36.0%)**

72 Inventor/es:

**ROVIRA DE ANTONIO, Antonio;**

**BARBERO FRESNO, Rubén;**

**ABBAS CÁMARA, Rubén;**

**GONZÁLEZ PORTILLO, Luis Francisco y**

**MARTÍNEZ-VAL PEÑALOSA, José María**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

54 Título: **SISTEMA DE INTEGRACIÓN SINÉRGICA DE FUENTES DE ELECTRICIDAD DE ORIGEN RENOVABLE NO GESTIONABLE Y BOMBAS DE CALOR DE CO<sub>2</sub> EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS**

57 Resumen:

Sistema de integración sinérgica de una fuente de electricidad de origen renovable no gestionable y bombas de calor de CO<sub>2</sub> en centrales termoeléctricas y procedimiento de uso que permiten la incorporación de energía eléctrica de origen renovable en una central térmica convencional, así como su gestión, para que sea vertida a la red eléctrica en los momentos más adecuados y no cuando lo exige el recurso renovable. El dispositivo consiste en dotar a la central termoeléctrica de una fuente de electricidad de origen renovable no gestionable como, por ejemplo, un campo de paneles fotovoltaicos, un sistema de almacenamiento térmico, una bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico y un intercambiador de calor de descarga, que precalienta agua del ciclo de Rankine y que se dispone en paralelo con los precalentadores regenerativos de la central.

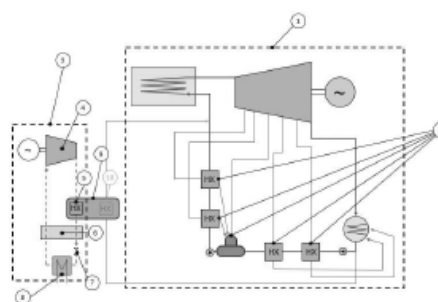


FIG. 2.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 893 976 B2

## DESCRIPCIÓN

5 **SISTEMA DE INTEGRACIÓN SINÉRGICA DE FUENTES DE ELECTRICIDAD DE ORIGEN RENOVABLE NO GESTIONABLE Y BOMBAS DE CALOR DE CO<sub>2</sub> EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS**

### SECTOR DE LA TÉCNICA

La invención se encuadra en el campo de las centrales termoeléctricas.  
10 Su implementación resulta de especial interés en el caso particular de las centrales termosolares, en las que la producción de energía eléctrica se fundamenta en ciclos de tipo Rankine alimentados por energía solar térmica, hibridadas con energía solar fotovoltaica, si bien es aplicable a centrales termoeléctricas alimentadas con cualquier otra fuente térmica.

### 15 **PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER Y ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La energía solar es uno de los principales recursos para producir energía eléctrica a partir de fuentes renovables, no contaminantes y sostenibles. En la actualidad, existen dos alternativas para dicha generación de electricidad: la energía solar fotovoltaica y las plantas termosolares alimentadas con energía solar térmica concentrada. La tecnología fotovoltaica tiene un grado de madurez  
20 aceptable y un coste muy competitivo. Sin embargo, a día de hoy no es gestionable, debido a la inexistencia de sistemas de almacenamiento eléctrico plenamente desarrollados y con bajo impacto ambiental a futuro, por lo que vierten la electricidad instantáneamente a la red sin posibilidad de gestión. Esto mismo ocurre con la energía eólica, que se trata igualmente de una fuente de  
25 energía de gran capacidad sin posibilidad de gestión para acoplarse a la demanda.

Por otro lado, las plantas termosolares son sistemas más complejos y caros. Están fundamentadas en tecnologías de captación y transformación de energía muy variadas, no existiendo una tecnología comúnmente establecida o  
30 estandarizada que, previsiblemente, vaya a dominar sobre las otras. A pesar de esta variabilidad, todas las tecnologías termosolares tiene un denominador común, que es la facilidad en la gestión de la producción gracias a los sistemas de almacenamiento térmico. Esta característica hace que, a pesar de su mayor

coste, su integración en las redes eléctricas sea necesaria. En concreto, el recurso solar suele ser abundante en horas del día en las que la demanda de electricidad no es notable. Al contrario, las horas punta tienen lugar en franjas horarias donde la radiación solar no es intensa. Del mismo modo, las plantas  
5 termoeléctricas convencionales tienen capacidad de gestión de la producción por el hecho de poder quemar el combustible en mayor cantidad cuando la demanda eléctrica crece.

Por ese motivo, en la actualidad se están buscando sinergias entre las tecnologías de producción de energía eléctrica con fuentes de origen renovable  
10 no gestionable y las centrales termoeléctricas, con el objetivo de introducir el bajo coste de las primeras en las instalaciones térmicas. En este sentido y sin ánimo de quitar generalidad, es de especial interés la hibridación de las dos tecnologías solares, fotovoltaica y termosolar.

Con la presente invención el enfoque es el contrario al mencionado, y lo que pretende es introducir la gestión de la producción renovable no gestionable,  
15 como fotovoltaica o eólica, gracias a su integración dentro de una planta termosolar, en particular, o una central termoeléctrica en general.

La integración de los sistemas involucrados para conseguir esa gestión tiene un antecedente conceptual, descrito en la patente EP 2 157 317 A2,  
20 "Thermoelectric energy storage system and method for storing thermoelectric energy", en la que un ciclo transcrito reversible se usa en modo de bomba de calor para almacenar calor a alta temperatura cuando hay un exceso de generación eléctrica en el sistema; y se usa en modo de motor térmico para generar energía mecánica cuando hay una mayor demanda de potencia  
25 eléctrica. Esta patente protege el concepto conocido hoy en día como batería Carnot o batería térmica, en la que el exceso de generación eléctrica se usa para calentar un fluido de almacenamiento térmico, usando esa capacidad calorífica para producir electricidad mediante un motor térmico de combustión externa en los momentos en los que la generación eléctrica no cubre la demanda.

30 La presente invención se diferencia del citado antecedente en que no requiere de un sistema dedicado para la producción de la energía eléctrica durante el proceso de descarga, el motor de combustión externa, sino que prescribe las modificaciones pertinentes en una central termoeléctrica existente para que se pueda implementar la descarga sin necesidad de equipamiento adicional, lo que

es de gran relevancia industrial, puesto que permite modificar una instalación existente para conseguir de manera eficiente las características deseadas.

Asimismo, existe también un antecedente conceptual cercano, descrito en la patente EP 2 698 506 A1. En dicho documento, la instalación incluye, en el modo de funcionamiento de carga, un compresor y un expansor; y en el modo de descarga, al menos una turbina y una bomba. Este sistema transmite calor del sistema de almacenamiento térmico frío al caliente cuando hay un exceso de potencia en la red eléctrica mediante el uso del ciclo termodinámico en modo bomba de calor. De un modo análogo, cuando hay una alta demanda de electricidad, el sistema cambia el modo de funcionamiento, pasando a circular el fluido de trabajo del ciclo termodinámico en modo motor de combustión externa.

La presente invención se diferencia del antecedente por el hecho de que, con la presente invención, no es necesario un sistema de almacenamiento de frío, puesto que los objetivos de la aplicación son distintos. Asimismo, como en el caso del primer antecedente mencionado, la presente invención permite una integración sinérgica del concepto de batería de Carnot en una central existente, hospedadora, evitando la incorporación del motor de combustión externa requerido para la descarga.

#### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN**

Con la presente invención se prescriben los sistemas y los procedimientos de utilización que permiten la incorporación de energía eléctrica de origen renovable no gestionable en una central térmica convencional, así como su gestión, para que sea vertida a la red eléctrica en los momentos más adecuados y no cuando lo exige el recurso renovable.

La central termoeléctrica hospedadora de la invención, que puede ser termoeléctrica en general o termosolar en particular, produce la energía eléctrica gracias a la transformación de la energía térmica obtenida de la fuente térmica (fósil, nuclear, solar o cualquiera otra) en energía mecánica gracias a un ciclo termodinámico de ciclo Rankine trabajando con agua, y la transformación de esta energía mecánica en eléctrica gracias a un generador. El ciclo de Rankine está necesariamente provisto de varios precalentadores regenerativos (lo que es habitual en la tecnología) que permiten el ahorro del recurso energético gracias a la incorporación de energía térmica que proviene de extracciones de vapor en la turbina. La turbina de vapor, debido a dichas extracciones de vapor para

alimentar los precalentadores, reduce su potencia, pero el ahorro de recurso fósil (o solar térmico u otro) compensa esta merma en la potencia.

La invención consiste en dotar a la central hospedadora de los siguientes sistemas:

- 5       - una fuente de electricidad de origen renovable no gestionable como, por ejemplo, un campo de paneles fotovoltaicos;
- un sistema de almacenamiento térmico;
- una bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico que consta de los siguientes  
10       elementos: un compresor o conjunto de compresores; un intercambiador de calor de carga; un recuperador; un expansor o, alternativamente, una válvula de laminación; y un intercambiador de calor con el ambiente;
- y un intercambiador de calor de descarga, que precalienta agua del ciclo de Rankine.

La fuente de electricidad renovable no gestionable alimenta al compresor o  
15       conjunto de compresores de la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico. La bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico recoge energía térmica del ambiente y la almacena en el sistema de almacenamiento a una temperatura mayor gracias a la acción del recuperador y del compresor o conjunto de compresores. El CO<sub>2</sub> supercrítico  
20       pasa de nuevo por el recuperador para aprovechar la energía sobrante para el precalentamiento previo al compresor y, finalmente se expande en la turbina o, alternativamente, en la válvula de laminación, antes de introducirse en el intercambiador de calor con el ambiente. Por último, el intercambiador de calor de descarga conecta térmicamente el sistema de almacenamiento al ciclo de Rankine, y se dispone en paralelo con los precalentadores regenerativos  
25       previamente mencionados.

Se prescriben dos modos de operación, denominados respectivamente proceso de carga y proceso de descarga. El proceso de carga tiene lugar cuando el recurso renovable está disponible, por lo que hay un suministro de electricidad desde de la fuente renovable no gestionable a los motores del compresor o  
30       conjunto de compresores de la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico que, consecuentemente, está accionada, impulsando calor desde el ambiente hacia el sistema de almacenamiento. Durante este periodo la central hospedadora trabaja de forma convencional, pudiendo estar encendida o apagada, y el intercambiador de calor de descarga está inactivo.

35       El proceso de descarga tiene lugar cuando la demanda de energía eléctrica es alta, lo que puede suceder en momentos en los que no hay recurso renovable.

Durante este proceso de descarga, la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico está inactiva, mientras que el intercambiador de calor de descarga, dispuesto en paralelo con los precalentadores regenerativos del ciclo de Rankine, está activo, por lo que se transfiere la energía térmica previamente almacenada en el sistema de almacenamiento al agua del ciclo de Rankine y no es necesario el uso de los precalentadores regenerativos del ciclo de Rankine, que quedan total o parcialmente desconectados, con el consecuente ahorro de vapor extraído de la turbina y el consecuente aumento de la potencia mecánica producida.

Con todo ello, la potencia eléctrica de origen renovable no gestionable consumida por la bomba de calor queda almacenada en forma de energía térmica y se vierte posteriormente a la red sin necesidad de un expansor específico para ello, sino usando la turbina de vapor existente, que produce mayor potencia que en el caso de la operación convencional sin hacer uso de la invención.

15

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La figura 1 muestra el esquema tecnológico de un ciclo de Rankine con 5 extracciones, que ejemplifica una posible implementación del bloque de potencia de la central termoeléctrica. Las figuras 2 y 3 muestran las modificaciones efectuadas sobre dicho esquema tecnológico para materializar la invención. En concreto, la figura 2 muestra los componentes necesarios para efectuar el proceso de carga, así como las conexiones entre los elementos. La figura 3 muestra los componentes activos durante el proceso de descarga e ilustra los componentes del ciclo de Rankine que quedan inactivos en dicho proceso.

Para facilitar la comprensión de las figuras y de las materializaciones preferentes de la invención, a continuación, se relacionan los elementos relevantes de la misma que aparecen en las figuras:

1. Ciclo de Rankine.
2. Precalentadores regenerativos.
3. Bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico.
4. Compresor.
5. Intercambiador de calor de carga.
6. Recuperador.

7. Válvula de laminación o, alternativamente, expansor.
8. Intercambiador de calor con el ambiente.
9. Sistema de almacenamiento térmico.
10. Intercambiador de calor de descarga.

5

### **DESCRIPCIÓN DE UNA FORMA DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

Para ilustrar la forma de realización de la invención se proponen un ejemplo representativo de la aplicación.

10 La figura 1 muestra un ciclo de Rankine (1) con 5 precalentadores regenerativos (2) al que no se le han incorporado los sistemas prescritos en esta invención. El ciclo de Rankine (1) trabaja con una temperatura del vapor de 560 °C y con una temperatura de alimentación a la caldera, tras los precalentadores regenerativos (2), de 224 °C.

La invención consiste en incorporar en la instalación:

- 15
- una fuente de electricidad de origen renovable no gestionable, como por ejemplo un campo de paneles fotovoltaicos;
  - una bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico (3) con el correspondiente compresor (4), intercambiador de calor de carga (5), recuperador (6), expansor o, alternativamente, válvula de laminación (7), y el

20

  - el sistema de almacenamiento (9);
  - y el intercambiador de calor de descarga (10).

25 Durante el proceso de carga, ilustrado en la figura 2 y que tiene lugar cuando el recurso solar está disponible, el compresor (4) o conjunto de compresores de la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico (3), accionado por los paneles fotovoltaicos, comprime dióxido de carbono en condiciones 88 °C y 64 bar hasta 250 bar y 233 °C, con un rendimiento isentrópico del 80 %. El dióxido de carbono que sale del compresor (4) o conjunto de compresores de la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico (3) transfiere calor en el intercambiador de carga (5) al sistema de

30 almacenamiento térmico (9), que puede materializarse como un sistema en doble tanque de aceite térmico, una termoclina, o un sistema de almacenamiento térmico en medios sólidos o partículas. Tras su paso por él, cede parte de su

energía saliendo a 98 °C. En este punto, se introduce en el recuperador (6), donde cede calor descendiendo su temperatura hasta 42 °C. Posteriormente se lamina en la válvula de laminación (7) desde 250 bar hasta 64 bar, y se introduce en el intercambiador de calor con el ambiente (8), que es de tipo evaporativo, de donde sale en condiciones de vapor saturado a 25 °C para introducirse en el recuperador (6).

La figura 3 ilustra el funcionamiento de la invención durante el proceso de descarga. En dicho modo de operación, el agua de alimentación a la caldera pasa por el intercambiador de descarga (10), donde se calientan hasta alcanzar 215 °C, por lo que los precalentadores regenerativos (2) del ciclo de Rankine (1) están parcial o totalmente desconectados y se reduce el caudal de las extracciones de vapor con el consiguiente aumento de la potencia producida.



## REIVINDICACIONES

1 – Sistema de integración sinérgica de fuentes de electricidad de origen renovable no gestionable y bombas de calor de CO<sub>2</sub> en centrales termoeléctricas que comprenden:

- 5 - una central hospedadora fundamentada en un ciclo termodinámico de potencia de tipo Rankine (1), trabajando con agua y provisto de varios precalentadores regenerativos (2) que permiten el ahorro del recurso energético gracias a la incorporación de energía térmica que proviene de extracciones de vapor en la turbina;
- 10 - una fuente de electricidad de origen renovable no gestionable, como por ejemplo un campo de paneles fotovoltaicos;
- un sistema de almacenamiento térmico (9);
- una bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico (3) que consta de un compresor (4) o conjunto de compresores; un intercambiador de calor de carga (5);
- 15 un recuperador (6); un expansor o, alternativamente, una válvula de laminación (7); y un intercambiador de calor con el ambiente (8);
- y un intercambiador de calor de descarga (10), que precalienta agua del ciclo de Rankine

**caracterizado** por que:

- 20 - la fuente de electricidad renovable no gestionable alimenta al compresor (4) o conjunto de compresores de la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico (3);
- la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico (3) recoge energía térmica del ambiente y la almacena en el sistema de almacenamiento térmico (9) a
- 25 una temperatura mayor gracias a la acción del recuperador (6) y del compresor (4) o conjunto de compresores;
- el intercambiador de calor de descarga (10) conecta térmicamente el sistema de almacenamiento (9) al ciclo de Rankine (1), y se dispone en paralelo con los precalentadores regenerativos (2) previamente
- 30 mencionados.

2 – Sistema de integración sinérgica de fuentes de electricidad de origen renovable no gestionable y bombas de calor de CO<sub>2</sub> en centrales termoeléctricas según reivindicación primera **caracterizado** por que el proceso de carga del

sistema de almacenamiento (9) tiene lugar cuando el recurso renovable está disponible, por lo que hay un suministro de electricidad desde de la fuente renovable no gestionable a los motores del compresor los motores del compresor (4) o conjunto de compresores de la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico (3) que, consecuentemente, está accionada, impulsando calor desde el ambiente hacia el sistema de almacenamiento (9), trabajando la central hospedadora de forma convencional y estando el intercambiador de calor de descarga (10) inactivo durante dicho periodo de carga.

3 – Sistema de integración sinérgica de fuentes de electricidad de origen renovable no gestionable y bombas de calor de CO<sub>2</sub> en centrales termoeléctricas según reivindicaciones anteriores **caracterizado** por que el proceso de descarga del sistema de almacenamiento (9) tiene lugar cuando la demanda de energía eléctrica es alta, y durante este proceso de descarga la bomba de calor de CO<sub>2</sub> supercrítico (3) está inactiva, mientras que el intercambiador de calor de descarga (10), dispuesto en paralelo con los precalentadores regenerativos (2) del ciclo de Rankine (3), está activo, por lo que se transfiere la energía térmica previamente almacenada en el sistema de almacenamiento (9) al agua del ciclo de Rankine (1) y no es necesario el uso de los precalentadores regenerativos (2) del ciclo de Rankine (1), que quedan total o parcialmente desconectados, con el consecuente ahorro de vapor extraído de la turbina y el consecuente aumento de la potencia mecánica producida.

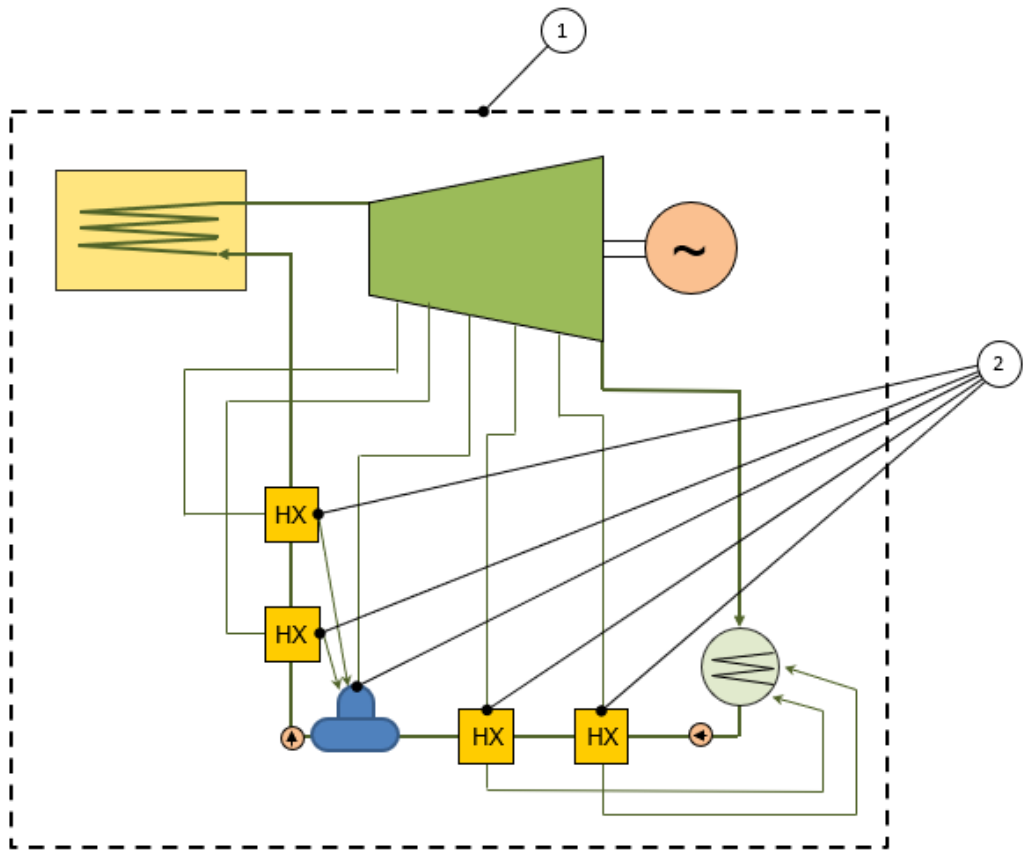


FIG. 1.

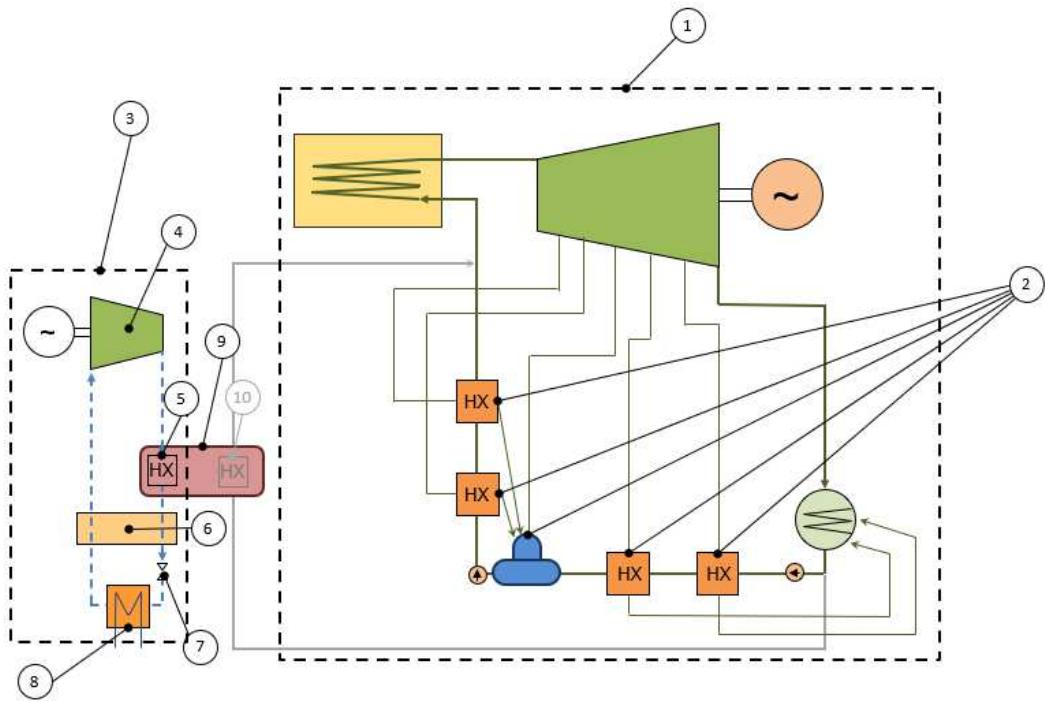


FIG. 2.

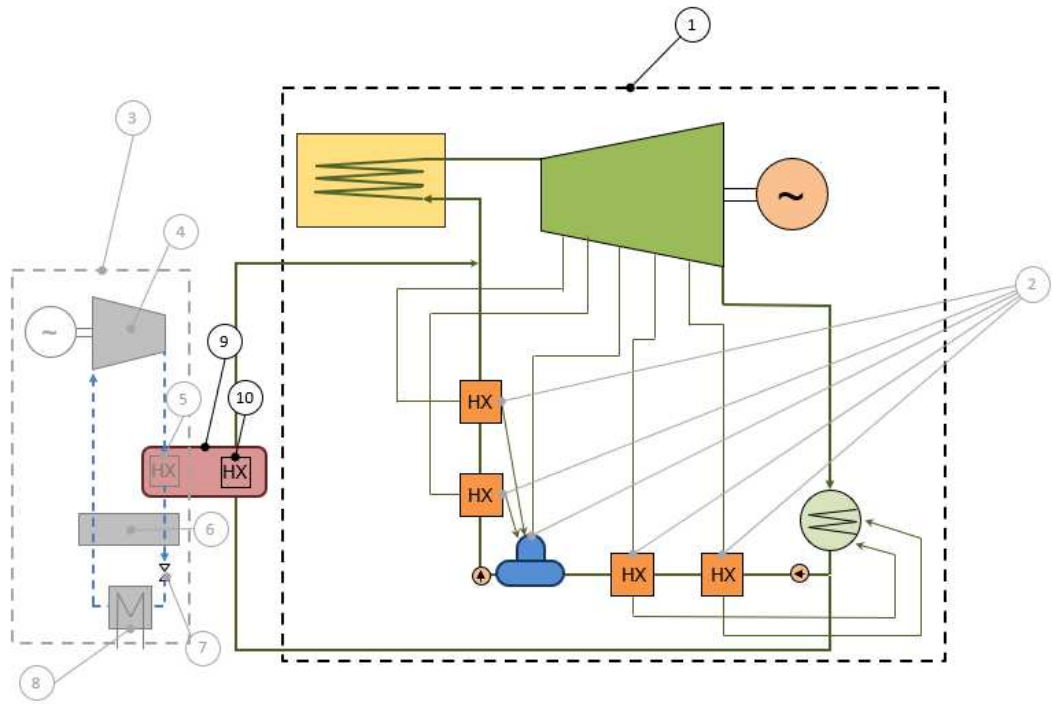


FIG. 3.