

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 696 950**

21 Número de solicitud: 201700667

51 Int. Cl.:

**F02G 1/00** (2006.01)

**F02G 1/04** (2006.01)

**F03G 7/00** (2006.01)

**F03G 7/06** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**18.07.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**18.01.2019**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**13.12.2018**

Fecha de concesión:

**22.03.2021**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**29.03.2021**

73 Titular/es:

**CARBIA CARRIL, José (50.0%)**  
**C/ Enrique Mariñas, 24, 7º D**  
**15009 A Coruña (A Coruña) ES y**  
**FERREIRO GARCÍA, Ramón (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FERREIRO GARCÍA, Ramón y**  
**CARBIA CARRIL, José**

54 Título: **Planta térmica con máquina de doble efecto, acumuladores térmicos, convección forzada y alimentación térmica reforzada con un ciclo Brayton inverso y procedimiento de operación**

57 Resumen:

La invención denominada planta térmica con máquina de doble efecto, acumuladores térmicos, convección forzada y alimentación térmica reforzada con un ciclo brayton inverso y procedimiento de operación, tiene por objetivo la conversión de energía térmica a mecánica y/o energía eléctrica vía energía mecánica y consiste en un ciclo térmico, implementado sobre una máquina térmica alternativa de doble efecto que opera con helio como fluido térmico de trabajo y acumuladores térmicos intercambiables entre dos fuentes de alta y baja temperatura (la fuente caliente que cede calor al ciclo y la fuente fría que absorbe calor del ciclo).

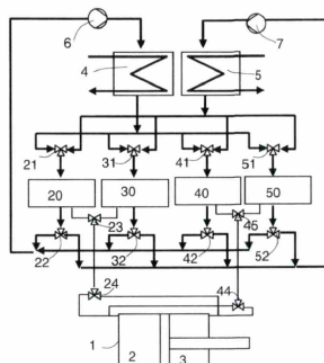


FIGURA 1

ES 2 696 950 B2

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).

## DESCRIPCIÓN

Planta térmica con máquina de doble efecto, acumuladores térmicos, convección forzada y alimentación térmica reforzada con un ciclo Brayton inverso y procedimiento de operación

5

### Campo técnico de la invención

La presente invención pertenece al campo técnico de la conversión de energía térmica a mecánica y/o energía eléctrica vía energía mecánica por medio de un ciclo térmico que realiza trabajo mecánico mediante la adición y extracción de calor del fluido térmico de trabajo.

10

### Objetivo de la invención

La invención denominada PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS, CONVECCIÓN FORZADA Y ALIMENTACIÓN TÉRMICA REFORZADA CON UN CICLO BRAYTON INVERSO Y PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN, tiene por objetivo la conversión de energía térmica a mecánica y/o energía eléctrica vía energía mecánica mediante una máquina alternativa de doble efecto, que opera con helio como fluido de trabajo, entre dos fuentes de calor (la fuente térmica de alta temperatura o caliente que cede calor al fluido térmico de trabajo y la fuente fría que absorbe calor del fluido térmico de trabajo), con un ciclo térmico que incluye dos procesos cerrados que realizan trabajo mecánico: la expansión adiabática y la compresión adiabática.

15

20

### Antecedentes de la invención

Las máquinas térmicas conocidas hasta la actualidad tienen en común la limitación de la eficiencia térmica impuesta por el factor de Carnot. La máquina objeto del invento no se halla limitada por el factor de Carnot a consecuencia del ciclo térmico propuesto en el invento. El antecedente más parecido está basado en la Patente Nacional con número de solicitud 201700181 denominada "MÁQUINA TÉRMICA ALTERNATIVA REGENERATIVA DE DOBLE EFECTO, DE PROCESOS CERRADOS Y ABIERTOS Y SU PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN".

25

30

En consecuencia, en el estado actual de la tecnología no se conocen máquinas térmicas alternativas de doble efecto con ciclo similar ni parecido al de las características de este invento.

35

### Descripción de la invención

El invento denominado PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS, CONVECCIÓN FORZADA Y ALIMENTACIÓN TÉRMICA REFORZADA CON UN CICLO BRAYTON INVERSO Y PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN, consta de un ciclo térmico no convencional implementado mediante una máquina térmica alternativa de doble efecto, que opera con helio como fluido térmico de trabajo. Esta máquina térmica alternativa de doble efecto, utiliza energía térmica procedente de dos fuentes térmicas: fuente caliente y fuente fría, donde la fuente caliente o fuente de alta temperatura convierte energía térmica a trabajo en el cilindro termo-actuador mediante expansión adiabática según un proceso cerrado, mientras que la fuente fría o fuente de baja temperatura convierte energía térmica a trabajo mecánico en el cilindro termo-actuador mediante compresión adiabática (reducción del volumen ocupado por el fluido térmico de trabajo debido al efecto del enfriamiento), y donde ambas fuentes térmicas están constituidas por intercambiadores de calor (calentador y enfriador), y donde la fuente caliente consiste en al menos un

40

45

50

intercambiador de calor, que transfiere calor desde un fluido térmico de transferencia de calor (vapor de agua, agua, aceite térmico, helio o hidrógeno) al fluido térmico de trabajo (helio), el cual acciona el cilindro termo-actuador, y donde el calor para calentar el fluido térmico de transferencia de calor procede de cualquier fuente térmica disponible incluyendo calor residual tal como calores de refrigeración de máquinas y motores térmicos, compresores, solar, geotérmica, termo-oceánica, residual nuclear, energía térmica de origen fósil y en general calor residual de alta, media e incluso de baja temperatura o desde un ciclo Brayton inverso, y donde la fuente fría o sumidero de calor consiste en un intercambiador de calor, que transfiere calor desde el fluido térmico de trabajo (helio) el cual es el responsable de accionar el cilindro termo-actuador por compresión adiabática según un proceso térmico cerrado del fluido térmico frío de transferencia de calor (agua, helio o hidrógeno fríos), el cual es enfriado a su vez por un fluido refrigerante tal como aire o agua a temperatura ambiente, o la evacuación de un turbo-expansor a temperatura sub-ambiental, así como una torre de enfriamiento convencional por aire o agua o desde un ciclo Brayton inverso.

15

### Descripción de las figuras

En esta sección se describen a modo ilustrativo y no limitativo, los componentes que constituyen la unidad de potencia de la PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS, CONVECCIÓN FORZADA Y ALIMENTACIÓN TÉRMICA REFORZADA CON UN CICLO BRAYTON INVERSO Y PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN, para facilitar la comprensión de la invención, en donde se hace referencia a las siguientes figuras:

La figura 1 muestra la estructura de una unidad de potencia de la máquina térmica alternativa de doble efecto cuyos componentes incluyen:

- cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- cámara izquierda (2) del cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- cámara derecha (3) del cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- enfriador del fluido térmico de trabajo (4)
- calentador del fluido térmico de trabajo (5)
- soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío
- soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20)
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30)
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40)
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50)
- válvula (21) de dos posiciones y tres vías (2/3) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20)
- válvula 2/3 (31) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30)
- válvula 2/3 (41) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40)
- válvula 2/3 (51) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50)
- válvula 2/3 (22) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente

- válvula 2/3 (32) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- 5 - válvula 2/3 (42) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- válvula 2/3 (52) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- 10 - válvula 2/3 (23) que comunica los acumuladores térmicos (20) y (30) con la válvula 2/3 (24) de comunicación del fluido de trabajo con ambas caras del cilindro
- válvula 2/3 (45) que comunica los acumuladores térmicos (40) y (50) con la válvula 2/3 (44) de comunicación del fluido de trabajo con ambas caras del cilindro
- 15 - válvula 2/3 (24) que comunica la válvula 2/3 (23) y las cámaras (2) y (3) del cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- válvula 2/3 (44) que comunica la válvula 2/3 (45) y las cámaras (2) y (3) del cilindro termo-actuador de doble efecto (1).

20 La figura 2 muestra la estructura de dos unidades de potencia conectadas en cascada con respecto al suministro de calor, y pertenecientes a la máquina térmica alternativa poli-cilíndrica de doble efecto dotada del sistema de adición y extracción de calor, entre cuyos componentes incluye:

- 25 - conducto de suministro (70) del fluido caliente de transferencia de calor al calentador (5) de la primera unidad de potencia, de donde pasa al calentador (5) de la segunda unidad de potencia, y saliendo por el conducto (71)
- conducto de salida (71) del fluido caliente de transferencia de calor del calentador (5)
- conducto de suministro (72) del fluido frío de transferencia de calor al enfriador (4) de la unidad primera de potencia y al enfriador (4) de la segunda unidad de potencia.

30 La figura 3 muestra el sistema de alimentación complementaria mediante el ciclo Brayton inverso regenerativo destinado a complementar las fuentes externas de calor y frío, cuyos componentes incluyen:

- 35 - motor eléctrico de arranque (110)
- compresor del ciclo Brayton inverso (111)
- turbo-expansor del ciclo Brayton (112)
- 40 - regenerador de calor (113)
- conducto de descarga (114) desde el compresor (111) al intercambiador de calor de alta temperatura (130)
- conducto de retorno (115) del intercambiador de calor (130) de alta temperatura
- 45 - conducto de retorno (116) del intercambiador de calor (131) de baja temperatura hacia regenerador (113) y el compresor (111)
- conducto de evacuación (117) desde el turbo-expansor del ciclo Brayton inverso (112) al intercambiador de calor de baja temperatura (131)
- Intercambiador de calor (130) de suministro de calor del ciclo Brayton inverso
- 50 - Intercambiador de calor (131) de suministro de frío del ciclo Brayton inverso
- Intercambiador de calor (132) de suministro externo de calor por el conducto de suministro de calor (70) y retorno por (71)
- Intercambiador de calor (133) de suministro externo de frío por el conducto de suministro de frío (72) y retorno por (73)
- bomba de circulación del fluido caliente de la fuente térmica de alta temperatura (134)
- bomba de circulación del fluido frío de la fuente térmica de baja temperatura (135).

### Descripción detallada de la invención

La invención denominada PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS, CONVECCIÓN FORZADA Y ALIMENTACIÓN TÉRMICA REFORZADA CON UN CICLO BRAYTON INVERSO Y PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN, está caracterizada por realizar la conversión de energía térmica a mecánica y/o energía eléctrica vía energía mecánica, por medio de un ciclo térmico innovador implementado mediante una máquina térmica alternativa poli-cilíndrica de doble efecto, que opera con helio como fluido térmico de trabajo, la cual está dotada dos focos térmicos, donde el foco de alta temperatura es una fuente térmica destinada a calentar el fluido térmico de trabajo y el foco de baja temperatura consiste en un sumidero de calor, el cual está destinado a extraer calor del fluido térmico de trabajo, y donde ambos focos térmicos (de alta y baja temperatura) están constituidos por intercambiadores de calor, (5) y (4) respectivamente que operan por convección térmica forzada mediante soplantes.

Los fluidos térmicos de transferencia de calor necesarios para calentar y enfriar el fluido térmico de trabajo son fluidos convencionales utilizados para este fin en los procesos de transferencia térmica tales como agua o aceite térmico entre otros conocidos, y donde el calor necesario para calentar el fluido térmico de transferencia de calor procede de cualquier fuente de calor disponible tal como calor residual procedente de la refrigeración de diversas máquinas y de compresores, energía térmica de origen fósil, termosolar, geotérmica, y en general calor residual de alta, media e incluso de baja temperatura o desde un ciclo Brayton inverso, y donde el sumidero de calor (4) transfiere calor desde un fluido térmico de trabajo (helio) del ciclo térmico implementado por el cilindro termo-actuador (1), al fluido térmico de transferencia de calor, por medio de un refrigerante que puede ser aire o agua a temperatura ambiente, o una máquina frigorífica de compresión de vapor, o la evacuación de un turbo-expansor a temperatura sub-ambiental, o una torre de enfriamiento convencional por aire o agua, o desde un ciclo Brayton inverso, y cuyos componentes para cada unidad de potencia según la figura 1 incluyen:

- 30 - cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- cámara izquierda (2) del cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- cámara derecha (3) del cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- enfriador del fluido térmico de trabajo (4)
- calentador del fluido térmico de trabajo (5)
- 35 - soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío
- soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20)
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30)
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40)
- 40 - acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50)
- válvula (21) de dos posiciones y tres vías (2/3) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20)
- válvula 2/3 (31) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30)
- 45 - válvula 2/3 (41) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40)
- válvula 2/3 (51) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50)
- 50 - válvula 2/3 (22) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente

- válvula 2/3 (32) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- 5 - válvula 2/3 (42) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- válvula 2/3 (52) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- 10 - válvula 2/3 (23) que comunica los acumuladores térmicos (20) y (30) con la válvula 2/3 (24) de comunicación del fluido de trabajo con ambas caras del cilindro
- válvula 2/3 (45) que comunica los acumuladores térmicos (40) y (50) con la válvula 2/3 (44) de comunicación del fluido de trabajo con ambas caras del cilindro
- 15 - válvula 2/3 (24) que comunica la válvula 2/3 (23) y las cámaras (2) y (3) del cilindro termo-actuator de doble efecto (1)
- válvula 2/3 (44) que comunica la válvula 2/3 (45) y las cámaras (2) y (3) del cilindro termo-actuator de doble efecto (1).

20 El aprovechamiento del calor residual evacuado por la primera unidad de potencia es utilizado para alimentar en cascada la segunda unidad de potencia tal como se muestra en la figura 2 y las demás si existiesen, de manera que el fluido de transferencia de calor alimenta la primera unidad de potencia por medio del conducto (70), donde al salir del intercambiador (5) pasa a la segunda unidad de potencia alimentando el intercambiador de calor (5) de la segunda unidad de potencia, para ser evacuado por el conducto (71) en caso de carecer de energía térmica

25 suficiente para alimentar la siguiente unidad de potencia si la hubiese. El fluido térmico de transferencia de calor del sumidero alimenta en paralelo a cada intercambiador de calor (4) de las respectivas unidades de potencia. Los componentes de las dos unidades de potencia conectadas en paralelo se muestran en la figura 2, incluyendo además de los componentes citados en la figura 1, los siguientes componentes:

- 30 - conducto de suministro (70) del fluido caliente de transferencia de calor al calentador (5) de la primera unidad de potencia, de donde pasa al calentador (5) de la segunda unidad de potencia, y saliendo por el conducto (71)
- conducto de salida (71) del fluido caliente de transferencia de calor del calentador (5)
- 35 - conducto de suministro (72) del fluido frío de transferencia de calor al enfriador (4) de la primera unidad de potencia y al enfriador (4) de la segunda unidad de potencia.

40 El procedimiento de operación de cada unidad de potencia de la PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS, CONVECCIÓN FORZADA Y ALIMENTACIÓN TÉRMICA REFORZADA CON UN CICLO BRAYTON INVERSO Y PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN dotada de acumuladores térmicos intercambiables (20), (30), (40) y (50), el enfriador (4), el calentador (5), la soplante (6) de convección forzada del fluido frío de trabajo y la soplante (7) de convección forzada de fluido caliente de trabajo, es tal, que partiendo de una situación inicial con el émbolo ubicado en el punto muerto izquierdo (PMI), da comienzo el ciclo térmico formado por cuatro fases llevadas a cabo durante el

45 transcurso de dos revoluciones tal como se indica:

Durante la fase 1, el émbolo se desplaza de izquierda a derecha en virtud del estado de los siguientes componentes:

50 El acumulador térmico (20) se halla en el proceso de expansión adiabática, las válvulas 2/3 (21) y (22) cerradas, la válvula (23) de salida del acumulador térmico (20) abierta para dar paso al fluido del acumulador (20) y cerrada para el acumulador (30), y la válvula (24) a la cámara (2) del cilindro termo-actuator (1) abierta y cerrada hacia la cámara (3) del cilindro termo-actuator (1).

El acumulador térmico (30) se halla en el proceso de calentamiento, las válvulas 2/3 (31) y (32) abiertas, dando paso al fluido desde y hacia el calentador (5).

5 El acumulador térmico (40) se halla en el proceso de compresión adiabática, las válvulas 2/3 (41) y (42) cerradas, la válvula (45) de salida del acumulador térmico abierta, para poner en comunicación el acumulador térmico (40) y cerrada para el acumulador térmico (50) y la válvula (44) a la cámara (3) del cilindro termo-actuador (1) abierta, y cerrada hacia la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1).

10 El acumulador térmico (50) se halla en el proceso de enfriamiento, las válvulas 2/3 (51) y (52) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5).

15 Durante la fase 2, el émbolo se desplaza de derecha a izquierda en virtud del estado de los siguientes componentes:

El acumulador térmico (20) se halla en el proceso de enfriamiento, las válvulas 2/3 (21) y (22) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5).

20 El acumulador térmico (30) se halla en el proceso de compresión adiabática, las válvulas 2/3 (31) y (32) cerradas, la válvula (23) de salida del acumulador térmico (30) abierta, y la válvula (24) a la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1) abierta.

25 El acumulador térmico (40) se halla en el proceso de calentamiento, las válvulas 2/3 (41) y (42) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4).

30 El acumulador térmico (50) se halla en el proceso de expansión adiabática, las válvulas 2/3 (51) y (52) cerradas, la válvula (45) de salida del acumulador térmico (50) abierta, y la válvula (44) a la cámara (3) del cilindro termo-actuador (1) abierta.

Durante la fase 3, el émbolo se desplaza de izquierda a derecha en virtud del estado de los siguientes componentes:

35 El acumulador térmico (20) se halla en el proceso de compresión adiabática, las válvulas 2/3 (21) y (22) cerradas y la válvula (23) de salida del acumulador térmico (20) abierta, y la válvula (24) a la cámara (3) del cilindro termo-actuador (1) abierta El acumulador térmico (30) se halla en el proceso de enfriamiento, las válvulas 2/3 (31) y (32) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5).

40 El acumulador térmico (40) se halla en el proceso de expansión adiabática, las válvulas 2/3 (41) y (42) cerradas, la válvulas (45) de salida del acumulador térmico abierta, y la válvula (44) a la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1) abierta.

45 El acumulador térmico (50) se halla en el proceso de calentamiento, las válvulas 2/3 (51) y (52) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4).

Durante la fase 4, el émbolo se desplaza de derecha a izquierda en virtud del estado de los siguientes componentes:

50 El acumulador térmico (20) se halla en el proceso de calentamiento, las válvulas 2/3 (21) y (22) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4).

El acumulador térmico (30) se halla en el proceso de expansión adiabática, las válvulas 2/3 (31) y (32) cerradas, la válvula (23) de salida del acumulador térmico (30) abierta, y la válvula (24) a la cámara (3) del cilindro termo-actuador (1) abierta.

- 5 El acumulador térmico (40) se halla en el proceso de enfriamiento, las válvulas 2/3 (41) y (42) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5).

- 10 El acumulador térmico (50) se halla en el proceso de compresión adiabática, las válvulas 2/3 (51) y (52) cerradas, la válvula (45) de salida del acumulador térmico (50) abierta, y la válvula (44) a la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1) abierta.

Este ciclo térmico se repite para cada unidad de potencia indefinidamente.

- 15 Para incrementar la eficiencia térmica de la planta se propone reforzar o complementar el suministro de energía exterior desde el interior de la planta con un ciclo Brayton inverso acoplado a la planta, según se muestra en la figura 3, el cual aporta los dos focos térmicos de alta y baja temperatura capaces de complementar el aporte de energía externa, de manera que el aporte de energía térmica de alta y baja temperatura responsable de alimentar tanto el foco  
20 caliente como el foco frío de cada unidad de potencia disponible, es realizado simultáneamente desde el exterior de la planta y desde el interior de la planta, donde el suministro de energía de alta temperatura o caliente desde el exterior de la planta incluye calor residual tal como calores de refrigeración de máquinas y motores térmicos, compresores, solar, geotérmica, termo-  
25 oceánica, residual nuclear, energía térmica de origen fósil y en general calor residual de alta, media e incluso de baja temperatura, mientras que el suministro de energía fría desde el exterior de la planta incluye cualquier fluido de transferencia de calor a temperatura ambiente tal como aire o agua a temperatura ambiente, así como cualquier refrigerante de uso industrial. Por otra parte, el suministro de energía caliente y fría desde el interior de la planta procede de un ciclo Brayton inverso que forma parte de la estructura de la planta objeto del invento.

- 30 El sistema de aporte de energía, que comprende el suministro exterior e interior formado por un ciclo Brayton inverso incluye al menos los siguientes componentes:

- motor eléctrico de arranque (110)
- compresor del ciclo Brayton inverso (111)
- 35 - turbo-expansor del ciclo Brayton (112)
- regenerador de calor (113)
- conducto de descarga (114) desde el compresor (111) al intercambiador de calor de alta temperatura (130)
- conducto de retorno (115) del intercambiador de calor (130) de alta temperatura
- 40 - conducto de retorno (116) del intercambiador de calor (131) de baja temperatura hacia regenerador (113) y el compresor (111)
- conducto de evacuación (117) desde el turbo-expansor del ciclo Brayton inverso (112) al intercambiador de calor de baja temperatura (131)
- Intercambiador de calor (130) de suministro de calor del ciclo Brayton inverso
- 45 - Intercambiador de calor (131) de suministro de frío del ciclo Brayton inverso
- Intercambiador de calor (132) de suministro externo de calor por el conducto de suministro de calor (70) y retorno por (71)
- Intercambiador de calor (133) de suministro externo de frío por el conducto de suministro de frío (72) y retorno por (73)
- 50 - bomba de circulación del fluido térmico de transferencia de calor de calor de alta temperatura (134)



- bomba de circulación del fluido térmico de transferencia de calor de calor de baja temperatura (135).

- 5 El procedimiento de operación del sistema alimentación térmica reforzada con un ciclo Brayton inverso que adopta la estructura mostrada en la figura 3 es tal que al accionar el compresor (111) del ciclo Brayton inverso mediante el motor eléctrico de arranque (110), se eleva la temperatura del fluido térmico de trabajo del ciclo Brayton inverso (helio) que circula a alta temperatura por el conducto (114) hacia el intercambiador de calor (130), donde cede calor al fluido de transferencia de calor que alimenta las unidades de potencia, retornando por el
- 10 conducto (115) hacia el regenerador (113) y de aquí al turbo-expansor (112), donde realiza trabajo mecánico mientras se enfría. Del turbo-expansor (112), pasa al intercambiador de calor (131), por el conducto (117) absorbiendo calor de las unidades de potencia y retornando por el conducto (116) de nuevo al compresor (111).
- 15 Los intercambiadores de calor (5) de alta temperatura de las unidades de potencia se hallan alimentadas por el intercambiador de calor (132) de suministro externo de calor con la ayudada del intercambiador de calor (130) del ciclo Brayton inverso, por el conducto de suministro de calor (70) y retorno por (71). Del mismo modo, Los intercambiadores de calor (4) de baja temperatura de las unidades de potencia se hallan alimentadas por el intercambiador de calor (133) de suministro externo de frío con la ayudada del intercambiador de calor (131) del ciclo
- 20 Brayton inverso, por el conducto de extracción de calor (73) y retorno por (72).

#### **Descripción de realizaciones preferentes de la invención**

- 25 La configuración preferente del PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS, CONVECCIÓN FORZADA Y ALIMENTACIÓN TÉRMICA REFORZADA CON UN CICLO BRAYTON INVERSO Y PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN se halla representada en la figura 2, donde el calor residual evacuado por la primera unidad de potencia es utilizado para alimentar en cascada la segunda unidad de potencia tal como se muestra en la figura 2 y las demás unidades si existiesen, de manera que el fluido de transferencia de calor alimenta la primera unidad de potencia por medio del conducto (70), donde al salir del intercambiador (5) pasa a la segunda unidad de potencia alimentando el intercambiador de calor (5) de la segunda unidad de potencia, para ser evacuado por el
- 30 conducto (71) en caso de carecer de energía térmica suficiente para alimentar la siguiente unidad de potencia si la hubiese. El fluido térmico de transferencia de calor del sumidero alimenta en paralelo a cada intercambiador de calor (4) de las respectivas unidades de potencia. Los componentes de las dos unidades de potencia conectadas en paralelo se muestran en la figura 2, incluyendo además de los componentes citados en la figura 1, los siguientes componentes:
- 35 - conducto de suministro (70) del fluido caliente de transferencia de calor al calentador (5) de la primera unidad de potencia, de donde pasa al calentador (5) de la segunda unidad de potencia, y saliendo por el conducto (71)
- 40 - conducto de salida (71) del fluido caliente de transferencia de calor del calentador (5)
- conducto de suministro (72) del fluido frío de transferencia de calor al enfriador (4) de la
- 45 primera unidad de potencia y al enfriador (4) de la segunda unidad de potencia.

## REIVINDICACIONES

1. PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS Y CONVECCIÓN FORZADA está caracterizada por realizar la conversión de energía térmica a mecánica y/o energía eléctrica vía energía mecánica, por medio de un ciclo térmico innovador implementado mediante una máquina térmica alternativa poli-cilíndrica de doble efecto, que opera con helio como fluido térmico de trabajo, la cual está dotada dos focos térmicos, donde el foco de alta temperatura es una fuente térmica destinada a calentar el fluido térmico de trabajo y el foco de baja temperatura consiste en un sumidero de calor, el cual está destinado a extraer calor del fluido térmico de trabajo, y donde ambos focos térmicos (de alta y baja temperatura) están constituidos por intercambiadores de calor, (5) y (4) respectivamente que operan por convección térmica forzada mediante soplantes.

Los fluidos térmicos de transferencia de calor necesarios para calentar y enfriar el fluido térmico de trabajo son fluidos convencionales utilizados para este fin en los procesos de transferencia térmica tales como agua o aceite térmico entre otros conocidos, y donde el calor necesario para calentar el fluido térmico de transferencia de calor procede de cualquier fuente de calor disponible tal como calor residual procedente de la refrigeración de diversas máquinas y de compresores, energía térmica de origen fósil, termosolar, geotérmica, y en general calor residual de alta, media e incluso de baja temperatura, y donde el sumidero de calor (4) transfiere calor desde un fluido térmico de trabajo (helio) del ciclo térmico implementado por el cilindro termo-actuador (1), al fluido térmico de transferencia de calor, por medio de un refrigerante que puede ser aire o agua a temperatura ambiente, o una máquina frigorífica de compresión de vapor, o la evacuación de un turbo-expansor a temperatura sub-ambiental, o una torre de enfriamiento convencional por aire o agua, y cuyos componentes para cada unidad de potencia incluyen:

- cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- cámara izquierda (2) del cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- cámara derecha (3) del cilindro termo-actuador de doble efecto (1)
- enfriador del fluido térmico de trabajo (4)
- calentador del fluido térmico de trabajo (5)
- soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío
- soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20)
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30)
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40)
- acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50)
- válvula (21) de dos posiciones y tres vías (2/3) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20)
- válvula 2/3 (31) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30)
- válvula 2/3 (41) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40)
- válvula 2/3 (51) de comunicación del enfriador del fluido térmico de trabajo (4) y el calentador del fluido térmico de trabajo (5) y el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50)
- válvula 2/3 (22) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (20) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- válvula 2/3 (32) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (30) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente

- válvula 2/3 (42) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (40) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- 5 - válvula 2/3 (52) que comunica el acumulador térmico de fluido térmico de trabajo (50) y los conductos de succión de la soplante de convección forzada (6) del fluido térmico de trabajo frío y de la soplante de convección forzada (7) del fluido térmico de trabajo caliente
- válvula 2/3 (23) que comunica los acumuladores térmicos (20) y (30) con la válvula 2/3 (24) de comunicación del fluido de trabajo con cámaras (2) y (3) del cilindro termo- actuador de doble efecto (1)
- 10 - válvula 2/3 (45) que comunica los acumuladores térmicos (40) y (50) con la válvula 2/3 (44) de comunicación del fluido de trabajo con cámaras (2) y (3) del cilindro termo- actuador de doble efecto (1)
- válvula 2/3 (24) que comunica la válvula 2/3 (23) y las cámaras (2) y (3) del cilindro termo- actuador de doble efecto (1)
- 15 - válvula 2/3 (44) que comunica la válvula 2/3 (45) y las cámaras (2) y (3) del cilindro termo- actuador de doble efecto (1).

2. PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS Y CONVECCIÓN FORZADA, según reivindicación primera, caracterizada por el acoplamiento en cascada de dos o más unidades de potencia, donde el calor residual evacuado por la primera
- 20 unidad de potencia es utilizado para alimentar en cascada la segunda unidad de potencia y las demás si existiesen, de manera que el fluido de transferencia de calor alimenta la primera unidad de potencia por medio del conducto (70), donde al salir del intercambiador (5) pasa a la
- 25 segunda unidad de potencia alimentando el intercambiador de calor (5) de la segunda unidad de potencia, para ser evacuado por el conducto (71) en caso de carecer de energía térmica suficiente para alimentar la siguiente unidad de potencia si la hubiese. El fluido térmico de transferencia de calor del sumidero alimenta en paralelo a cada enfriador intercambiador de
- 30 calor (4) de las respectivas unidades de potencia, donde los componentes de las dos unidades de potencia conectadas en cascada incluyen los correspondientes a cada unidad de potencia, aparte de los componentes de aporte de calor y frío que se citan:
- conducto de suministro (70) del fluido caliente de transferencia de calor al calentador (5) de la primera unidad de potencia, de donde pasa al calentador (5) de la segunda unidad de potencia, y saliendo por el conducto (71)
  - conducto de salida (71) del fluido caliente de transferencia de calor del calentador (5)
  - 35 - conducto de suministro (72) del fluido frío de transferencia de calor al enfriador (4) de la primera unidad de potencia y al enfriador (4) de la segunda unidad de potencia.

3. Procedimiento de operación de la PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS INTERCAMBIABLES según reivindicación 1a, dotada de
- 40 acumuladores térmicos intercambiables (20), (30), (40) y (50), enfriador (4), calentador (5), soplante (6) de convección forzada del fluido frío de trabajo y la soplante (7) de convección forzada de fluido caliente de trabajo, es tal, que partiendo de una situación inicial con el émbolo ubicado en el punto muerto izquierdo (PMI), da comienzo el ciclo térmico formado por cuatro
- 45 fases llevadas a cabo durante el transcurso de dos revoluciones tal como se especifica:
- Durante la fase 1, el émbolo se desplaza de izquierda a derecha en virtud del estado de los siguientes componentes:
- El acumulador térmico (20) se halla en el proceso de expansión adiabática, las válvulas 2/3 (21) y (22) cerradas, la válvula (23) de salida del acumulador térmico (20) abierta, y la válvula (24) a la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1) abierta y cerrada hacia la cámara (3) del
- 50 cilindro termo-actuador (1)
- El acumulador térmico (30) se halla en el proceso de calentamiento, las válvulas 2/3 (31) y (32) abiertas, dando paso al fluido desde y hacia el calentador (5)

- 5 El acumulador térmico (40) se halla en el proceso de compresión adiabática, las válvulas 2/3 (41) y (42) cerradas, la válvula (45) de salida del acumulador térmico abierta, para poner en comunicación el acumulador térmico (40) y cerrada para el acumulador térmico (50) y la válvula (44) a la cámara (3) del cilindro termo-actuador (1) abierta, y cerrada hacia la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1)
- El acumulador térmico (50) se halla en el proceso de enfriamiento, las válvulas 2/3 (51) y (52) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5).
- 10 Durante la fase 2, el émbolo se desplaza de derecha a izquierda en virtud del estado de los siguientes componentes:  
El acumulador térmico (20) se halla en el proceso de enfriamiento, las válvulas 2/3 (21) y (22) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5).
- 15 El acumulador térmico (30) se halla en el proceso de compresión adiabática, las válvulas 2/3 (31) y (32) cerradas, la válvula (23) de salida del acumulador térmico (30) abierta, y la válvula (24) a la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1) abierta.  
El acumulador térmico (40) se halla en el proceso de calentamiento, las válvulas 2/3 (41) y (42) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5) y cerradas desde y hacia el
- 20 intercambiador de calor enfriador (4).  
El acumulador térmico (50) se halla en el proceso de expansión adiabática, las válvulas 2/3 (51) y (52) cerradas, la válvula (45) de salida del acumulador térmico (50) abierta, y la válvula (44) a la cámara (3) del cilindro termo-actuador (1) abierta.
- 25 Durante la fase 3, el émbolo se desplaza de izquierda a derecha en virtud del estado de los siguientes componentes:  
El acumulador térmico (20) se halla en el proceso de compresión adiabática, las válvulas 2/3 (21) y (22) cerradas y la válvula (23) de salida del acumulador térmico (20) abierta, y la válvula (24) a la cámara (3) del cilindro termo-actuador (1) abierta El acumulador térmico (30) se halla
- 30 en el proceso de enfriamiento, las válvulas 2/3 (31) y (32) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5).  
El acumulador térmico (40) se halla en el proceso de expansión adiabática, las válvulas 2/3 (41) y (42) cerradas, la válvula (45) de salida del acumulador térmico abierta, y la válvula (44) a
- 35 la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1) abierta El acumulador térmico (50) se halla en el proceso de calentamiento, las válvulas 2/3 (51) y (52) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4).
- 40 Durante la fase 4, el émbolo se desplaza de derecha a izquierda en virtud del estado de los siguientes componentes:  
El acumulador térmico (20) se halla en el proceso de calentamiento, las válvulas 2/3 (21) y (22) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4).
- 45 El acumulador térmico (30) se halla en el proceso de expansión adiabática, las válvulas 2/3 (31) y (32) cerradas, la válvula (23) de salida del acumulador térmico (30) abierta, y la válvula (24) a la cámara (3) del cilindro termo-actuador (1) abierta.  
El acumulador térmico (40) se halla en el proceso de enfriamiento, las válvulas 2/3 (41) y (42) abiertas desde y hacia el intercambiador de calor enfriador (4) y cerradas desde y hacia el intercambiador de calor calentador (5).
- 50 El acumulador térmico (50) se halla en el proceso de compresión adiabática, las válvulas 2/3 (51) y (52) cerradas, la válvula (45) de salida del acumulador térmico (50) abierta, y la válvula (44) a la cámara (2) del cilindro termo-actuador (1) abierta.

Este ciclo térmico se repite para cada unidad de potencia indefinidamente.

4. Sistema de alimentación térmica de la PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS, CONVECCIÓN FORZADA Y ALIMENTACIÓN TÉRMICA REFORZADA CON UN CICLO BRAYTON INVERSO, según reivindicación 1a, caracterizado por reforzar el suministro de energía exterior desde el interior de la planta con un ciclo Brayton inverso acoplado a la planta, el cual aporta los dos focos térmicos de alta y baja temperatura capaces de complementar el aporte de energía externa, de tal manera que el aporte de energía térmica de alta y baja temperatura responsable de alimentar tanto el foco caliente como el foco frío de cada unidad de potencia disponible, es realizado simultáneamente desde el exterior de la planta y desde el interior de la planta, de modo que el suministro de energía de alta temperatura o caliente desde el exterior de la planta incluye calor residual tal como calores de refrigeración de máquinas y motores térmicos, compresores, solar, geotérmica, termo-oceánica, residual nuclear, energía térmica de origen fósil y en general calor residual de alta, media e incluso de baja temperatura, mientras que el suministro de energía de baja temperatura fría desde el exterior de la planta incluye cualquier fluido de transferencia de calor a temperatura ambiente tal como aire o agua a temperatura ambiente, así como cualquier refrigerante de uso industrial. Por otra parte, el suministro de energía caliente y fría desde el interior de la planta procede de un ciclo Brayton inverso que forma parte de la estructura de la planta objeto del invento.
- El sistema de aporte de energía, que comprende el suministro exterior e interior formado por un ciclo Brayton inverso incluye al menos los siguientes componentes:
- motor eléctrico de arranque (110)
  - compresor del ciclo Brayton inverso (111)
  - turbo-expansor del ciclo Brayton (112)
  - regenerador de calor (113)
  - conducto de descarga (114) desde el compresor (111) al intercambiador de calor de alta temperatura (130)
  - conducto de retorno (115) del intercambiador de calor (130) de alta temperatura
  - conducto de retorno (116) del intercambiador de calor (131) de baja temperatura hacia regenerador (113) y el compresor (111)
  - conducto de evacuación (117) desde el turbo-expansor del ciclo Brayton inverso (112) al intercambiador de calor de baja temperatura (131)
  - Intercambiador de calor (130) de suministro de calor del ciclo Brayton inverso
  - Intercambiador de calor (131) de suministro de frío del ciclo Brayton inverso
  - Intercambiador de calor (132) de suministro externo de calor por el conducto de suministro de calor (70) y retorno por (71)
  - Intercambiador de calor (133) de suministro externo de frío por el conducto de suministro de frío (72) y retorno por (73)
  - bomba de circulación del fluido térmico de transferencia de calor de calor de alta temperatura (134)
  - bomba de circulación del fluido térmico de transferencia de calor de calor de baja temperatura (135).
5. Procedimiento de operación del sistema de alimentación térmica de la PLANTA TÉRMICA CON MÁQUINA DE DOBLE EFECTO, ACUMULADORES TÉRMICOS, CONVECCIÓN FORZADA Y ALIMENTACIÓN TÉRMICA REFORZADA CON UN CICLO BRAYTON INVERSO según reivindicación 4a, el cual es tal que al accionar el compresor (111) del ciclo Brayton inverso mediante el motor eléctrico de arranque (110), se eleva la temperatura del fluido de trabajo del ciclo Brayton inverso que circula a alta temperatura por el conducto (114) hacia el intercambiador de calor (130), donde cede calor al fluido de transferencia de calor que alimenta las unidades de potencia impulsado por la bomba de circulación del fluido térmico de

transferencia de calor de alta temperatura (134), retornando por el conducto (115) hacia el regenerador (113) y de aquí al turbo-expansor (112), donde realiza trabajo mecánico mientras se enfría. Del turbo-expansor (112), pasa al intercambiador de calor (131), por el conducto (117) absorbiendo calor de las unidades de potencia y retornando por el conducto (116) de nuevo al compresor (111).

5 Los intercambiadores de calor (5) de alta temperatura de las unidades de potencia se hallan alimentadas por el intercambiador de calor (132) de suministro externo de calor con la ayudada del intercambiador de calor (130) del ciclo Brayton inverso, por el conducto de suministro de calor (70) y retorno por (71). Del mismo modo, Los intercambiadores de calor (4) de baja temperatura de las unidades de potencia se hallan alimentadas por el intercambiador de calor (133) de suministro externo de frío con la ayudada del intercambiador de calor (131) del ciclo Brayton inverso, impulsado por la bomba de circulación del fluido térmico de transferencia de calor de baja temperatura (135), por el conducto de extracción de calor (72) y retorno por (73).

15

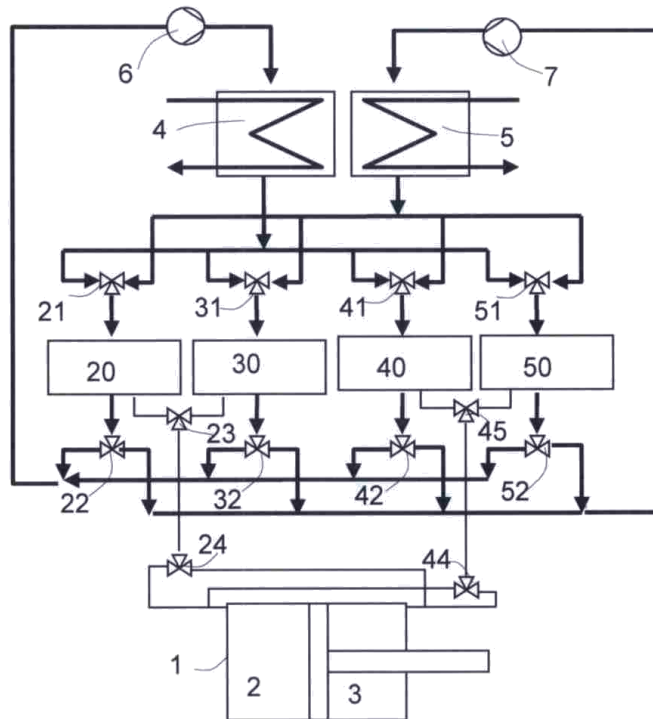


FIGURA 1

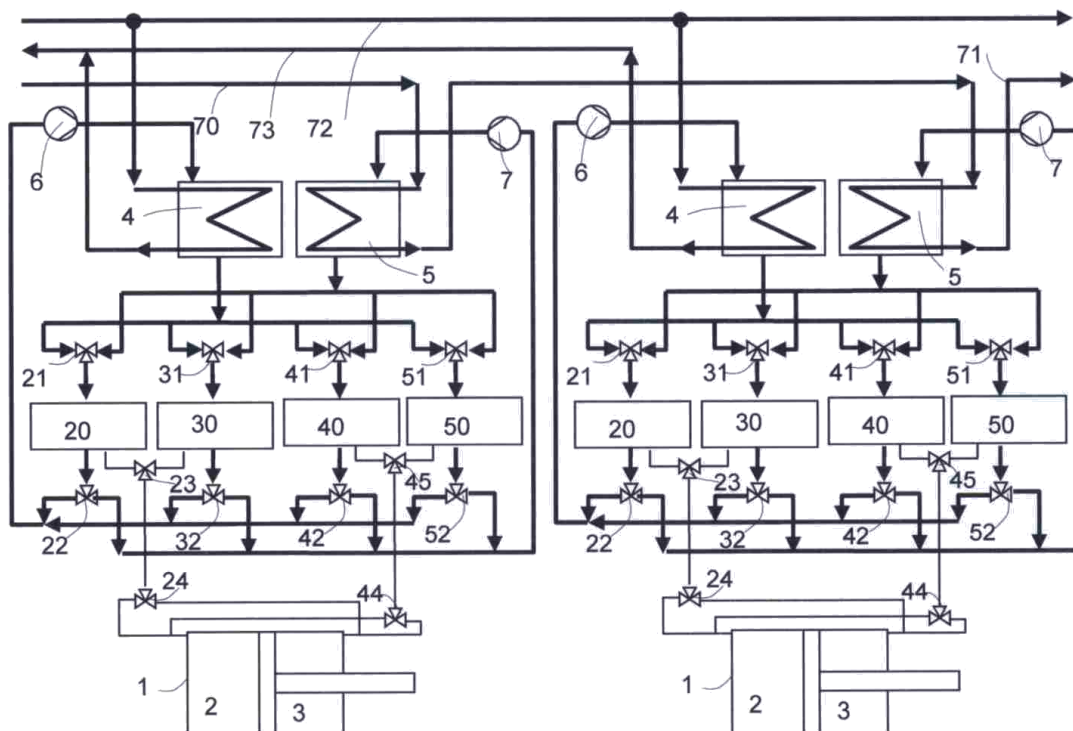


FIGURA 2

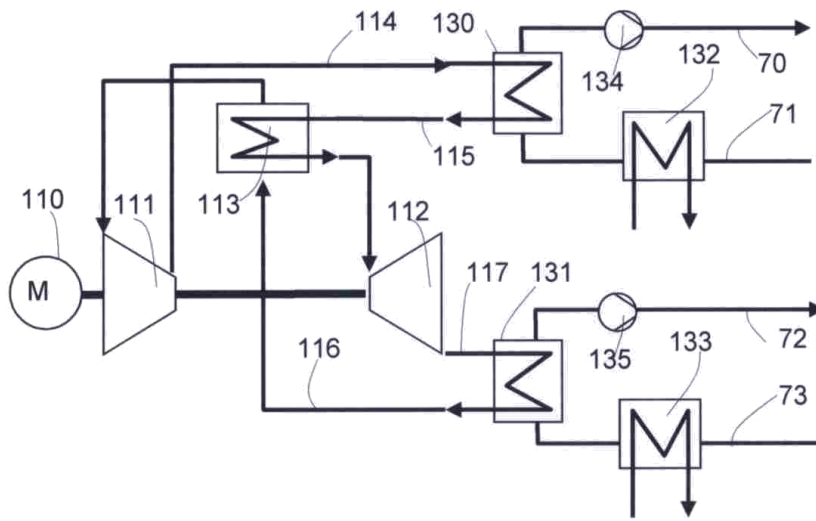


FIGURA 3