

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 557**

51 Int. Cl.:

F02G 1/04 (2006.01)

F02G 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2010 PCT/FR2010/052868**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2011 WO11080467**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2010 E 10808914 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018 EP 2519728**

54 Título: **Máquina térmica con foco caliente externo, grupo de producción de energía y vehículo asociados**

30 Prioridad:

28.12.2009 FR 0959624

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

07.05.2018

73 Titular/es:

**H2P SYSTEMS (100.0%)
10 rue de Louvois
75002 Paris, FR**

72 Inventor/es:

THEVENOD, FRÉDÉRIC OLIVIER

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 666 557 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

Máquina térmica con foco caliente externo, grupo de producción de energía y vehículo asociados

5 La presente invención se refiere a una Máquina térmica con foco caliente externo, grupo de producción de energía y vehículo asociados. Esta se refiere, además, a la recuperación del calor de escape, especialmente para las aplicaciones en vehículos de cualquier índole, especialmente terrestres, marítimos o aéreos, pero también para las aplicaciones de motores estacionarios.

Son conocidas diferentes formas de realización de máquinas térmicas que aprovechan un foco caliente externo. No obstante, estas máquinas térmicas tienen un escaso rendimiento y una baja densidad de potencia (por unidad de masa y de volumen).

10 Las pérdidas térmicas de los motores de combustión interna explican en gran parte su modesto rendimiento. La concienciación ecológica y las restricciones legislativas en cuanto a emisiones contaminantes impulsan a valorar las pérdidas térmicas.

15 No obstante, la energía expulsada en el escape se materializa en forma de un gas a escasa presión y temperatura relativamente moderada. La transformación de esta energía expulsada en energía mecánica por medios usuales se traduce en una maquinaria pesada, voluminosa, costosa y con una eficiencia discutible. En particular para las aplicaciones en vehículos, en los que el peso, la ocupación de espacio y el coste del motor cumplen una misión importante.

20 Es conocida, a tenor del documento FR 2905728, del autor de la presente invención, una máquina térmica con foco caliente externo capaz de transformar el calor de los gases de escape de un motor de combustión interna en energía mecánica. En un cilindro se comprime aire tomado de la atmósfera que es enviado al interior de un intercambiador de calor y luego devuelto al cilindro, donde se expande produciendo energía mecánica recogida por un pistón y luego es evacuado a la atmósfera. El intercambiador de calor se ubica dentro del flujo de los gases de escape del motor de combustión interna y cumple la misión de acumulador de presión.

25 Existe también el documento WO 2007/088463 A1 y el documento WO 2007/099438 A1 que describen un dispositivo de recuperación del calor de escape que incluye un motor Stirling. El documento US 2002/0017098 A1 describe un sistema de alternador que incluye un motor Stirling.

Es un objetivo de la invención proponer una máquina térmica con foco caliente externo que tiene un rendimiento y una densidad de potencia mejorados (por unidad de masa y de volumen).

30 Es un segundo objetivo de la invención proponer una máquina térmica con foco caliente externo cuyo peso, ocupación de espacio y coste son bajos.

Es un tercer objetivo de la invención proponer una máquina térmica capaz de aprovechar la energía expulsada al término de un proceso de combustión interna, en particular compatible con una aplicación en los vehículos.

35 La invención propone una máquina térmica que comprende medios de compresión para comprimir un gas de trabajo, un foco calorífico externo para calentar el gas de trabajo comprimido en un trayecto cerrado caliente, medios de expansión del gas de trabajo comprimido y calentado tomado en una salida del trayecto cerrado caliente, caracterizada por que el gas de trabajo expandido es enviado a continuación a los medios de compresión por un trayecto cerrado frío que pasa por un intercambiador de calor con un foco frío, en particular la atmósfera.

40 En esta explicación de la invención, y en la continuación del texto, los adjetivos "caliente" y "frío" en las expresiones "trayecto cerrado caliente" y "trayecto cerrado frío" tienen un sentido que simplemente significa que el trayecto cerrado caliente es generalmente más caliente que el trayecto cerrado frío en el funcionamiento de la máquina térmica.

45 Merced a esta arquitectura, es posible reutilizar directamente la presión residual en el final de expansión para alimentar la admisión y, así, reducir acusadamente el lazo de trabajo negativo escape-compresión en el diagrama presión-volumen del ciclo de trabajo de la máquina. El rendimiento de la máquina térmica se optimiza mediante recuperación de la presión de final de expansión. Puesto que la presión en el final de expansión se recupera casi íntegramente como presión de comienzo de compresión, ésta puede ser, sin inconvenientes, relativamente elevada. La máquina trabaja entonces con pequeños volúmenes de gas de trabajo y con una diferencia de presión relativamente grande entre el trayecto cerrado caliente y el trayecto cerrado frío. Esta arquitectura permite limitar el peso, la ocupación de espacio y el coste de la máquina.

50 Preferentemente, el foco caliente de la máquina térmica comprende el escape de un motor de combustión interna. Entonces, el trayecto cerrado caliente pasa por un intercambiador de calor entre el gas de trabajo y gases de escape del motor de combustión interna.

Así, la máquina térmica es capaz de aprovechar la energía térmica expulsada al término de un proceso de combustión interna. La máquina térmica es especialmente compatible con una aplicación en los vehículos.

5 El foco caliente de la máquina térmica también puede comprender un catalizador de depuración de los gases de escape de un motor de combustión interna. Esto permite utilizar como foco caliente una energía química convertida en energía térmica merced a la catálisis y la combustión de los inquemados, además de la energía térmica expulsada por el motor de combustión interna.

10 El trabajo mecánico suministrado por la máquina térmica se puede utilizar directamente en forma mecánica, especialmente para la propulsión de un vehículo. El trabajo mecánico suministrado puede ser utilizado igualmente para la impulsión de un generador de corriente eléctrica, en particular para realizar un vehículo híbrido térmico-eléctrico.

En otra versión de la invención, un árbol de potencia de la máquina térmica está unido a un árbol de potencia del motor de combustión interna, o también a un árbol de la transmisión.

15 Esta disposición es particularmente ventajosa, ya que permite prever elementos de transmisión de potencia comunes al motor de combustión interna y a la máquina térmica. El acoplamiento del motor y de la máquina térmica constituye un motor híbrido térmico-térmico. El rendimiento del motor híbrido, merced al trabajo de la máquina térmica, es superior al de un motor de combustión interna utilizado solo.

Esta disposición permite asimismo al motor impulsar la máquina térmica cuando sea necesario, especialmente para facilitar el arranque de la máquina térmica o para utilizar la máquina térmica como freno motor.

20 La mayoría de los motores de combustión interna son de movimiento rectilíneo alternativo. La invención propone que los medios de compresión y los medios de expansión de la máquina térmica comprendan cada uno de ellos al menos un pistón, especialmente de movimiento rectilíneo alternativo. Así, es posible obtener velocidades de giro sensiblemente comparables entre la máquina térmica y el motor de combustión interna. Así, se ven reducidos el peso, la ocupación de espacio y el coste de la unión entre el árbol de potencia de la máquina térmica y el árbol de potencia del motor de combustión interna.

25 Con esta misma finalidad, la invención propone que los medios de compresión y los medios de expansión estén realizados por al menos un pistón común.

30 La unión entre el árbol de potencia de la máquina térmica y el árbol de potencia del motor de combustión interna se realiza preferentemente por mediación de un embrague. El embrague faculta el desacoplamiento de la máquina térmica y del motor. Así, el motor de combustión interna puede ser utilizado solo, sin la máquina térmica, lo cual puede presentar transitoriamente un interés cuando la máquina térmica no puede producir par en modo suficiente.

En el arranque, la puesta a temperatura del motor y, por tanto, del foco caliente de la máquina térmica se lleva a cabo progresivamente. El embrague permite no movilizar la máquina térmica sino de manera diferida, una vez que el motor, o más generalmente el foco caliente, está a temperatura.

35 Mientras el motor de combustión interna no haya alcanzado su temperatura de funcionamiento, la potencia máxima disponible es menor, los fenómenos de desgaste se ven intensificados y la potencia térmica disponible en el escape es baja. El desacoplamiento reduce el desgaste del motor al arranque, y aumenta la potencia disponible.

40 Cuando el motor tan solo se utiliza un breve período de tiempo, entonces la máquina térmica no tiene tiempo de entregar un trabajo superior al trabajo necesario para su puesta en marcha por impulsión con el concurso del motor. Así, el desacoplamiento del embrague permite no degradar el rendimiento del motor en utilizaciones breves fuera de las temperaturas óptimas de funcionamiento.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, la presión en el trayecto cerrado frío de la máquina térmica es, en funcionamiento establecido, superior a la presión atmosférica, en particular del orden de 0,1 a 1 MPa (1 a 10 bares).

Para aumentar la masa de gas de trabajo en la máquina térmica y compensar las fugas ocasionales, la invención comprende un compresor capaz de inyectar gas de trabajo en el trayecto cerrado frío.

45 Preferentemente, la máquina térmica comprende medios para regular la presión en el trayecto cerrado frío.

50 Se puede prever, de acuerdo con la invención, un depósito destinado a contener una reserva de gas de trabajo comprimido que se puede poner selectivamente en comunicación con el trayecto cerrado frío para iniciar la elevación de presión del trayecto cerrado frío en el arranque de la máquina térmica. Esta característica de la invención tiene de ventaja que reduce la aportación externa de energía necesaria para el arranque de la máquina térmica, y que acorta la duración de esta fase de arranque.

El trayecto cerrado caliente se puede poner selectivamente en comunicación con el depósito, en particular para el llenado del depósito. El pilotaje de la puesta en comunicación selectiva tiene en cuenta la presión en el trayecto

cerrado caliente, especialmente para mantener una presión suficiente.

La invención prevé asimismo, en el llenado del depósito, mantener una presión suficiente en el trayecto cerrado caliente por medios de ajuste de caudal que permiten hacer entrar más gas en el trayecto cerrado caliente del que sale por la salida. Los medios de ajuste del caudal equipan al menos una entrada y una salida del trayecto cerrado caliente.

Los medios de ajuste del caudal permiten además un funcionamiento como freno motor de la máquina térmica. El freno motor está realizado entonces con recuperación de energía por acumulación de gas de trabajo a presión. La energía almacenada por el freno motor puede ser entregada a continuación por la máquina térmica. Además de la presencia de un freno motor, esta particularidad de la invención presenta la ventaja, para una máquina térmica que no está sometida a una carga continua, de optimizar el rendimiento global.

Cuando el grupo de producción de energía funciona como freno motor, el foco caliente está al menos parcialmente desactivado. Se entiende por al menos parcialmente desactivado que la cantidad de energía térmica transmitida por el foco caliente disminuye con respecto al funcionamiento del foco caliente activado. Al ser más pequeña la aportación de energía, el aumento de presión en el trayecto cerrado caliente es también más pequeño. Así, se puede almacenar una mayor masa de gas evitando cualquier sobrepresión en el trayecto cerrado caliente, debido a su más baja temperatura. Esto participa asimismo en la mejora del rendimiento global de la máquina térmica.

Cuando el foco caliente de la máquina térmica comprende el escape de un motor de combustión interna, la alimentación de combustible al motor está al menos parcialmente desactivada durante el funcionamiento como freno motor. En consecuencia, se reduce el calor disponible en el escape del motor de combustión interna, lo cual desactiva el foco caliente de la máquina térmica.

El freno motor del motor de combustión interna no permite la recuperación de energía. De este modo, cuando el motor de combustión interna es utilizado como freno motor, la energía absorbida no podrá ser entregada más tarde por el motor de combustión interna. Por lo tanto, la energía absorbida se pierde.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se puede acrecentar el nivel de energía en el foco caliente haciendo funcionar como freno motor la máquina térmica impulsada por el motor de combustión interna. El motor suministra entonces a la máquina térmica, por una parte, la energía que permite la acumulación de gas de trabajo a presión y, por otra, el calor necesario para la elevación de presión en el trayecto cerrado caliente. Así, el freno motor permite acelerar la elevación de presión del trayecto cerrado caliente, especialmente en el arranque de la máquina térmica.

La invención prevé asimismo que la entrada y la salida del trayecto caliente están equipadas con medios de ajuste de caudal que permiten adaptar la potencia producida por la máquina térmica con relación a la potencia disponible en el foco caliente, especialmente cuando varía la temperatura del foco caliente, en particular cuando el foco caliente comprende un escape de motor de combustión interna.

Los medios de ajuste de caudal son típicamente medios de distribución que comprenden un ajuste al menos de entre: calado, tiempo, abertura de admisión y/o de escape. Se entiende por calado el momento de la movilización de los medios de distribución, especialmente en consideración a la posición del pistón de la máquina térmica.

Para una máquina térmica que comprende pistones de movimiento lineal alternativo, la invención prevé que los medios de distribución comprenden válvulas. De acuerdo con un aspecto importante de la invención, la al menos una válvula situada en la entrada del trayecto cerrado caliente y/o la al menos una válvula situada en la salida del trayecto cerrado caliente comprenden una cabeza y un vástago equipado con un pistón de equilibrado de presión. El pistón de equilibrado tiene una cara girada hacia la cabeza y expuesta a la presión en el trayecto cerrado caliente, y una cara opuesta a la cabeza y expuesta a la presión en una cámara de trabajo por mediación de un conducto que hace comunicar la cámara de trabajo con una cámara de equilibrado. Una cara frontal de la cabeza, opuesta al vástago, está expuesta a la presión en la cámara de trabajo. Una cara posterior de la cabeza, orientada hacia el vástago, está expuesta a la presión en el trayecto cerrado caliente.

De este modo, el pistón de equilibrado experimenta sobre sus dos caras una diferencia de presión opuesta a la experimentada por la cabeza. Así, se evita tener que recurrir a una fuerza de recuperación muy elevada para mantener cerrada la válvula en contra de la fuerza presionante ejercida sobre la cara posterior de la cabeza por los gases del trayecto cerrado caliente. Por lo tanto, se ven reducidas las tensiones ejercidas sobre la válvula, aumentando su vida útil y facilitando su pilotaje.

Por otro lado, el pistón de equilibrado permite obviar una distribución llamada "invertida", es decir, en la que una válvula se abre no ya avanzando en la cámara de trabajo, sino retrocediendo en el canal.

La máquina térmica prevista por la invención puede utilizar como foco calorífico los gases de escape de un motor de combustión interna. La asociación determina un grupo de producción de energía mecánica que se puede integrar especialmente como fuente motriz de un vehículo automóvil.

La ocupación de espacio, el peso y el coste del conjunto son compatibles con las actuales exigencias, mientras que

el consumo específico del motor híbrido (cantidad de combustible consumida por unidad de potencia y unidad de tiempo) resulta particularmente rebajado.

Otras ventajas y particularidades de la invención se irán poniendo de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción relativa a unas formas de realización no limitativas. En los dibujos que se acompañan:

- 5 la figura 1 representa esquemáticamente un grupo de producción de energía mecánica según la invención,
la figura 2 es un diagrama que representa el volumen de la cámara de trabajo, la presión en la cámara de trabajo y la abertura de las válvulas según la posición angular del árbol de la máquina térmica,
la figura 3 es una vista en sección longitudinal de los medios de distribución cuando es cerrada una válvula,
la figura 4 es una vista en sección longitudinal de los medios de distribución cuando es abierta una válvula,
10 las figuras 5 a 9 representan diagramas presión-volumen que muestran la elevación de presión de la máquina térmica, y
la figura 10 representa esquemáticamente una vista en sección de la máquina térmica.

15 El grupo de producción de energía mecánica representado en la figura 1 comprende una máquina térmica 1 y un motor de combustión interna 2. La máquina térmica comprende un pistón circular 13 de movimiento rectilíneo alternativo, relacionado con un árbol de potencia 5.

20 El pistón circular 13, visto desde arriba en la figura 1 y visto en sección en la figura 10, está montado estanco y dotado de movimiento de traslación axial dentro de un cilindro 15 de eje 13a, común con el del pistón circular 13. De manera no representada en la figura 1, aunque convencional en sí, el pistón circular 13 está unido a un cigüeñal 16 solidario del árbol de potencia 5, para transformar el movimiento alternativo del pistón circular en movimiento de giro del cigüeñal o a la inversa, según el sentido del flujo de la energía mecánica.

25 Por el lado opuesto al cigüeñal, es decir, por encima del pistón circular en la representación convencional de una máquina volumétrica, el pistón circular está adyacente a una cámara de trabajo 101 definida dentro del cilindro entre el pistón circular y una culata 102. La culata está dotada de válvulas que, en número de cuatro, son: 80, 90, 100 y 110, que mandan unos correspondientes orificios en la culata y cuyas funciones se explicarán más adelante.
30 Cuando todas las válvulas están cerradas, la cámara de trabajo está tapada herméticamente y su volumen varía en función de la posición del pistón circular a lo largo de su carrera rectilínea dentro del cilindro.

35 El árbol de potencia 5 de la máquina térmica y el árbol de potencia 6 del motor están unidos por mediación de un embrague 7 con posibilidad de ser acoplado o desacoplado selectivamente. La máquina térmica incluye, para un gas de trabajo que puede ser aire, un trayecto cerrado frío 3 que va del orificio mandado por la válvula de escape 80 al orificio mandado por la válvula de admisión 90, y un trayecto cerrado caliente 4 que va del orificio mandado por la
40 válvula de compresión 100 al orificio mandado por la válvula de expansión 110.

45 El trayecto cerrado caliente 4 pasa por un intercambiador de calor 8 que permite un intercambio de calor entre el gas de trabajo y gases de escape 9 del motor de combustión interna. El trayecto cerrado caliente pasa asimismo por un catalizador de depuración de los gases de escape 10 del motor de combustión interna. El intercambiador de calor es en contracorriente, es decir, el trayecto cerrado caliente entra por el lado de la salida de los gases de escape y sale por el lado de la entrada de los gases de escape. A continuación, el trayecto cerrado caliente pasa por el catalizador 10 que está aún más caliente. De este modo, cuando vuelve a la cámara de trabajo 101 de la máquina
50 térmica, delimitada dentro del cilindro 15 entre el pistón circular 13 y una culata 102, el gas de trabajo está a la temperatura del catalizador 10. El conjunto del trayecto cerrado caliente se halla sensiblemente en equipresión, correspondiente a la presión en la cámara de trabajo en el comienzo de fase de expansión.

El trayecto cerrado frío pasa por un intercambiador de calor 11 que permite un intercambio de calor entre el gas de trabajo y la atmósfera como foco frío. Un compresor 12 permite inyectar gas de trabajo en el trayecto cerrado frío.

55 En la forma preferida de realización de la figura 1, el pistón circular 13 es un medio de compresión del gas de trabajo cuando su movimiento va en el sentido de una contracción del volumen de la cámara de trabajo 101, y un medio de expansión del gas de trabajo cuando su movimiento va en el sentido de una expansión del volumen de la cámara de trabajo.

60 El gas de trabajo comprimido por los medios de compresión penetra en el trayecto cerrado caliente por una entrada equipada con medios de distribución que comprenden una válvula de compresión 100 y que tienen una función de ajuste de caudal. Una salida del trayecto cerrado caliente está equipada asimismo con medios de distribución que comprenden una válvula de expansión 110 y que tienen una función de ajuste de caudal. Los medios de ajuste de caudal según la invención permiten adaptar la cantidad de gas de trabajo entrante y saliente del trayecto cerrado caliente. Para ello, los medios de distribución con función de ajuste de caudal comprenden un ajuste al menos de entre: calado, tiempo, abertura (sección de paso) en la entrada y/o la salida del trayecto cerrado.

5 Cuando la potencia disponible en el foco caliente es constante, si aumenta el flujo de gas de trabajo comprimido circulante entre la entrada y la salida del trayecto cerrado caliente, la temperatura y la presión en el trayecto cerrado caliente tienden a disminuir. Por el contrario, si disminuye el flujo de gas de trabajo comprimido circulante entre la entrada y la salida del trayecto cerrado caliente, la temperatura y la presión en el trayecto cerrado caliente tienden a aumentar.

10 Si aumenta el flujo de gas de trabajo expandido entre la entrada y la salida del trayecto cerrado frío, la temperatura y la presión en el trayecto cerrado frío tienden a aumentar. Si disminuye el flujo de gas de trabajo expandido entre la entrada y la salida del trayecto cerrado frío, la temperatura y la presión en el trayecto cerrado frío tienden a disminuir. Los medios de ajuste de caudal permiten hacer variar la temperatura y la presión en el trayecto cerrado caliente y en el trayecto frío.

15 Cuando el foco caliente comprende el escape 14 del motor de combustión interna, una variación de la velocidad de giro y/o de la carga del motor de combustión interna lleva consigo una variación de la temperatura en el foco caliente. Una variación de temperatura en el foco caliente tiende a llevar consigo una variación de la temperatura y de la presión en el trayecto cerrado caliente. La potencia disponible en el foco caliente varía en el mismo sentido que la temperatura del foco caliente.

Una variación del flujo de gas de trabajo entre la entrada y la salida del trayecto cerrado caliente y/o la entrada y la salida del trayecto cerrado frío lleva consigo una variación de la potencia producida por la máquina térmica. Los medios de ajuste de caudal permiten, en particular, adaptar la potencia producida por la máquina térmica con relación a la potencia disponible en el foco caliente.

20 Al margen del intercambiador y del conducto de escape, los conductos del trayecto cerrado caliente son, por ejemplo, de tipo doble pared con calorifugación máxima.

El trayecto cerrado caliente puede estar equipado, de manera no representada, con una válvula de seguridad. En caso de sobrepresión en el trayecto cerrado caliente, se libera entonces a la atmósfera una parte del gas de trabajo para rebajar la presión y preservar la máquina.

25 A la salida del trayecto cerrado caliente, el gas de trabajo comprimido y calentado suministra un trabajo motor en los medios de expansión. El gas de trabajo expandido y, por tanto, parcialmente enfriado es enviado a continuación al trayecto cerrado frío y atraviesa el intercambiador térmico 3 con el foco frío. El gas de trabajo expandido por los medios de expansión penetra en el trayecto cerrado frío por unos medios de distribución de entrada 80. Una salida del trayecto cerrado frío está equipada asimismo con medios de distribución de salida 90.

30 El foco frío será preferentemente la atmósfera, tal y como se representa en la figura 1. Como variante y/o complementariamente, se pueden seleccionar otros focos fríos, especialmente, para una máquina fija, un curso de agua, una instalación de producción de agua caliente o, en un vehículo, un sistema de calefacción del habitáculo del vehículo.

35 El gas de trabajo puede ser de diferentes naturalezas. La naturaleza del gas puede estar sometida a restricciones, especialmente legislativas, y acarrear sobrecostos. Esta es la razón por la que el aire atmosférico es el gas de trabajo preferido según la invención. En caso de fuga de gas de trabajo, la invención prevé la inyección de gas de trabajo en el trayecto cerrado frío. En funcionamiento establecido, la presión en el trayecto frío es superior a la presión atmosférica, en particular del orden de 0,1 a 1 MPa. La inyección de gas de trabajo se realiza por mediación del compresor 12. Unos medios no representados para regular la presión en el trayecto cerrado frío permiten determinar automáticamente la cantidad de gas que ha de inyectarse.

40 La inyección de gas de trabajo en el trayecto cerrado frío provoca un aumento sensible de la presión en el trayecto cerrado frío. Este aumento de presión puede servir especialmente para acelerar el arranque de la máquina térmica.

45 El aumento de presión al arranque de la máquina térmica se puede obtener asimismo mediante un depósito 20 que contiene una reserva de gas de trabajo comprimido. El depósito está diseñado para que su estanqueidad sea superior a la de los trayectos cerrados caliente y frío. Cuando la máquina térmica permanece inoperante, el depósito permite conservar una reserva de gas comprimido en un período que oscila entre varias horas y varios días.

50 El depósito se alimenta con gas de trabajo a presión mediante una puesta en comunicación selectiva con el trayecto cerrado caliente. La puesta en comunicación, al tomar energía en el trayecto cerrado caliente, se efectúa preferentemente cuando la presión en el trayecto cerrado caliente es elevada y la máquina térmica está sometida a una demanda moderada de potencia. Esta puesta en comunicación se puede realizar asimismo en caso de sobrepresión en el trayecto cerrado caliente, antes de la apertura de la válvula de seguridad.

55 Una vez alimentada la reserva con gas a presión, esta reserva se puede poner selectivamente en comunicación con el trayecto cerrado caliente y/o el trayecto cerrado frío según un modo de gestión predefinido. En un modo de gestión preferente, la reserva de gas de trabajo alimenta el trayecto cerrado frío, en particular aguas arriba del intercambiador con el foco frío. La puesta en comunicación de la reserva con el trayecto cerrado frío aumenta la

presión en la entrada de los medios de compresión y, por tanto, aumenta la presión a la salida de los medios de compresión en el trayecto cerrado caliente.

5 La entrega por parte de la reserva de energía en forma de gas de trabajo a presión no queda reservada al arranque de la máquina térmica, sino que asimismo puede servir cuando la máquina térmica requiere un suplemento de potencia, por ejemplo en la aceleración de un vehículo. Por el contrario, el llenado de la reserva, que corresponde a una toma de energía, puede llevarse a cabo cuando la máquina térmica está escasamente solicitada y/o cuando funciona como freno motor.

10 El freno motor está realizado por recuperación de energía con acumulación de gas de trabajo a presión. La energía almacenada por el freno motor puede ser entregada a continuación por la máquina térmica. El freno motor se obtiene merced a los medios de ajuste de caudal, que permiten hacer entrar en el trayecto cerrado caliente más gas del que sale por la salida.

15 El freno motor va en el sentido de un aumento de la presión en el trayecto cerrado caliente. Por lo tanto, este freno puede servir para acelerar el arranque de la máquina térmica. Si la máquina térmica está acoplada a un motor, el motor suministra entonces la energía necesaria al árbol de potencia 5, en tanto que el calor disponible en el foco caliente tiende a aumentar. Esto crea, por tanto, una carga suplementaria en el motor.

En funcionamiento establecido, el freno motor de la máquina térmica puede estar acoplado al freno motor del motor de combustión interna, especialmente para ralentizar un vehículo automóvil equipado con tal grupo de producción de energía mecánica. El foco caliente constituido por el escape del motor de combustión interna se desactiva entonces parcialmente mediante la reducción de calor disponible en el escape del motor de combustión interna.

20 Cuando funciona como freno motor, el motor de combustión interna no permite la recuperación de energía. Esta es la razón por la que la invención también prevé que el grupo de producción de energía mecánica pueda proporcionar un freno motor únicamente por la máquina térmica, en tanto que el motor de combustión interna está al menos parcialmente desactivado. La utilización del freno motor del motor de combustión interna se utiliza como suplemento cuando se necesita más freno.

25 Los medios de distribución convencionales conocidos para los motores que se valen de válvulas pueden ser utilizados en la máquina térmica. No obstante, en una máquina térmica según la invención hay, en ciertas fases de funcionamiento, una presión mucho más acusada sobre la cara posterior de la cabeza de las válvulas, especialmente las válvulas 100 y 110 asociadas al trayecto cerrado caliente, que sobre la cara de estas válvulas que delimita la cámara de trabajo. Por lo tanto, un montaje convencional precisaría de muelles de recuperación muy potentes. Tal solución impone tensiones mecánicas que pueden afectar a la vida útil y al pilotaje de los medios de distribución. Esta es la razón por la que la invención prevé medios de distribución mejorados, representados en las figuras 3 y 4.

30 Los medios de distribución comprenden una válvula 120 que tiene una cabeza 121 y un vástago 122 equipado con un pistón de equilibrado de presión 123. La figura 3 ilustra una válvula cerrada. Una cara frontal 132 de la cabeza, opuesta al vástago, está expuesta a la presión en la cámara de trabajo 101. Una cara posterior 131 de la cabeza, orientada hacia el vástago, está expuesta a la presión en el trayecto cerrado caliente. El pistón de equilibrado tiene una cara 133 girada hacia la cabeza y expuesta a la presión en el trayecto cerrado caliente. El pistón de equilibrado tiene asimismo una cara 134 opuesta a la cabeza y expuesta a la presión en una cámara de equilibrado 136 que comunica con la cámara de trabajo por mediación de un conducto 135. De este modo, la presión en la cámara de equilibrado es sensiblemente igual a la presión en la cámara de trabajo.

45 El vástago de la válvula se halla montado deslizante en la culata 102. Situado entre la culata y una arandela de apoyo 104, se halla un muelle de recuperación 103, coaxial con el vástago de válvula. La arandela es solidaria del vástago de la válvula, de modo que el muelle ejerce sobre la válvula un esfuerzo tendente a cerrar la válvula. La válvula se considera como cerrada cuando su cabeza está apoyada en un asiento de válvula 106 solidario de la culata. Una leva 105 que toma apoyo en la arandela tiende a abrir la válvula y comprimir el muelle. La leva es accionada según principios conocidos por el campo de las motorizaciones en orden a permitir al menos un ajuste de caudal de entre: calado, tiempo de apertura, abertura de la válvula. La abertura de válvula se define por la distancia entre la cabeza de válvula y el asiento de válvula.

50 En el ejemplo de la figura 3, la válvula cerrada aísla la cámara de trabajo 101 de un canal 107 de entrada al trayecto cerrado caliente o de salida del trayecto cerrado caliente. Típicamente, el canal está a una presión de 40 bares (4 MPa), mientras que la presión en la cámara varía entre 5 y 40 bares (0,5 a 4 MPa). Cuando la presión en la cámara es inferior a la presión en el conducto, la cabeza de válvula experimenta un diferencial de presión en el sentido de la apertura de la válvula. Pero el pistón de equilibrado solidario del vástago de válvula experimenta un diferencial de presión en el sentido del cierre, sensiblemente de igual valor. De este modo, basta con un muelle 103 que ejerce una fuerza de recuperación moderada. Cuando la leva toma apoyo en la arandela 104, una pequeña presión basta para abrir la válvula. En cuanto la válvula está abierta, la presión en la cámara de trabajo y en el conducto se equilibra. Sobre las caras de la cabeza de la válvula y sobre las caras del pistón de equilibrado se ejerce una misma presión, tal y como ilustra la figura 4. Por lo tanto, la válvula tiene libre deslizamiento en el sentido

del cierre bajo la acción del muelle de recuperación.

La apertura de las válvulas, el volumen 211 de la cámara de trabajo y la presión 212 en la cámara de trabajo están representados en la figura 2 en función de la posición angular 217 del árbol de potencia de la máquina térmica. La figura 2 representa un ciclo de la máquina térmica en funcionamiento establecido. La posición angular 0° corresponde al comienzo de la fase de admisión. Durante la admisión, la válvula 90 de salida del trayecto cerrado frío está abierta, en tanto que el volumen 211 aumenta. El volumen de gas de trabajo contenido en el trayecto cerrado frío es acusadamente superior al volumen de la cámara de trabajo. La presión en la admisión dentro de la cámara de trabajo es igual a la presión en el trayecto cerrado frío. Esta presión permanece sensiblemente constante durante la admisión. El cierre 202 de la válvula 90 indica el final de la fase de admisión y el comienzo de la fase de compresión.

Durante la compresión, todas las válvulas están cerradas, el volumen de la cámara de trabajo disminuye, la presión aumenta. La puesta en comunicación 203 de la cámara con el trayecto cerrado caliente se realiza antes de que el volumen de la cámara sea mínimo. Esta puesta en comunicación se lleva a cabo mediante apertura 214 de la válvula 100. En este estadio, la presión en la cámara es inferior a la presión en el trayecto cerrado caliente. Así, la apertura 214 origina un aumento brusco de la presión en la cámara de trabajo. El volumen de la cámara sigue disminuyendo, encargándose de la transferencia y la compresión del gas de trabajo que contiene hacia el trayecto cerrado caliente. La válvula 100 se cierra sensiblemente cuando la cámara de trabajo alcanza su volumen mínimo.

La apertura 215 de la válvula 110 presente a la salida del trayecto cerrado caliente permite la admisión de gas de trabajo comprimido y calentado en la cámara, cuyo volumen aumenta. El cierre de la válvula 110 indica el comienzo 204 de la fase de expansión del gas de trabajo comprimido y calentado. Durante esta expansión, el volumen de la cámara aumenta, en tanto que la presión y la temperatura en la cámara disminuyen. Mientras que el volumen de la cámara se aproxima a su valor máximo, la apertura 216 de la válvula 80 indica el comienzo 205 de una fase de impulsión del gas de trabajo al trayecto cerrado frío. Esta apertura de la válvula 216 empieza con una disminución brusca pero ligera de la presión en la cámara de trabajo, tras lo cual el volumen de la cámara de trabajo disminuye, lo cual provoca la transferencia del gas al trayecto cerrado frío. La presión es sensiblemente constante durante la transferencia. El cierre 206 de la válvula 80, cuando el volumen de la cámara de trabajo alcanza su valor mínimo, indica el final de esta fase de impulsión, y corresponde al comienzo de una nueva fase de admisión.

La figura 2 representa un ciclo de la máquina térmica típico para un funcionamiento establecido. De manera no representada, las válvulas se pueden abrir o cerrar de manera sensiblemente diferente a la representada, especialmente en el arranque de la máquina térmica.

No obstante, de manera preferente, la apertura de la válvula de salida del trayecto cerrado caliente precederá sensiblemente al cierre de la válvula de entrada del trayecto cerrado caliente, a fin de mantener la comunicación con la cámara durante el cruce de las válvulas (corto período durante el cual las válvulas están abiertas al mismo tiempo, para optimizar la dinámica de los gases). Asimismo de manera preferente, la apertura de la válvula de salida del trayecto cerrado frío precederá sensiblemente al cierre de la válvula de entrada del trayecto cerrado frío a fin de mantener la comunicación con la cámara durante el cruce de las válvulas.

Las figuras 5 a 9 representan diagramas presión-volumen de una máquina térmica según la invención que comprende una única cámara de trabajo que asume la tarea de los medios de compresión y de los medios de expansión. Estas figuras muestran el arranque de la máquina térmica con la elevación de presión de los trayectos cerrados caliente y frío, el arranque representado está realizado de manera secuencial, con, primero, figuras 5 a 7, una elevación de presión del trayecto cerrado caliente sin transferencia de calor, con, figura 8, posterior elevación de temperatura del foco caliente y, finalmente, la elevación de presión del trayecto cerrado frío. Los valores de volumen en abscisas están indicados en centímetros cúbicos, los valores de presión en ordenadas están indicados en bares.

La elevación de presión del trayecto cerrado caliente ilustrado en el ejemplo de las figuras 5 a 7 se realiza mientras que el trayecto cerrado frío comunica con la atmósfera a través del compresor 12. La figura 5 representa el ciclo de arranque de la máquina térmica.

La admisión 301 de gas de trabajo en la máquina térmica se lleva a cabo de manera isobárica hasta que la cámara alcance su volumen máximo. Seguidamente, se invierte el sentido de movimiento del pistón, mientras que la válvula de salida del trayecto cerrado frío se cierra y se opera una compresión adiabática 302 hasta la apertura 303 de la válvula de entrada al trayecto cerrado caliente. Pero el trayecto cerrado caliente está a presión atmosférica. Esta es la razón por la que, tal como ilustra la figura 5, la apertura de los medios de comunicación con el trayecto cerrado caliente produce una disminución brusca 303 de la presión en la cámara. Al ser el volumen del trayecto cerrado caliente netamente superior al volumen de la cámara de trabajo, la continuación del movimiento del pistón hasta el volumen mínimo de la cámara de trabajo es una inyección sensiblemente isobárica 304 del gas de trabajo fresco en el trayecto cerrado caliente.

A continuación, se cierra la válvula de entrada al trayecto cerrado caliente y se abre la válvula de salida del trayecto cerrado caliente. Se produce una ligera expansión isotérmica 305. Debido al cruce de las válvulas de entrada y de salida del trayecto cerrado caliente se abre. La compresión isotérmica 304 y la expansión isotérmica 305 del gas de

trabajo aparecen superpuestas en los diagramas. La válvula de salida del trayecto cerrado caliente, la expansión se efectúa de manera sensiblemente adiabática 306. Cuando la máquina térmica está en fase de arranque y es pequeña la presión en el trayecto cerrado caliente, la presión en el final de expansión es inferior a la presión atmosférica.

5 El trayecto cerrado frío está a presión atmosférica. La apertura de la válvula de entrada del trayecto cerrado frío provoca un aumento brusco 307 de la presión en la cámara. Al estar la cámara comunicada con el trayecto cerrado frío, el escape 308 se lleva a cabo de manera sensiblemente isobárica. Por lo tanto, en el diagrama, el escape 308 aparece superpuesto a la admisión 307.

10 En el arranque ilustrado por la figura 5, el ciclo termodinámico de la máquina está descrito en sentido trigonométrico. La máquina se beneficia de una aportación de energía exterior para asegurar la elevación de presión del trayecto cerrado caliente. Al término de este primer ciclo, la presión en el trayecto cerrado caliente es sensiblemente superior a la presión en el trayecto cerrado frío.

15 La figura 6 representa el décimo ciclo tras el arranque. La figura 6 tan solo difiere de la figura 5 en que la presión ha aumentado en el trayecto cerrado caliente. La superficie del ciclo termodinámico de la figura 6 es sensiblemente inferior a la superficie del ciclo de la figura 5. La aportación de energía a la máquina en el décimo ciclo de arranque es, pues, menor que en el primer ciclo de arranque.

20 La figura 7 representa el quincuagésimo ciclo tras el arranque de la máquina. La presión en el trayecto cerrado caliente alcanza 3,5 bares en el cierre de la válvula de salida. La compresión adiabática 302 y la expansión adiabática 306 están prácticamente superpuestas. La superficie del ciclo termodinámico es pequeña, pero éste sigue describiéndose en sentido trigonométrico. El consumo de energía por la máquina térmica es, sin embargo, muy bajo.

25 Tras el ciclo representado en la figura 7, se activa el foco caliente. Esta transferencia permite un aumento de la presión en el trayecto cerrado caliente. Cada ciclo introduce en el trayecto cerrado caliente aire fresco comprimido, que alimenta el aumento de presión. La presión en el trayecto cerrado caliente prosigue su aumento. La figura 8 representa el diagrama de la máquina térmica después de 70 ciclos, esto es, 20 ciclos con transferencia de calor. Al término de la compresión adiabática 302, la presión en el trayecto cerrado caliente es superior a la presión en la cámara. La apertura de la válvula de entrada del trayecto cerrado caliente provoca un aumento brusco de presión 309 en la cámara. Al final de la expansión 306, la presión en la cámara es superior a la presión en el trayecto cerrado frío. La apertura de la válvula de entrada del trayecto cerrado frío provoca una disminución brusca 310 de la presión en la cámara. El ciclo termodinámico es recorrido en sentido antitrigonométrico, la máquina térmica produce un trabajo positivo.

35 Tras el ciclo representado en la figura 8, se eleva la presión en el trayecto cerrado frío, especialmente mediante liberación de gas de trabajo contenido en el depósito 20. Aumenta la presión del gas de trabajo admitido en la cámara de trabajo 101 a través de la válvula 90. Por lo tanto, aumenta la presión en el final de compresión y en el trayecto cerrado caliente. La figura 9 representa el diagrama de la máquina térmica después de 90 ciclos, esto es, 20 ciclos con el trayecto cerrado frío a presión superior a la presión atmosférica. La apertura de la válvula de entrada del trayecto cerrado caliente provoca un aumento brusco de presión en la cámara hasta un valor de 40 bares. La presión en el trayecto cerrado frío se establece en 5 bares.

40 Al término de la compresión adiabática 302, la presión en el trayecto cerrado caliente es superior a la presión en la cámara. La apertura de la válvula de entrada del trayecto cerrado caliente provoca un aumento brusco de presión en la cámara. Al final de la expansión 306, la presión en la cámara es superior a la presión en el trayecto cerrado frío. La apertura de la válvula de entrada del trayecto cerrado frío provoca una disminución brusca 310 de la presión en la cámara.

En otra versión o como complemento, de manera no representada, el arranque de la máquina se realiza mediante transferencia de calor desde el foco caliente.

45 El grupo de producción de energía mecánica según la invención se puede modelizar de la siguiente manera:

$$P_D = M_{ECH} \times C_{ECH} \times (T_E - T_A)$$

$$P_U = P_D \times (T_E - T_S) / (T_E - T_A)$$

siendo:

- 50 P_D la potencia térmica disponible en el escape de un motor de combustión interna,
- P_U la potencia térmica útil que es posible extraer del escape de un motor de combustión interna,
- M_{ECH} el caudal másico de gases de escape,
- C_{ECH} el calor específico de los gases de escape,

ES 2 666 557 T3

- T_E la temperatura en kelvin de los gases de escape cuando entran al intercambiador caliente 8,
 T_S la temperatura en kelvin de los gases de escape cuando salen del intercambiador caliente 8,
 T_A la temperatura del foco frío en kelvin, en este punto, el aire atmosférico.

Para una temperatura de entrada de los gases de escape de 900 °C, se pueden estimar los siguientes rendimientos:

- 5 $\eta_{REG} = P_U / P_D \approx 70\%$
 $\eta_C = P_P / P_E \approx 42 \%$
 $\eta_G = P_U / P_D \times \eta_{ECH} = \eta_C \times \eta_C \times \eta_E = 42 \% \times 70 \% \times 94 \% \approx 28 \%$

siendo:

- η_{REG} el rendimiento de regeneración
10 η_C el rendimiento de ciclo
 η_G el rendimiento global
 η_{ECH} el rendimiento del intercambiador de calor
 η_{EXT} el rendimiento extraído
 η_E el rendimiento del intercambiador de calor
15 P_P la potencia producida
 P_E la potencia aprovechable útil que es posible extraer del escape de un motor de combustión interna.

Para una máquina térmica asociada a un motor de combustión interna de gasolina de 1,8 L de cilindrada que proporciona 86 kW a 6000 rpm, asociado a una máquina térmica de una cilindrada de 1,0 L, y teniendo en cuenta las restricciones del intercambiador térmico y del arrastre de los medios de distribución, típicamente se pueden considerar los valores:

- 20 - Caudal de gases de escape: 340 kg/h
- Caudal de gas de trabajo en el trayecto cerrado caliente: 410 kg/h
- Caudal de gas de trabajo en el trayecto cerrado frío: 485 kg/h
- Temperatura de los gases de escape a la entrada del intercambiador: 900 °C
25 - Temperatura de los gases de escape a la salida del intercambiador: 310 °C
- Capacidad calorífica a presión constante de los gases de escape: $C_p = 1,25$
- Capacidad calorífica a presión constante del gas de trabajo: $C_p = 1,12$
- Presión del trayecto cerrado caliente: 40 bares
- Presión del trayecto cerrado frío: 5 bares
30 - Temperatura de entrada del trayecto cerrado caliente: 280 °C
- Temperatura de salida del trayecto cerrado caliente: 810 °C
- Temperatura de entrada del trayecto cerrado frío: 220 °C
- Temperatura de salida del trayecto cerrado frío: 50 °C
- Potencia térmica de los gases de escape: 103 kW
35 - Transferencia de calor de los gases de escape al gas de trabajo en el intercambiador de calor del trayecto cerrado caliente: 67 kW
- Transferencia de calor del gas de trabajo a la atmósfera en el intercambiador de calor del trayecto cerrado frío: 24 kW

- Transferencia de calor por enfriamiento de los medios de compresión: 15 kW
 - Potencia mecánica proporcionada: 28 kW a 6000 rpm
 - Par específico: 53 Nm/l
 - Potencia específica: 30 kW/l a 6000 rpm
- 5 - Rendimiento global: 28 %

En este ejemplo, la cámara de trabajo pasa por un volumen mínimo no nulo que impide que la totalidad del gas de trabajo contenido en la cámara ingrese en los trayectos cerrados caliente y frío. En la puesta en comunicación de la cámara con el trayecto cerrado caliente, la presión en la cámara es superior a aquella en la puesta en comunicación con el trayecto cerrado frío. La masa de gas que permanece en la cámara de trabajo cuando la cámara de trabajo se halla en su volumen mínimo no es la misma en el final de compresión y en el final de escape. Esta es la razón por la que el caudal en el trayecto cerrado caliente tiende, en este ejemplo, a ser sensiblemente inferior al caudal en el trayecto cerrado frío.

Claro es que la invención no queda limitada a los ejemplos que se acaban de describir, y que, en estos ejemplos, se pueden introducir numerosas adecuaciones sin salir del ámbito de la invención.

- 15 En una variante no representada, el árbol de potencia 5 de la máquina térmica y el árbol de potencia 6 del motor están unidos mediante una junta mecánica o un engranaje.

En otra variante no representada, la unión entre el árbol de potencia 5 de la máquina térmica y el árbol de potencia 6 del motor incluye una caja de cambios con al menos dos relaciones.

- 20 Cuando los medios de compresión y de expansión se hallan disociados, estos pueden estar realizados, complementariamente o como variante, mediante máquinas lineales de tipo Moineau u otras, o también turbomáquinas, relacionadas, en especial, mecánicamente con el árbol de potencia de la máquina térmica.

En una forma de realización no representada, el trayecto cerrado frío está dotado de medios de comunicación que permiten poner selectivamente en comunicación el trayecto cerrado frío con la atmósfera.

- 25 El arranque de la máquina térmica se puede realizar de manera simultánea, es decir, la elevación de temperatura del foco caliente y la elevación de presión de los trayectos cerrados caliente y frío pueden llevarse a cabo simultáneamente, especialmente desde el mismo arranque de la máquina térmica.

También se puede contemplar empezar la elevación de presión de los trayectos frío y caliente antes del arranque de la máquina térmica, especialmente bajo la acción del compresor 12 y la puesta en comunicación del depósito 20. Esta solución presenta la ventaja de permitir un arranque más rápido de la máquina térmica y una mejor recuperación de la energía del foco caliente que permite un rendimiento global equivalente a un arranque secuencial.

- 30 Así, en el caso de un grupo de producción según la invención aplicado en un vehículo automóvil, la elevación de presión de la máquina térmica se puede iniciar desde la misma apertura de las puertas del vehículo, o desde la misma puesta en tensión del vehículo, o también de manera predeterminada por el usuario.

- 35 El mando y el pilotaje de los medios de admisión se pueden valer de los sistemas conocidos por un experto en la materia dentro del ámbito de los motores de combustión interna. El pilotaje de los medios de admisión se puede realizar especialmente por medio de un mando llamado "desmodrómico" o también de un mando electromagnético llamado "Camless".

- 40 Cabe contemplar otros modos de gestión de la reserva de gas de trabajo en el depósito 20. En un modo alternativo de gestión previsto por la invención, la reserva se pone en comunicación, en primera instancia, con el trayecto cerrado caliente, en el sentido de un aumento de presión en el trayecto cerrado caliente. Cuando se alcanza un equilibrio, se aísla el depósito del trayecto cerrado caliente y se pone luego en comunicación con el trayecto cerrado frío.

- 45 En otro modo de gestión de la reserva de gas de trabajo en el depósito 20, la reserva se pone simultáneamente en comunicación con los trayectos cerrados caliente y frío, preferentemente conjuntamente con la acción del compresor 12. Este modo de gestión permite el arranque de la máquina térmica con una presión inicial superior a la presión atmosférica en los trayectos cerrados caliente y frío.

REIVINDICACIONES

1. Máquina térmica (1) que comprende medios de compresión para comprimir de manera adiabática un gas de trabajo, un foco calorífico externo para calentar el gas de trabajo comprimido en un intercambiador de calor (8) de un trayecto cerrado caliente (4), medios de expansión para expandir de manera adiabática el gas de trabajo comprimido y calentado tomado en una salida del trayecto cerrado caliente, caracterizada por que el gas de trabajo expandido es enviado a continuación a los medios de compresión por un trayecto cerrado frío (3) que pasa por un intercambiador de calor (11) con un foco frío, en particular la atmósfera.
2. Máquina térmica según la reivindicación 1, caracterizada por que los medios de compresión y los medios de expansión comprenden cada uno de ellos al menos un pistón, especialmente de movimiento rectilíneo alternativo.
3. Máquina térmica según la reivindicación 2, caracterizada por que los medios de compresión y los medios de expansión están realizados por al menos un pistón común (13).
4. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el foco caliente comprende el escape (14) de un motor de combustión interna (2), pasando el trayecto cerrado caliente (4) por un intercambiador de calor entre el gas de trabajo y gases de escape del motor de combustión interna.
5. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que el foco caliente comprende un catalizador de depuración de los gases de escape (9) de un motor de combustión interna (2).
6. Máquina térmica según la reivindicación 4 ó 5, caracterizada por que un árbol de potencia (5) de la máquina térmica está unido a un árbol de potencia (6) del motor de combustión interna, especialmente por mediación de un embrague (7).
7. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que la presión en el trayecto cerrado frío (3) es, en funcionamiento establecido, superior a la presión atmosférica, en particular del orden de 0,1 a 1 MPa (1 y 10 bares).
8. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por comprender un compresor (12) capaz de inyectar gas de trabajo en el trayecto cerrado frío, en particular para compensar las fugas.
9. Máquina térmica según la reivindicación 7 u 8, caracterizada por comprender medios para regular la presión (80, 90) en el trayecto cerrado frío.
10. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizada por comprender un depósito (20) destinado a contener una reserva de gas de trabajo comprimido que se puede poner selectivamente en comunicación con el trayecto cerrado frío para iniciar la elevación de presión del trayecto cerrado frío en el arranque de la máquina térmica.
11. Máquina térmica según la reivindicación 10, caracterizada por que el trayecto cerrado caliente se puede poner selectivamente en comunicación con el depósito (20), en particular para el llenado del depósito.
12. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que una entrada y la salida del trayecto cerrado caliente están equipadas con medios de ajuste de caudal (100, 110) que permiten hacer entrar más gas en el trayecto cerrado caliente del que sale por la salida, para un funcionamiento como freno motor con recuperación de energía por acumulación de gas de trabajo a presión.
13. Máquina térmica según la reivindicación 12, caracterizada por que, durante el funcionamiento como freno motor, el foco caliente está al menos parcialmente desactivado.
14. Máquina térmica según la reivindicación 13, caracterizada por que, estando el foco caliente constituido por el escape (14) de un motor de combustión interna, el foco caliente es desactivado por la reducción de calor disponible en el escape del motor de combustión interna (2), funcionando, éste, como freno motor.
15. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que una entrada y la salida del trayecto cerrado caliente están equipadas con medios de ajuste de caudal que permiten adaptar la potencia producida por la máquina térmica (1) con relación a la potencia disponible en el foco caliente, en particular cuando el foco caliente comprende un escape (14) de motor de combustión interna (2).
16. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 12 a 15, caracterizada por que los medios de ajuste de caudal son medios de distribución que comprenden un ajuste al menos de entre: calado, tiempo, abertura de admisión y/o de escape.
17. Máquina térmica según una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizada por comprender, en la entrada y en la salida del trayecto cerrado caliente, una válvula (120) que tiene una cabeza (121) y un vástago (122) equipado con un pistón de equilibrado de presión (123), estando una cara posterior de la cabeza (131), orientada hacia el

vástago, expuesta a la presión en el trayecto cerrado caliente, teniendo el pistón de equilibrado una cara (133) girada hacia la cabeza y expuesta a la presión en el trayecto cerrado caliente, y una cara (134) opuesta a la cabeza y expuesta a la presión en una cámara de trabajo (101) por mediación de un conducto que hace comunicar la cámara de trabajo con una cámara de equilibrado (136), estando una cara frontal de la cabeza (132), opuesta al vástago (122), expuesta a la presión en la cámara de trabajo.

5 18. Grupo de producción de energía mecánica, que comprende un motor de combustión interna (2) y una máquina térmica (1) según una de las reivindicaciones 1 a 17.

19. Vehículo automóvil que incluye como fuente motriz un grupo de producción de energía mecánica según la reivindicación 18.

10

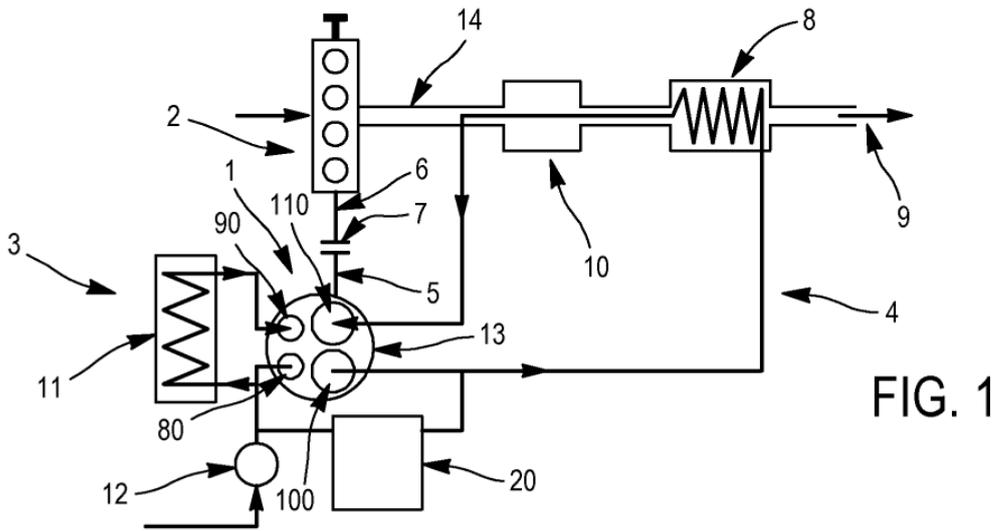


FIG. 1

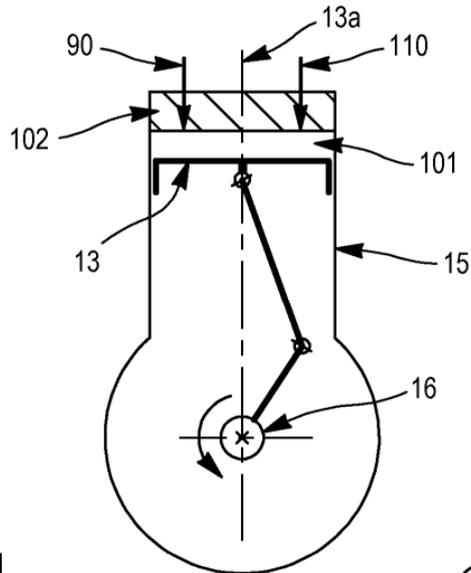


FIG. 10

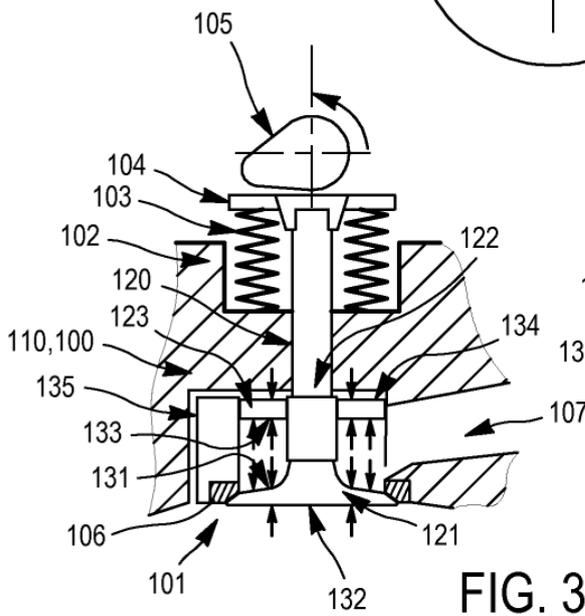


FIG. 3

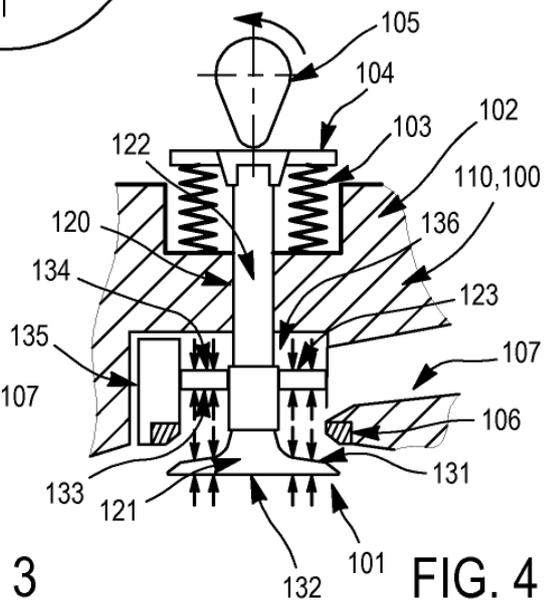


FIG. 4

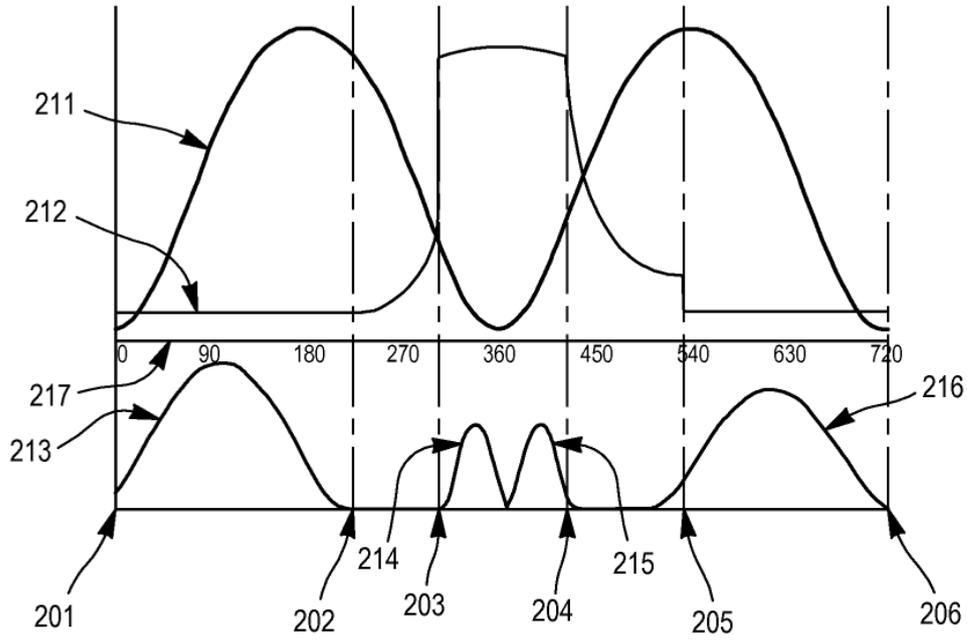


FIG. 2

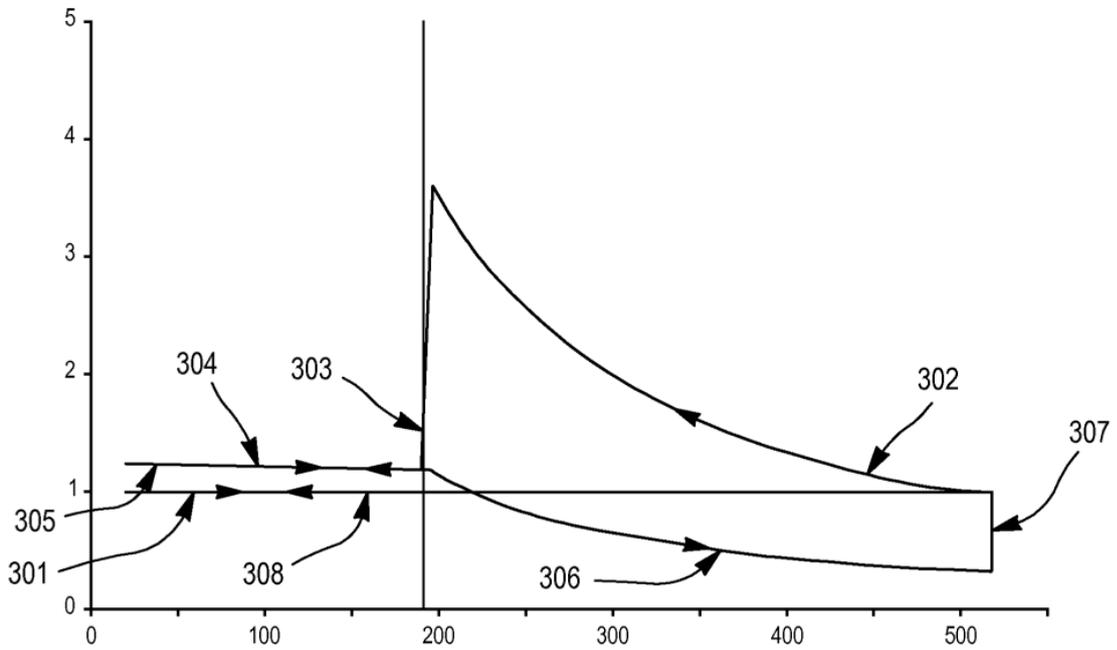


FIG. 5

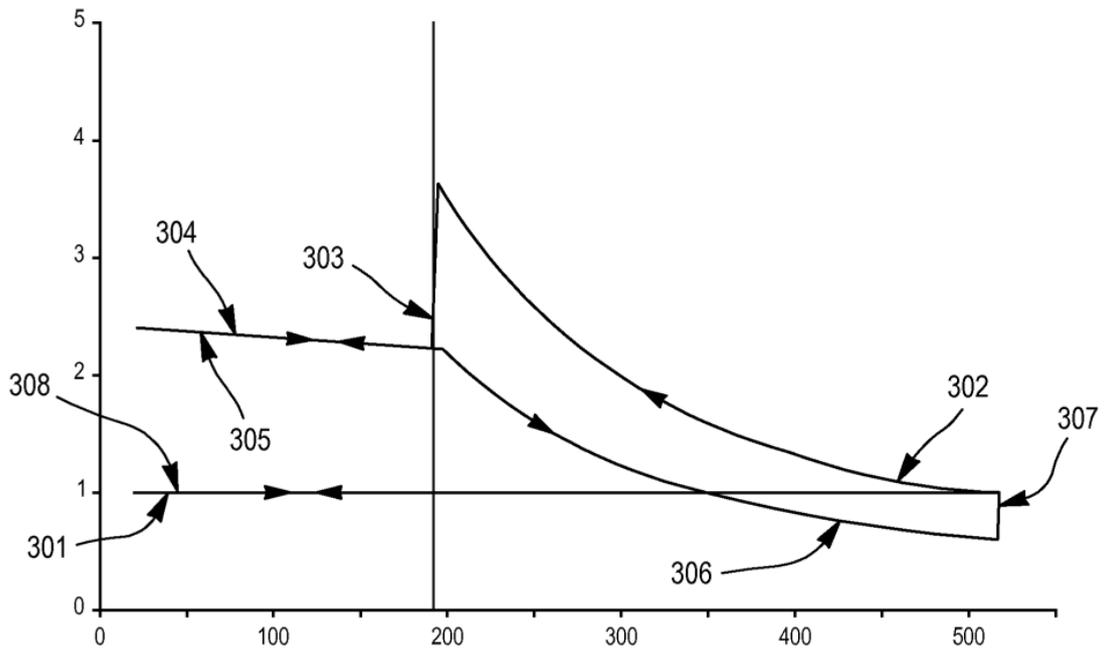


FIG. 6

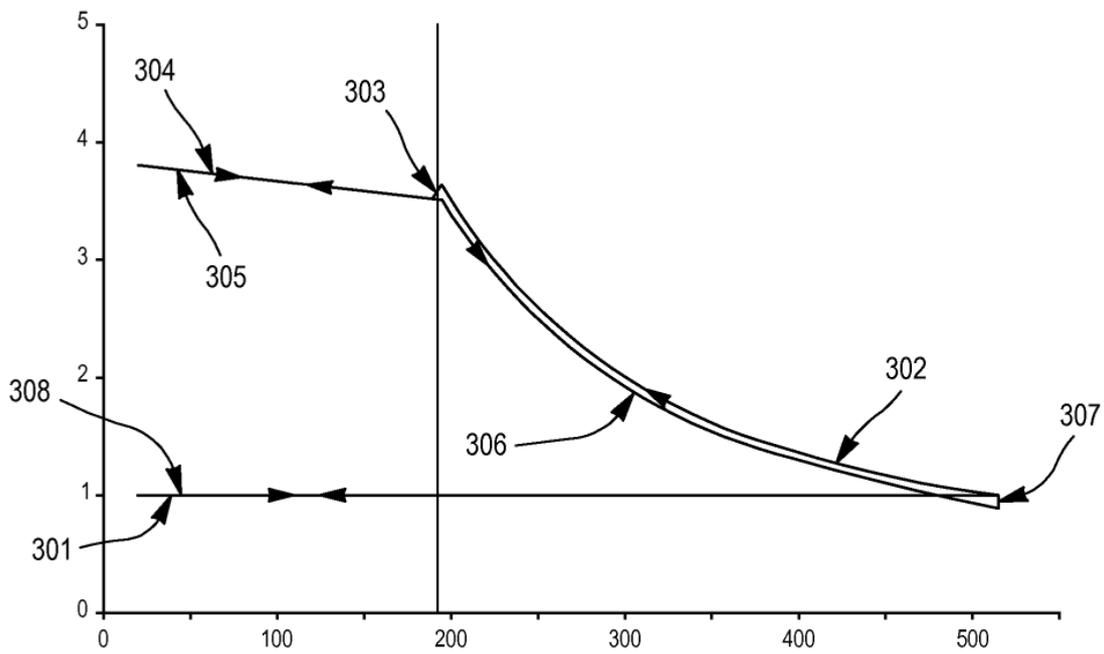


FIG. 7

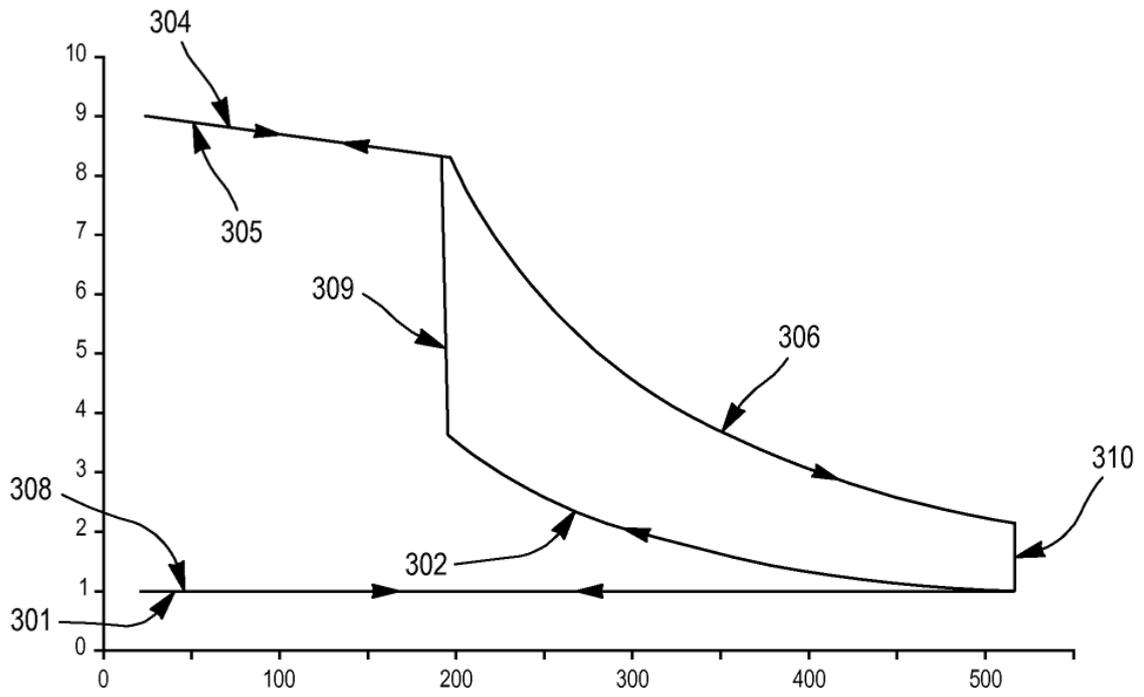


FIG. 8

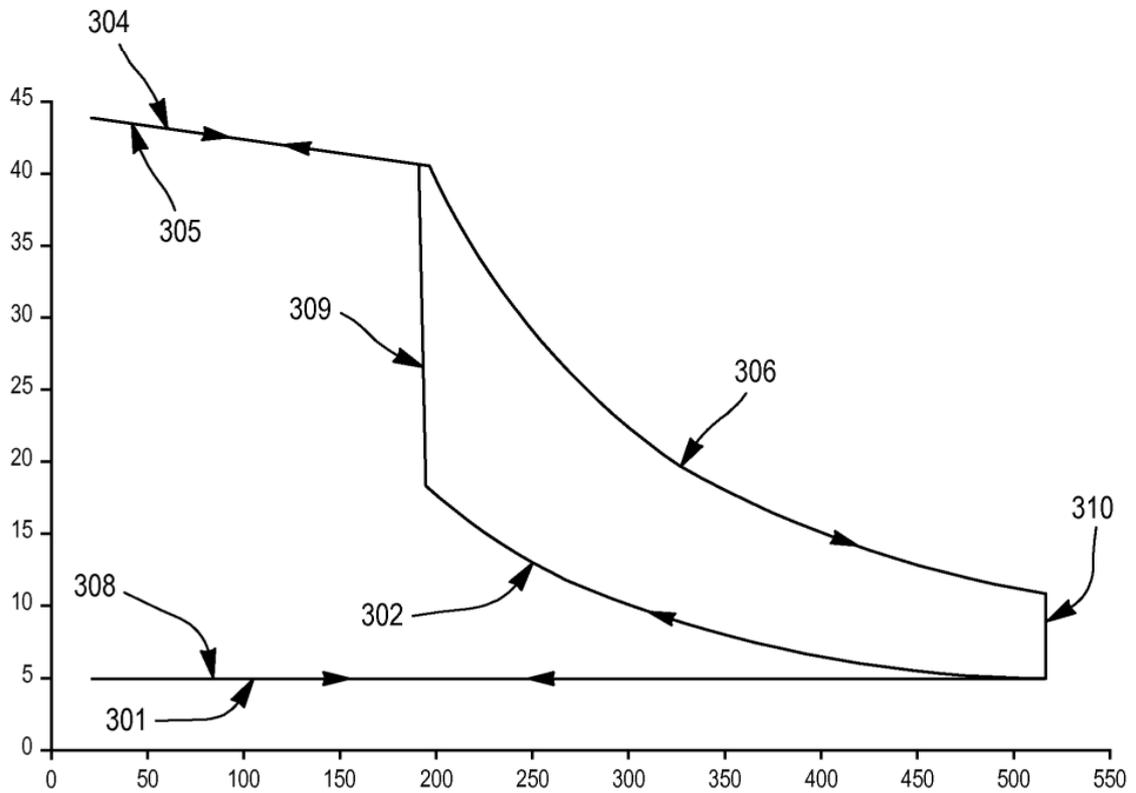


FIG. 9