

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 548**

51 Int. Cl.:

F01K 15/02 (2006.01)

F01K 23/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2013** E 13162727 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017** EP 2789811

54 Título: **Sistema para la recuperación de calor de un motor de combustión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.10.2017

73 Titular/es:

FPT MOTORENFORSCHUNG AG (100.0%)
Schlossgasse 2
9320 Arbon, CH

72 Inventor/es:

FESSLER, HARALD

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 635 548 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema para la recuperación de calor de un motor de combustión

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema para la recuperación de calor de un motor de combustión, en particular en el campo de los grandes motores de desplazamiento.

Descripción de la técnica anterior

Los sistemas de recuperación de calor residual (WHR) usan fuentes de calor del motor, tales como el gas de escape caliente, para convertir parte de esta energía en energía mecánica por medio de un expansor (Ex) que aprovecha el ciclo de Rankine.

10 Es bien sabido que el ciclo termodinámico funciona entre una fuente de alta temperatura y una fuente de baja temperatura.

Normalmente, la fuente fría es el refrigerante refrescado que sale del radiador del motor para enfriar el condensador y, a continuación, el motor de combustión. El condensador desarrolla la fase donde el medio gaseoso WHR, en la salida del expansor, se convierte en líquido antes de entrar en la bomba WHR (P).

15 Un esquema clásico de la técnica anterior está dibujado en la figura 1, en el que un motor de combustión sobrealimentado está acoplado a un sistema de recuperación de calor residual.

Una bomba P bombea el medio WHR en el sentido de las agujas del reloj de acuerdo con el circuito de trazos dibujado en la figura 1.

20 El calentador H1 aprovecha la alta temperatura de los gases de escape corriente abajo del filtro SCR. Por lo tanto, el calentador H1 es un intercambiador de calor de gas a medio WHR (independientemente de su naturaleza: gas/líquido).

Un expansor Ex genera energía mecánica que podría transferirse al motor de combustión o a un generador eléctrico.

El aire ambiente refresca el CAC, es decir, el interenfriador, y el enfriador de refrigerante de motor. El CAC es habitualmente un intercambiador de aire/aire.

25 El condensador C usa el refrigerante de motor para enfriar el medio WHR, definiendo la fuente fría anteriormente mencionada del ciclo. Por lo tanto, el condensador es un "intercambiador de medio WHR a líquido".

La desventaja de este tipo de recuperación de energía es el calor adicional procedente del condensador que tiene que expulsarse por el enfriador. La limitación de la expulsión de calor restringe el uso del WHR especialmente con cargas de motor más altas donde la expulsión de calor del motor está en su límite.

30 En particular, la liberación del calor al ambiente está fuertemente limitada por el espacio disponible en el compartimento de motor para el intercambiador "a aire ambiente".

De hecho, los intercambiadores "a aire ambiente", el ECC y el CAC, emplean una cantidad significativa de espacio. Las fuentes de calor usadas son habitualmente los gases de escape y la potencia de enfriador EGR.

35 El documento CA2812160 desvela un circuito de Rankine equipado con múltiples intercambiadores de calor, es decir, un enfriador EGR dispuesto en un circuito EGR y un intercambiador de calor de gases de escape dispuesto en un paso de descarga de gas, en el que el enfriador EGR y el intercambiador de calor de gases de escape están dispuestos de manera que el enfriador EGR está localizado corriente arriba del intercambiador de calor de gases de escape cuando se observa en la dirección de flujo de un fluido de funcionamiento en el circuito de Rankine.

Sumario de la invención

40 Por lo tanto, el objeto principal de la presente invención es proporcionar un sistema para la recuperación de calor de un motor de combustión que supere los problemas/inconvenientes anteriores.

El principio principal de la invención se desvela en la reivindicación 1.

En particular, el condensador es del tipo intercambiador de medio WHR a aire, mientras que el enfriador de refrigerante de motor es un intercambiador de calor de líquido/líquido o de "líquido a vapor" de acuerdo con las condiciones de funcionamiento. En lo sucesivo, se usará la expresión intercambiador de "líquido a medio WHR".

5 Esto conduce a un significado termodinámico completamente diferente de los componentes. En particular, el condensador se dimensiona no solo para condensar/refrescar el medio WHR, sino también para refrescar el refrigerante de motor y, preferentemente, también el aire comprimido en la admisión de motor. Por lo tanto, el enfriador de refrigerante de motor en este contexto desarrolla la función de precalentar/evaporar el medio WHR en lugar de funcionar conjuntamente con el condensador para refrescar el medio WHR. Por lo tanto, se usan más fuentes de calor para el proceso WHR y aumenta la ganancia de consumo de combustible.

10 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el interenfriador es del tipo intercambiador de líquido/líquido, de manera que el espacio para la liberación de calor "al aire ambiente" se reserva principalmente para el condensador.

15 De acuerdo con otra realización de la presente invención, se proporcionan unos medios de derivación con el fin de evitar el calentamiento del medio de sistema en determinadas condiciones de funcionamiento críticas del motor de combustión, de manera que no se vea comprometida la expulsión de calor del motor de combustión.

Estos y otros objetos se logran por medio de un aparato y un método como los descritos en las reivindicaciones adjuntas, que forman una parte integral de la presente descripción.

Breve descripción de los dibujos

20 La invención será plenamente evidente a partir de la siguiente descripción detallada, proporcionada a modo de una mera ejemplificación y no de ejemplo limitante, para leerse con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 muestra un esquema para la recuperación de calor de un motor de combustión de acuerdo con la técnica anterior,
- la figura 2 muestra un esquema de acuerdo con la presente invención,
- 25 - la figura 3 muestra una realización basada en la figura 2.

Los mismos números y letras de referencia en las figuras indican las mismas partes o partes funcionalmente equivalentes.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

En la figura 2, se muestra una realización preferida del sistema para la recuperación de calor, WHR.

30 La invención está especialmente adaptada, pero no limitada, a un motor de combustión E provisto de una unidad de sobrealimentación, es decir, una turbina TB alimentada por los gases de escape y un compresor COM accionado por dicha turbina TB para la compresión del aire fresco que entra en el motor de combustión E.

El motor E podría estar provisto, además, de un interenfriador CAC' para refrescar el aire fresco comprimido por el compresor COM y/o de unos medios EGR con un enfriador EGR.

35 De acuerdo con la presente invención, el condensador COND es del tipo medio WHR (medio de funcionamiento WHR) a aire ambiente. La flecha (solo) "aire ambiente" que atraviesa el condensador indica que el calor se expulsa directamente al aire ambiente en lugar de liberarse al refrigerante de motor.

40 El medio usado para el ciclo de Rankine, en el siguiente medio WHR, se bombea por la bomba P' a través del intercambiador de refrigerante de motor, ECC', y, preferentemente, a través del interenfriador CAC'. Por lo tanto, el ECC' es un intercambiador de calor de líquido a medio WHR, mientras que el CAC' es un intercambiador de calor de aire a medio WHR. En el CAC', el medio WHR está en una fase líquida.

Esto significa que, a pesar del tamaño de bloque mostrado en la figura 2, CAC' y ECC' podrían ser muy pequeños en comparación con los implementados por la técnica anterior.

45 Esto también significa que tanto el CAC' como el ECC' no necesitan estar dispuestos en un punto específico del compartimento de motor, por ejemplo, en el lado delantero o bajo el capó, sino por el contrario, podrían estar dispuestos en cualquier lugar dentro del compartimento de motor, para una mejor optimización de la disposición de componentes.

Además, la evaporación del medio WHR en CAC' y ECC' reduce el problema de los esquemas de la técnica anterior en los que puede producirse un sobrecalentamiento del radiador de refrigerante, ya que la fuente de calor es agua de motor a aproximadamente 105 °C de temperatura.

Esto significa que la evaporación del medio WHR está bien definida sin problemas de sobrecalentamiento.

- 5 Cuando tanto el ECC' como el CAC' se refrescan por el medio WHR, el medio WHR recibe un precalentamiento en el CAC' y, a continuación, precalentamiento y evaporación [es decir, la energía para provocar la evaporación del medio WHR] en el ECC'. El enfriador EGR se enfría con agua de motor y, por lo tanto, la energía se expulsa con el agua del motor y, por lo tanto, al medio WHR en el ECC'.

- 10 Esto resuelve el problema del estado de los sistemas de la técnica, consistente en que una fuga de EGR hacia el intercambiador de calor WHR liberará el medio WHR en el motor (por ejemplo, quemando etanol). Además, el medio WHR se bombea a través del calentador H2 aprovechando el calor contenido en los gases de escape, donde recibe la última contribución de calentamiento antes de cruzar el expansor Ex'.

- 15 Por lo tanto, la fuente de frío para el ciclo de Rankine es directamente el aire ambiente y no el aire ambiente a través del refrigerante de motor. Esto permite una mayor flexibilidad en la selección de la temperatura del agua del motor para un rendimiento óptimo. En particular, en el calentador ECC (refrigerante de motor), los sistemas conocidos alcanzan aproximadamente 85°, mientras que, de acuerdo con la presente invención, la temperatura del refrigerante puede mantenerse a una temperatura superior a 90 °C y aproximadamente 105 °C. Esto ayuda a extraer más energía y a aumentar la eficiencia de la WHR sin comprometer la vida útil del motor de combustión y también significa que se mejora la eficiencia del ciclo de Rankine debido a la temperatura de condensación reducida y el uso de más y potencialmente cualquier fuente vehicular de calor, sin el problema del sobrecalentamiento del medio WHR.

El hecho de que el refrigerante de motor se refresque por el medio WHR, en lugar de directamente por el aire ambiente, permite una temperatura de refrigerante ligeramente más alta, especialmente a temperaturas ambiente bajas.

- 25 Es bien conocido que es beneficioso un aumento de la temperatura del refrigerante con el fin de reducir la fricción del motor (y también reducir las pérdidas de calor), debido principalmente a las temperaturas más altas del aceite.

Por lo tanto, el CAC' desarrolla una nueva función con respecto a los esquemas de la técnica anterior.

- 30 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, dicho calentador H2 (intercambiador de calor de gases de escape) está dispuesto corriente abajo del ATS, es decir, después de que (de acuerdo con la dirección del flujo de gases de escape) uno o más dispositivos reduzcan las emisiones contaminantes, por ejemplo, el catalizador SCR' u otros componentes, tales como DOC, trampas y/o filtros de limpieza de amoníaco.

De acuerdo con dicha realización preferida de la presente invención, el circuito del sistema WHR incluye medios para que el WHRB evite el calentador H2.

En otras palabras, una válvula de tres vías controla el flujo del medio WHR que atraviesa el calentador.

- 35 De acuerdo con otra realización preferida, los gases de escape también pueden evitar el calentador H2, a través de un EGB de derivación de gases de escape, que puede comprender un conducto de derivación y una aleta para controlar el flujo de gas.

- 40 El sistema WHR se dirige por una unidad de control que comprueba las condiciones de funcionamiento del motor de combustión E, la temperatura del refrigerante del motor y da órdenes a dicha válvula de tres vías y/o dicha aleta para garantizar el enfriamiento requerido del agua de motor en el ECC' y del aire fresco comprimido en la admisión CAC'. Cuando se evita el calentador H2, se aprovecha toda la capacidad de expulsión de calor del condensador para enfriar el motor de combustión E, con un comportamiento más controlable del sistema general WHR y el motor de combustión.

- 45 Debido a la posibilidad de excluir el calentador H2, solo pueden aprovecharse las fuentes de calor requeridas. De acuerdo con la invención, dichas fuentes de calor son agua de motor (por lo tanto, el propio ECC'), enfriador EGR y, de acuerdo con una realización preferida de la invención, dichas fuentes de calor también pueden ser CAC', el condensador de acondicionamiento. Sin embargo, esto significa que las mejoras de eficiencia son viables incluso con cargas (muy críticas) donde los sistemas de recuperación de última generación tienen que apagarse debido a las limitaciones en la capacidad de enfriamiento. No obstante, de acuerdo con la presente invención, cuando se evita el calentador H2, se permite que las otras fuentes de calor, en cualquier caso, realicen un ciclo de Rankine, pero sin comprometer la vida útil del motor de combustión. Además, cuando se interrumpe el ciclo de Rankine, la capacidad

de expulsión de calor del motor de combustión aumenta fuertemente con respecto al motor no provisto de los sistemas WHR y con respecto a los motores conocidos provistos de sistemas WHR de la técnica anterior.

5 De acuerdo con una simulación por ordenador, el beneficio en el consumo de combustible del motor puede aumentar de valores comunes de un 4 a 5 % a un 8 a 10% para una condición de carga típica de punto de carga del 50 % de velocidad media para un camión pesado a 85 km/h.

Por medio de la presente invención, se logran una serie de ventajas adicionales.

En primer lugar, de acuerdo con una realización preferida, solo un intercambiador entrega el calor "al aire ambiente", en lugar de dos como en el esquema de la técnica anterior.

10 En segundo lugar, la presión de vapor en el condensador se ajusta a la temperatura de condensación requerida y puede reducirse considerablemente ampliando la gama de fluidos adecuados a emplear como medio WHR. De acuerdo con la presente invención, la presión de vapor en el condensador puede ser de aproximadamente 1 bar o inferior.

El expansor puede producir energía mecánica, eléctrica o hidráulica para suministrar al motor de combustión.

También puede accionarse la bomba por el motor de combustión, el expansor o por un motor eléctrico.

15 Las funciones de dicha unidad de control podrían integrarse en una unidad de control de motor.

El expansor puede conocerse per se.

20 De acuerdo con una realización preferida adicional de la invención, que puede combinarse con otras expuestas anteriormente, el motor de combustión puede ser del tipo turbo-compuesto. Un esquema de turbo-compuesto tiene una turbina TBC, accionada por los gases de escape, y tiene su eje conectado con el cigüeñal del motor con el fin de dotarlo de energía mecánica.

Entre el eje de turbina de turbo-compuesto y el cigüeñal puede interponerse un embrague y/o unos engranajes de reducción de rotación.

25 El control de los varios componentes arquitectónicos descritos anteriormente puede implementarse ventajosamente en un programa informático que comprende medios de código de programa para realizar una o más etapas de dicho método, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

Por esta razón, la patente también se referirá a dicho programa informático y al medio legible por ordenador que comprende un mensaje grabado, tal como el medio legible por ordenador que comprende los medios de código de programa para realizar una o más etapas de dicho método, cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.

30 Muchos cambios, modificaciones, variaciones y otros usos y aplicaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la materia después de considerar la memoria descriptiva y los dibujos adjuntos que desvelan las realizaciones preferidas de la misma. Todos estos cambios, modificaciones, variaciones y otros usos y aplicaciones que no se alejan del alcance de la invención se consideran cubiertos por la presente invención.

35 También pueden combinarse entre sí otras implementaciones y las diversas realizaciones desveladas con la técnica anterior expuesta. No se exponen otros detalles bien conocidos ya que los expertos en la materia son capaces de realizar la invención partiendo de las enseñanzas de la descripción anterior.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para la recuperación de calor (WHR) de un motor de combustión (E), comprendiendo el sistema unos medios de recuperación para desarrollar un ciclo de Rankine aprovechando el calor producido por el motor de combustión, comprendiendo dichos medios de recuperación un condensador para la condensación de un medio WHR, en el que el condensador (COND) es un intercambiador del tipo medio WHR al aire ambiente, en el que el motor (E) comprende además unos segundos medios para refrescar (ECC') un refrigerante de motor y en el que dichos segundos medios de refresco (ECC') comprenden un intercambiador del tipo líquido a medio WHR, en el que dichos medios de recuperación comprenden además unos intercambiadores de aire a medio WHR para calentar el medio WHR, en el que dichos intercambiadores de aire a medio WHR comprenden un primer calentador (H2) que aprovecha el calor contenido en los gases de escape del motor de combustión y **caracterizado por que** comprende unos medios para refrescar los gases recirculados (EGR) del tipo aire a líquido, en el que dicho líquido de refresco es dicho refrigerante de motor.
2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el motor (E) comprende además unos primeros medios para refrescar (CAC') el aire fresco en la admisión de motor, y en el que dichos primeros medios de refresco comprenden un intercambiador del tipo aire a medio WHR.
3. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho condensador (COND) es el único intercambiador "a aire ambiente" de ambos, el sistema de recuperación y el motor de combustión (E).
4. Sistema de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el motor (E) comprende además unos terceros medios para refrescar (CAC') el aire fresco en la admisión de motor, y en el que dichos terceros medios de refresco comprenden un intercambiador del tipo aire a medio WHR.
5. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dichos intercambiadores de aire a medio WHR comprenden un segundo calentador que aprovecha el calor expulsado en el condensador del sistema de acondicionamiento.
6. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, que comprende además unos medios de derivación (WHRB) para evitar que el medio WHR pase a través de uno o más de dichos calentadores y/o medios (EGB) para evitar que los gases de escape pasen a través de dicho primer calentador (H2).
7. Sistema de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además unos medios de control de dichos medios de derivación (WHRB, EGB) configurados para reducir la recuperación de calor en condiciones de motor de combustión de alta carga críticas.
8. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la temperatura del refrigerante de agua de motor (fuente caliente) es superior a 90 °C.
9. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una presión de vapor en el condensador (COND) es de aproximadamente 1 bar o inferior.
10. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un expansor (Ex') capaz de producir energía mecánica del lado del ciclo de Rankine.
11. Sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en el que dicha energía mecánica se proporciona al motor de combustión (E) o se aprovecha para producir energía eléctrica por medio de un generador eléctrico.
12. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el motor (E) comprende un sistema de tratamiento posterior (ATS) que tiene al menos un catalizador y en el que el primer calentador (H2) está dispuesto corriente abajo de dicho catalizador, de acuerdo con una dirección de flujo de gases de escape.
13. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el motor de combustión (E) comprende unos medios de sobrealimentación que tienen al menos un grupo de sobrealimentación (TB, COM).
14. Vehículo terrestre provisto de un motor de combustión (E) y un sistema para la recuperación de calor (WHR) del motor de combustión (E) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores de 1 a 13.

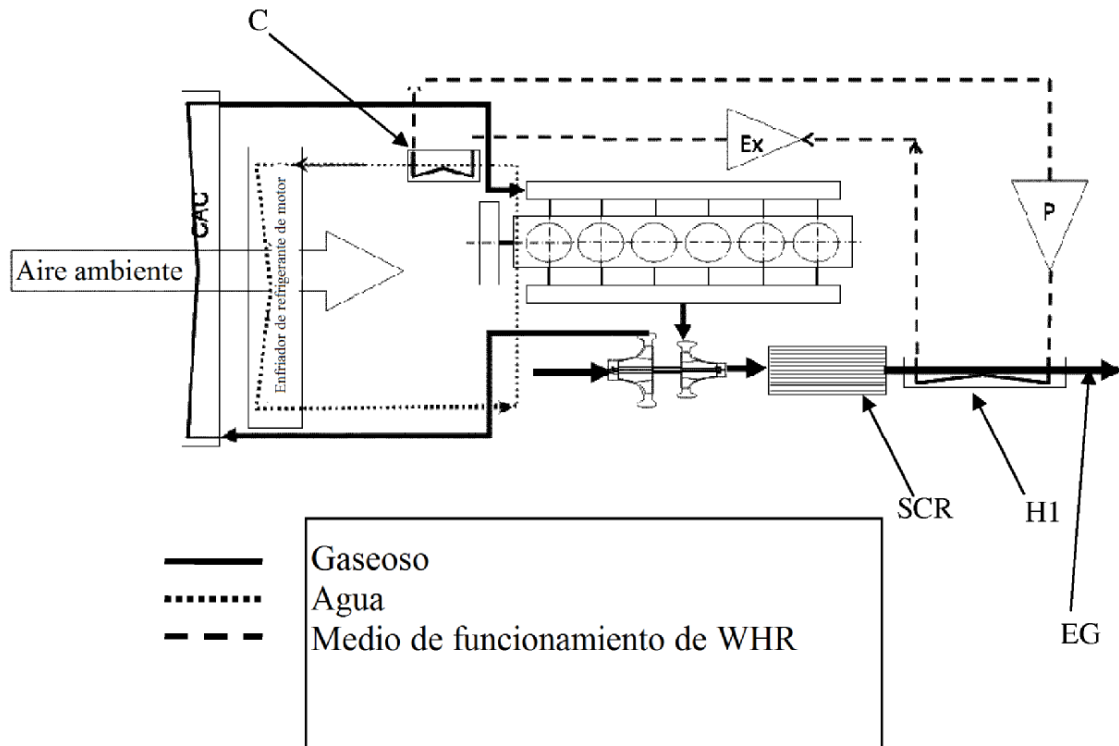


Fig. 1 (técnica anterior)

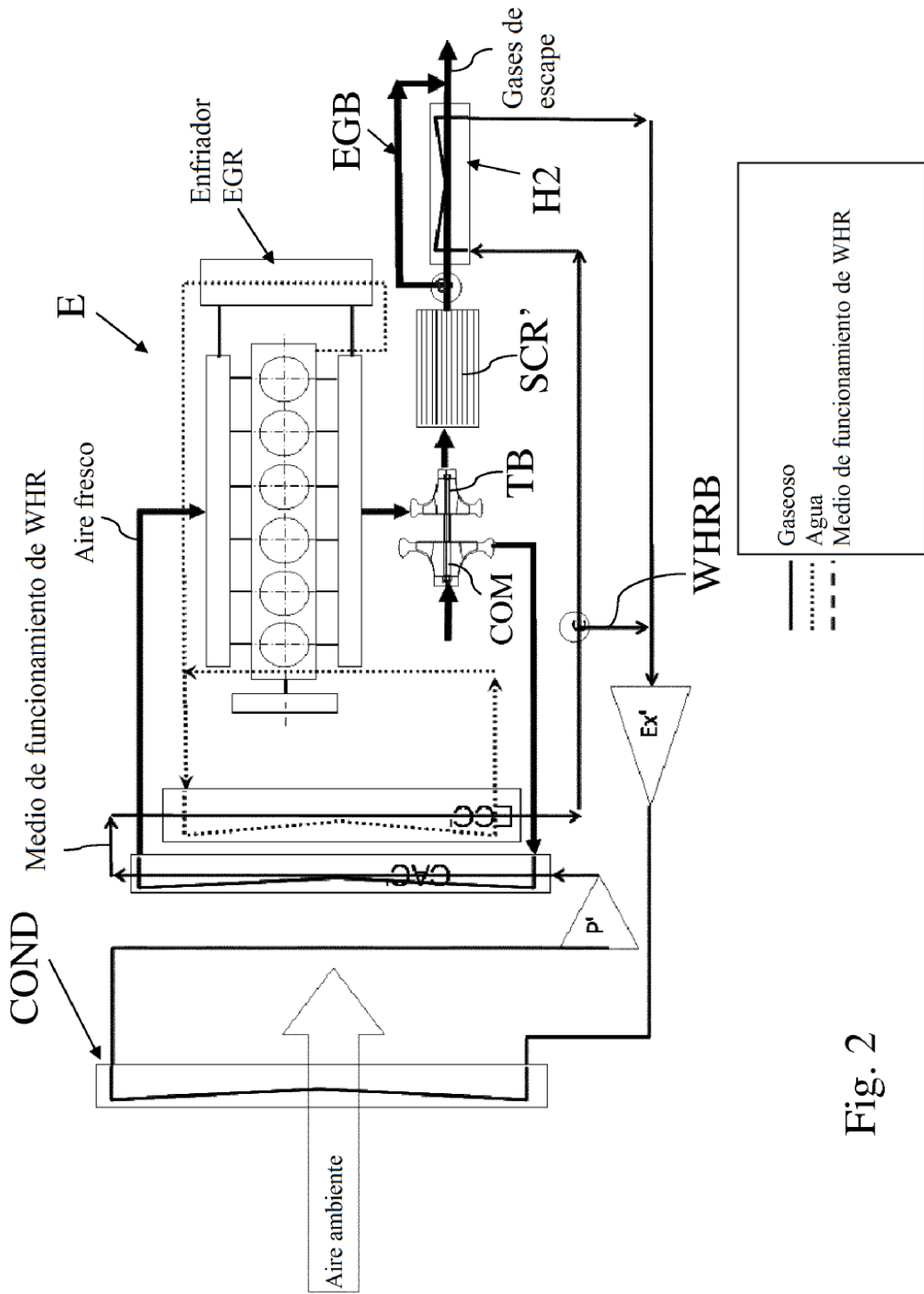


Fig. 2

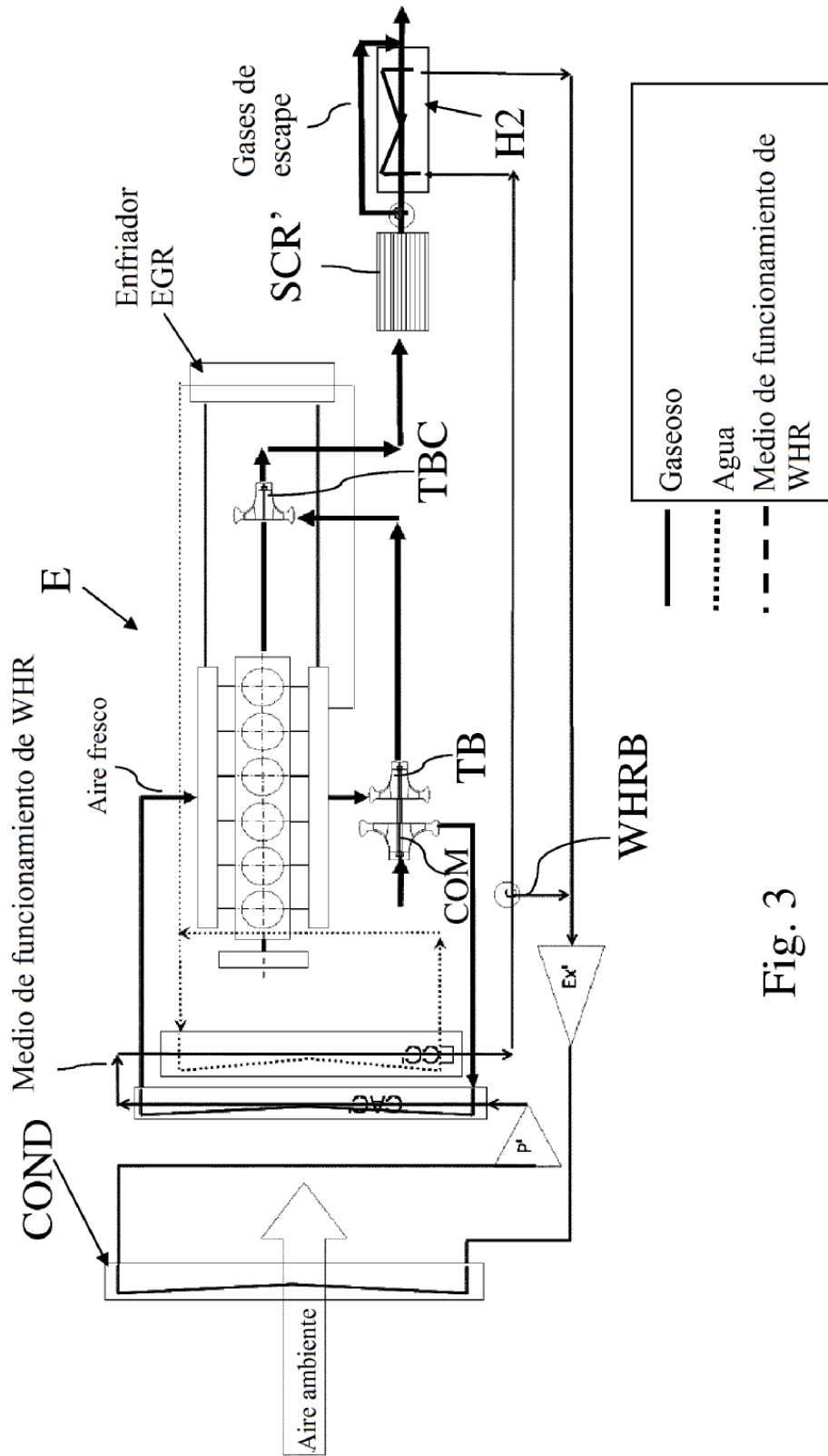


Fig. 3