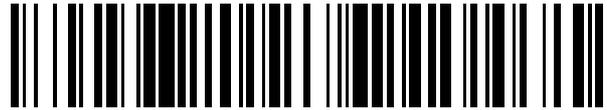


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 753**

51 Int. Cl.:

F01P 3/06 (2006.01)

F02F 3/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2012 E 12164392 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2015 EP 2653688**

54 Título: **Método para controlar un circuito de refrigeración de pistones de un motor de combustión interna de un vehículo industrial**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.09.2015

73 Titular/es:
FPT INDUSTRIAL S.P.A. (100.0%)
Via Puglia 15
10156 Torino, IT

72 Inventor/es:
D'EPIRO, CLINO

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 545 753 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

Método para controlar un circuito de refrigeración de pistones de un motor de combustión interna de un vehículo industrial.

ÁREA DE LA INVENCION

- 5 La presente invención pertenece al área de la fabricación de sistemas de motores de combustión interna para vehículos, preferentemente vehículos industriales, vehículos comerciales y/o camiones. Más precisamente, la invención hace referencia a un método para controlar un circuito de refrigeración de pistones de un motor de combustión interna, preferentemente, pero no exclusivamente, de un vehículo industrial.

DESCRIPCIÓN DEL ARTE PREVIO

- 10 En los últimos años, la potencia específica distribuida por los pistones de los motores de combustión interna ha aumentado cada vez más, lo que ha provocado inevitablemente un aumento de las cargas térmicas que debe soportar el motor. Los componentes que han de soportar mayor tensión en términos de carga térmica son los pistones, pues es muy difícil disipar el calor generado por la combustión. Este calor, de hecho, ha de pasar a través de los anillos de compresión que tienen una superficie reducida y están realizados de un material no-conductor.
- 15 Excepto en unas pocas aplicaciones navales, donde los grandes calibres y bajas velocidades permiten al agua circular dentro de los pistones, en la mayoría de las demás aplicaciones, los pistones se refrigeran por medio del aceite refrigerante atomizado mediante algunos inyectores, al menos uno por pistón del motor.

Una solución refrigerante de este tipo se muestra en el documento GB 2 431 219 A.

- 20 Los inyectores se dimensionan y se disponen de tal modo que el chorro (pulverización) que generan pueda alcanzar al correspondiente pistón, incluso cuando éste se encuentre en su punto muerto superior (en adelante denominado PMS). En referencia a la Figura 2, en el caso de los motores diesel, los inyectores se conforman y se disponen de tal modo que generen un chorro con un eje sustancialmente "vertical", concretamente paralelo a la carrera del pistón dentro del cilindro. En los motores de gasolina, en cambio, los chorros tienen un eje sustancialmente inclinado, concretamente no vertical, tal y como se muestra en la Figura 1.
- 25 Se sabe también que, en los motores diesel, los inyectores han de colocarse exactamente debajo del pistón, pues el chorro debería impactar el pistón en un punto específico. La Figura 2 muestra un cilindro de un motor diesel del tipo conocido que aloja un pistón 3 refrigerado por un chorro de aceite 7 atomizado por un inyector de refrigeración 10. Tal y como se muestra en la Figura, se ejecuta un conducto de circulación del aceite 19 en el pistón 3, y define una sección de entrada 19' a través de la cual debería inyectarse el aceite del chorro 7 procedente del inyector 10. El
- 30 aceite pasa a través de este conducto de circulación 19 hasta una sección de salida 19" y retrocede nuevamente hacia el interior del tanque colector bajo el cilindro. El conducto 19 permite al aceite circular dentro del pistón con el fin de disipar el calor y preservar, entre otras piezas, la junta del anillo en las proximidades de la primera ranura definida en la cabeza del pistón. Consecuentemente, la posición de operación del inyector 10 es muy importante para una disipación eficiente del calor.
- 35 Se ha observado que la utilización de inyectores de pulverización de aceite requiere, no obstante, cierto gasto energético. En primer lugar, el aceite atomizado por los inyectores ha de estar presurizado mediante una bomba de circulación del aceite. Este hecho, por supuesto, determina una pérdida en términos de potencia. En segundo lugar, el calor extraído del aceite aumenta su temperatura y hace necesario enfriar el propio aceite, habitualmente mediante un intercambiador de aceite-aire o aceite-agua. Esto introduce pérdidas de carga adicionales en el circuito
- 40 del aceite que deberán ser superadas nuevamente por parte de la bomba de circulación del aceite.
- Otro aspecto lo representa el hecho de que, en las soluciones tradicionales, los inyectores atomizan aceite tanto durante la carrera descendente de los pistones (concretamente durante la carrera del PMS al PMI) y durante la carrera ascendente (concretamente durante la carrera del PMI al PMS). Durante la carrera ascendente, el impacto del aceite en el pistón facilita la carrera del propio pistón, mientras que durante la carrera descendente el pistón es
- 45 frenado por el propio aceite. Desde un punto de vista energético, se ha observado que la energía que se pierde por tal frenado del pistón durante la carrera del PMS al PMI, es mayor que la energía recuperada durante la carrera del PMI al PMS. En la práctica, durante la carrera descendente, las pérdidas por la presurización del aceite se suman a las pérdidas por el frenado del pistón y esta energía no puede recuperarse; durante la carrera ascendente, del PMI al PMS, la energía consumida por la bomba de aceite en forma de empuje al pistón se recupera parcialmente. La energía consumida para el frenado es particularmente evidente. Durante la carrera descendente, de hecho, la velocidad relativa de impacto del aceite en el pistón queda definida por la suma algebraica de la velocidad del pistón y del aceite refrigerante. Por el contrario, durante la carrera ascendente, la velocidad relativa del impacto se obtiene por la diferencia de las dos velocidades (pistón y aceite). Considerando la siguiente fórmula de la energía cinética:
- 50

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

puede deducirse que la energía de impacto durante el frenado del pistón supera a la energía recuperada durante la carrera ascendente, debido a los diferentes valores de la velocidad relativa de impacto v.

5 En algunas soluciones conocidas, el inyector de emisión del aceite está siempre abierto, cualquiera que sea la presión en el circuito. En otras soluciones conocidas, se coloca una válvula de bolas ante cada inyector, opuesta a un resorte. Cuando la presión del aceite en el circuito de entrada (aguas arriba del inyector) supera un valor predeterminado, la bola libera al inyector y puede distribuirse el aceite. La bola se ajusta habitualmente de forma que abra el inyector a una primera presión predeterminada, por ejemplo 1,7 bares, y permanezca constantemente abierta al ir aumentando la velocidad de rotación durante ambas carreras del pistón en el cilindro (ascendente y descendente). La bomba de circulación es conducida directamente por el eje de transmisión, de forma que su velocidad de rotación quede "multiplicada" en relación a la velocidad de rotación del motor. Esta solución garantiza un rápido aumento de la presión cuando se arranque el motor y cuando su velocidad sea baja. Es, por tanto, evidente que a medida que aumente esta velocidad, la bomba de circulación del aceite determinará un aumento excesivo de la presión del aceite. Por este motivo, se coloca una derivación en el circuito de entrada, apropiada para liberar la sobrepresión del aceite antes de que alcance niveles prohibitivos. En la práctica, cuando se alcance una segunda presión predeterminada (por ejemplo 5 bares) en el circuito de entrada, la derivación de este circuito se abrirá con el propósito de liberar una parte del caudal y para mantener dicho segundo valor predeterminado de la presión (5 bares) a la entrada de los cojinetes y a la salida del inyector. En definitiva, en la mayoría de las soluciones conocidas, los inyectores emisores de aceite están casi siempre abiertos, excepto por los pasos iniciales de arranque, cuando la velocidad de rotación del motor es relativamente baja. Resulta evidente, no obstante, que la liberación de presión por parte de la derivación representa una pérdida de energía y, por tanto, de potencia.

25 En las soluciones más recientes, la válvula de bolas se reemplaza por una válvula de conexión/cierre, concretamente una válvula eléctrica que controle simultáneamente todos los inyectores. La apertura/cierre de la válvula se acciona en función de la carga del eje y en función de la velocidad de rotación. En la práctica, la válvula es controlada por una unidad de control que, acorde a un plan predeterminado, abre y cierra los inyectores en función de las condiciones de operación del motor (carga y rpm). En particular, en condiciones de pocas rpm y de baja carga, la válvula eléctrica mantiene los inyectores cerrados. En estas condiciones, como el aceite refrigerante no actúa sobre el pistón, no se ejerce resistencia durante la carrera descendente, y a bajas velocidades de rotación tiene lugar un ahorro de potencia (energía) que reduce las emisiones. En realidad, durante este paso, el aceite no puede ejercer ni siquiera el posible efecto de empuje sobre los pistones durante la carrera ascendente. Este efecto, no obstante, tal y como se explicó anteriormente, es menor que la contribución del frenado. En la práctica, la válvula eléctrica de conexión/cierre realmente permite ahorrar energía a bajas velocidades de rotación, pero de hecho resulta inútil a altas velocidades de rotación o con cargas mayores.

35 Se ha observado que, durante las condiciones de operación habituales de un vehículo industrial, la válvula de conexión/cierre está casi siempre abierta, y así los inyectores trabajan todo el tiempo durante ambas carreras de los pistones (empuje y tracción). Consecuentemente, el uso de la válvula de conexión/cierre es realmente ventajoso sólo en el área de las pruebas del tipo utilizado para vehículos, que se realizan habitualmente a lo largo de un ciclo combinado, donde prevalece el ciclo urbano y de este modo la carga media del motor está sustancialmente limitada. Durante estos ensayos, la velocidad del motor se mantiene cercana al ralentí y de este modo el pistón no necesita refrigerarse. El hecho de que los inyectores no se activen a estas velocidades del motor (válvula de conexión/cierre cerrada) tiene un gran impacto en términos de ahorro energético al arrancar (motor frío), pues los pistones no son frenados por el aceite refrigerante. Esto, por supuesto, da como resultado una reducción de las emisiones de dióxido de carbono. De hecho, durante las condiciones normales de operación del vehículo, el consumo de combustible es un 30-40% mayor, pues hay una necesidad constante de refrigerar el motor, concretamente para mantener la válvula de conexión/cierre abierta.

A partir de estas consideraciones surge la necesidad de una solución técnica alternativa, que permita superar los límites citados anteriormente y los inconvenientes del arte previo. En particular, resulta evidente la necesidad de limitar el gasto energético asociado a la refrigeración de los pistones y a la circulación del aceite utilizado para dicho enfriamiento.

50 RESUMEN DE LA INVENCION

La tarea principal del objeto de la presente invención es proporcionar un método para controlar un circuito de refrigeración de pistones que permita superar los inconvenientes antes descritos.

En el alcance de esta tarea, un primer objeto de la presente invención es proporcionar un método que permita una reducción del gasto energético necesario para la distribución del aceite refrigerante.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método que permita aumentar la eficiencia global del motor de combustión interna en el que se instale el circuito de refrigeración.

No menos importante, el propósito de la presente invención es proporcionar un método que sea fiable y fácil de llevar a cabo con costes competitivos.

- 5 Esta tarea y estos objetivos se logran por medio de un método de acuerdo a lo indicado en la reivindicación 1. Aspectos adicionales del método de acuerdo a la invención se indican en las reivindicaciones dependientes.

10 El método de control conforme a la invención proporciona una emisión de aceite refrigerante sólo durante la carrera ascendente de los pistones, desde el punto muerto inferior (en adelante PMI) hasta el punto muerto superior (en adelante PMS). Esto permite recuperar aproximadamente la mitad del trabajo que es necesario para comprimir el aceite. Esta recuperación se suma al trabajo que ya no se desaprovecha durante la carrera descendente del pistón. Dichos resultados se logran sin perder ninguna eficiencia en términos de refrigeración, pues la cantidad de aceite distribuida durante la carrera ascendente de los pistones es en general igual a la distribuida tradicionalmente durante un ciclo completo del pistón en el cilindro, donde el término "ciclo" hace referencia a dos carreras consecutivas (concretamente una carrera ascendente del PMI al PMS y una carrera posterior descendente del PMS al PMI).

15 LISTA DE LAS FIGURAS

Otras características y ventajas se volverán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de ejecuciones del método de control acorde a la presente invención, mostrado en las imágenes adjuntas donde:

- La Figura 1 muestra una vista esquemática de un cilindro de un motor de combustión interna de gasolina del tipo conocido en el arte;
- 20 - La Figura 2 muestra una vista esquemática de un cilindro de un motor de combustión interna diésel del tipo conocido en el arte;
- La Figura 3 muestra un esquema de un circuito al que se le puede aplicar el método acorde a la presente invención;
- 25 - Las Figuras 4, 5, 6 y 7 hacen referencia a un modelo de cálculo que demuestra las ventajas, en términos de recuperación de potencia, del método de control conforme a la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

30 La presente invención hace por tanto referencia a un método para controlar un circuito de refrigeración de pistones de un motor de combustión interna y a un circuito de refrigeración donde se aplica este método. En este punto, la Figura 3 muestra una vista esquemática de un circuito de refrigeración 1 acorde a la invención, previsto, en particular, para enfriar los pistones de un motor diésel. El circuito acorde a la invención, no obstante, puede utilizarse también para los mismos propósitos en un motor de gasolina.

35 El circuito de refrigeración 1 comprende una bomba de circulación 4 para bombear aceite desde el cárter 3 del motor por medio de un dispositivo de aspiración 8 conectado a la succión de la propia bomba. En una primera ejecución alternativa, la bomba 4 puede estar directamente conectada al eje del motor de combustión, de modo que el caudal de aceite de la bomba y, de este modo, la presión del aceite emitido dependa directamente de la velocidad de rotación del árbol motor. En una ejecución alternativa, la bomba 4 puede ser también del tipo de caudal variable. En comparación con la primera, esta solución permite obtener una presión de emisión que no dependa de la velocidad de rotación del eje de transmisión.

40 El circuito 1 acorde a la presente invención comprende además medios para emitir el aceite, que emiten un chorro de aceite refrigerante destinado a impactar los pistones del motor de combustión interna. En particular, acorde a la invención estos medios de emisión se activan sólo durante la carrera ascendente de los pistones, desde el punto muerto inferior (PMI) hasta el punto muerto superior (PMS). En la práctica, conforme al método de la invención, el chorro de aceite destinado a refrigerar los pistones se emite sólo durante su carrera ascendente, concretamente durante la carrera desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior. En consecuencia, acorde a la
45 presente invención, durante la carrera descendente de los pistones (concretamente durante la carrera del PMS al PMI), los medios para emitir el aceite están desactivados y de este modo no generan ningún chorro de refrigeración hacia los propios pistones.

50 El método acorde a la presente invención es así muy diferente de las soluciones conocidas, donde, tal y como se ha explicado antes, el aceite refrigerante se emite durante ambas carreras (hacia arriba y hacia abajo) de un ciclo de un pistón dentro del cilindro. En este punto, se ha observado que, comparado con las soluciones tradicionales, el

método acorde a la invención permite reducir aproximadamente en un 50% el trabajo necesario para comprimir el aceite en el circuito de refrigeración.

5 Esta reducción ha de sumarse a la falta de acciones de frenado sobre el pistón durante la carrera descendente hacia el PMI, que habitualmente afecta a las soluciones tradicionales. En general, se ha observado que, considerando las pérdidas de eficiencia debidas a las pérdidas de carga en los conductos de entrada entre bomba e inyectores, el método acorde a la presente invención permite recuperar de todos modos, comparado con las soluciones tradicionales, la energía consumida para bombear el aceite desde los inyectores.

10 Los medios para emitir el aceite refrigerante comprenden varios inyectores 10, cada uno de ellos destinado a refrigerar un pistón correspondiente. Desde un punto de vista operacional, los inyectores 10 se sitúan bajo el pistón acorde a un modo de instalación conocido per se. Los medios para emitir el aceite refrigerante comprenden además varias válvulas 9 que activan/desactivan la emisión del aceite refrigerante. Cada una de estas válvulas 9 tiene la función de permitir/detener la emisión de aceite refrigerante por medio de un inyector correspondiente 10. Acorde a una posible ejecución, las válvulas 9 pueden ser válvulas de solenoide, por ejemplo del tipo utilizado para inyectare combustible líquido en los colectores de entrada de los motores de ignición controlada. Alternativamente, las válvulas de activación/desactivación 9 pueden activarse de forma manual, eléctrica o neumática.

15 Los medios de emisión antes indicados los controla una unidad de control, preferentemente integrada en la ECU (*Unidad de control electrónico*) principal del motor, que recoge las señales generadas por los diferentes sensores, que son características de las condiciones de operación del motor. En particular, la unidad de control (indicada por ECU en la Figura 3) tiene la función de activar/desactivar cada válvula 9 primero en función de la "carrera" (hacia arriba o hacia abajo) del correspondiente pistón. En este punto, la unidad de control ECU está conectada a cada válvula 9, de forma que pueda generar las correspondientes señales (indicadas por Ci en la figura 3) apropiadas para activar/desactivar cada válvula 9, a fin de permitir/detener la distribución de aceite.

20 Considerando, por ejemplo, un motor de combustión interna de seis cilindros, tal y como se conoce en el estado actual de la técnica, cuando tres pistones desarrollan una carrera ascendente, los otros tres pistones desarrollan una descendente. De este modo, en estas condiciones, la unidad de control ordena la activación de las tres válvulas correspondientes a los tres pistones que desarrollan una carrera ascendente y se activarán sus tres inyectores respectivos, mientras que desactiva las tres válvulas correspondientes a los tres pistones que desarrollan una carrera descendente, cuyos inyectores 10 se desactivarán. Tal y como se esquematiza en la Figura 3, las carreras de los pistones (hacia arriba y hacia abajo) son detectados por un sensor de carrera 5 (que lee, por ejemplo, una rueda fónica) que detecta la posición angular del cigüeñal 7 del motor y transmite una correspondiente señal Sp a la unidad de control ECU.

25 Acorde a la presente invención, la unidad de control de los medios de emisión calcula, en función de los parámetros operativos del motor, un caudal mínimo de aceite refrigerante que ha de distribuirse en total a cada pistón por parte de los propios medios de emisión durante la respectiva carrera ascendente. La expresión "caudal mínimo" de aceite hace referencia a un caudal que sea suficiente para asegurar el enfriamiento del pistón durante un ciclo completo dentro del cilindro, significando el término "ciclo" una carrera ascendente y una posterior carrera descendente del propio pistón. En particular, este caudal mínimo se calcula al menos en función de la velocidad de rotación del eje de transmisión y/o en función de las condiciones de carga del propio motor. Puede observarse que, siendo las condiciones de operación y el motor iguales, el valor del caudal mínimo instantáneo antes mencionado será dos veces el caudal habitualmente emitido en las soluciones tradicionales sólo durante la carrera ascendente. Como consecuencia, la presente invención permite recuperar una cantidad de energía que supone el doble de la cantidad de las soluciones tradicionales durante la carrera ascendente.

30 En una ejecución preferente de la invención, la unidad de control ECU calcula el valor del caudal mínimo antes indicado también en función de la presión total y de la temperatura del aceite dentro del circuito de refrigeración. La presión absoluta la detecta un sensor correspondiente que genera una señal de entrada correspondiente (indicada por S1 en la Figura 3) en la unidad de control. En una ejecución alternativa, la unidad de control ECU podría calcular el valor del caudal mínimo también en función de la presión de entrada del aire dentro de los pistones.

35 La unidad de control acorde a la invención calcula, en función de este caudal mínimo, el tiempo mínimo de activación de los medios de emisión, que baste para permitir la emisión del caudal mínimo durante la carrera ascendente de los pistones. La expresión "tiempo mínimo de activación" hace referencia al intervalo de tiempo en que los medios de emisión han de mantener su modo de activación a fin de permitir la emisión del caudal mínimo de aceite refrigerante. En este punto puede observarse que la unidad de control ECU calcula este tiempo mínimo de activación en función del caudal de la bomba de circulación 4 del aceite refrigerante en el circuito.

40 Acorde a un primer modo de actuación posible, los medios para emitir aceite refrigerante se configuran de forma que puedan emitir, durante el tiempo mínimo de activación, un chorro con un caudal variable. Acorde a este modo de operación, los inyectores tienen una sección continuamente variable durante el periodo de activación calculado por la unidad de control ECU (concretamente durante la carrera del PMI al PMS).

En un modo de actuación preferente y alternativo, los medios de emisión se configuran de manera que emitan, durante el tiempo mínimo de activación calculado, un chorro con un caudal fijo definido sustancialmente por una sección constante de los correspondientes inyectores 10.

5 En ambos modos de actuación (chorro con caudal fijo o con caudal variable) el producto del caudal instantáneo y el tiempo de apertura da la cantidad de aceite necesaria para refrigerar los pistones, calculada por la unidad de control a partir de los parámetros operativos del motor.

10 Tal y como se muestra en la Figura 3, y como se ha comentado previamente, el circuito acorde a la invención comprende al menos un primer sensor de presión conectado operativamente con la unidad de control ECU con el fin de enviar una señal (indicada por S1 en la Figura 3) característica del valor real de la presión del aceite que circula en el circuito entre el reparto de la bomba de circulación y los medios de emisión. Otros sensores se disponen para medir otros parámetros operativos del motor a partir de los cuales la unidad de control ECU calcula el valor del caudal mínimo necesario para enfriar los pistones como se mencionó antes. En este punto, el circuito 1 puede comprender un sensor de temperatura, para detectar la temperatura del aceite dentro del circuito de refrigeración y/o un sensor de presión para detectar la presión del aire de entrada en los cilindros. En general estos sensores generan las señales (indicadas por S2, S3, S4) que se envían (junto con la señal S1) a la entrada de la unidad de control ECU como datos de entrada para calcular el caudal de aceite necesario para refrigerar los pistones.

En particular, acorde al método de la invención, dichos medios de emisión se desactivan, sin tener en cuenta la carrera operacional (hacia arriba, hacia abajo) de los pistones, cuando este valor real de la presión entre dicha bomba 4 y dichos medios de emisión sea menor que un primer valor predeterminado.

20 Más precisamente, cuando el valor real de la presión del aceite entre la bomba y los medios de emisión sea menor que dicho primer valor predeterminado, la unidad de control mantiene los inyectores 10 en posición desactivada, bloqueando de este modo la emisión de aceite. Por el contrario, cuando se supere este primer valor predeterminado, entonces la unidad de control ECU ordenará la activación de los medios de emisión, concretamente ordenará la activación de los inyectores 10 y permitirá la distribución de la cantidad necesaria de aceite refrigerante.

25 En una ejecución preferente, cuando la presión real del aceite entre la distribución de la bomba 4 y los medios de emisión supere un segundo valor predeterminado (mayor que el primero), entonces la unidad de control ECU calculará un valor excedente del caudal de aceite, que es característico de la diferencia entre el valor real de la presión y este segundo valor predeterminado.

30 A partir de este valor excedente del caudal, la unidad de control ECU calculará un segundo tiempo de activación de los medios de emisión que sea suficiente para permitir, siempre y sólo durante la carrera ascendente de los pistones, la emisión de un "caudal total" de aceite, dado por la suma del caudal mínimo y el excedente. La unidad de control ECU ordena de este modo la activación de los medios de emisión por un periodo de tiempo correspondiente a dicho segundo tiempo de activación.

35 En otras palabras, acorde a la invención, cuando el valor real de la presión supere un segundo valor predeterminado, el exceso de sobrepresión lo distribuirán los medios de emisión; concretamente se utiliza para refrigerar los pistones y para aumentar su empuje durante la carrera ascendente. De este modo, acorde a esta solución, la presión excedente no se descarga por medio de un circuito de derivación, como en las soluciones tradicionales, sino que se recupera ventajosamente para empujar los pistones.

40 Desde un punto de vista térmico, la emisión de un caudal total de aceite refrigerante que sea mayor que el mínimo permite aumentar favorablemente la disipación de la carga térmica en el pistón.

45 En adelante, se hace referencia a las Figuras 4, 5, 6 y 7 que refieren a un modelo de cálculo que demuestra las ventajas, en términos de recuperación de potencia, del método de control acorde a la presente invención. La tabla de la Figura 4 recoge los datos iniciales empleados para calcular la velocidad relativa de impacto entre el aceite refrigerante procedente de los medios de emisión y los pistones. En particular, se considera un motor de seis cilindros, con un circuito de refrigeración del tipo conocido en el estado actual de la técnica comprendiendo un circuito de derivación. La tabla de la Figura 4 muestra, en función de la velocidad de rotación del motor [*Velocidad del Motor*], el caudal de aceite de la bomba [*Flujo de la Bomba*], el caudal dirigido al motor como un todo [*Flujo del Motor*], correspondiendo este último no sólo al caudal de aceite destinado a refrigerar los inyectores, sino también al caudal de aceite destinado a alcanzar otras partes del motor, como los cojinetes del cigüeñal. En este punto, es posible observar en la figura 3 que la línea principal 2 del circuito hidráulico por un lado alimenta los inyectores 10 para refrigerar los pistones y por el otro alimenta los cojinetes del cigüeñal 7.

La tabla de la Figura 4 muestra asimismo el caudal descargado por la derivación [*Flujo de Derivación, By-Pass Flow*], pasando el caudal a través de un único inyector (destinado a refrigerar un único pistón) y pasando el caudal total a través de todos los inyectores (destinado a refrigerar todos los pistones). Suponiendo que se emplean medios

de emisión configurados con el propósito de emitir chorros de refrigeración con ángulo de apertura variable, concretamente por medio de inyectores de área constante se ha calculado, la velocidad de salida del aceite refrigerante procedente de los inyectores. La velocidad de salida del aceite refrigerante se suma algebraicamente a la velocidad del pistón durante su carrera descendente (del PMS al PMI). Considerando el diagrama de la Figura 5, la velocidad del pistón puede calcularse mediante la fórmula:

$$v_p = \omega r \left(\text{sen } \theta + \frac{r}{2l} \text{sen } 2\theta \right)$$

donde ω es la velocidad del motor, r es el radio del cigüeñal y θ es la posición angular del cigüeñal. La energía de impacto transferida por el aceite al pistón se ha calculado por la fórmula de la energía cinética que sigue:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

donde V es la velocidad relativa de impacto entre pistón y aceite. Durante la carrera descendente, esta velocidad relativa de impacto la da la suma algebraica de la velocidad del pistón y del aceite refrigerante. Por el contrario, durante la carrera ascendente, las dos velocidades consideradas han de restarse; de este modo la velocidad de impacto durante la carrera ascendente será menor que la de la carrera descendente.

Dividiendo el valor de esta energía por el área del pistón, es posible calcular la fuerza F aplicada sobre el pistón y a partir de ella es posible calcular también el momento del eje de transmisión por medio de la fórmula:

$$M = Fr \left(\text{sen } \theta + \frac{r}{2l} \text{sen } 2\theta \right)$$

A partir de la fórmula de cálculo del momento es posible calcular el trabajo y, de este modo, la potencia transferida al pistón durante las carreras ascendente y descendente.

Los resultados de estos cálculos se muestran en la tabla de la Figura 6. En particular, esta tabla comprende una primera sección denominada "entrada" donde las líneas correspondientes muestran los datos iniciales divididos en tres líneas, la primera de las cuales se relaciona con las posibles velocidades de rotación del motor. Para cada una de estas velocidades, la segunda línea muestra el correspondiente caudal de aceite refrigerante distribuido por los inyectores [*Flujo del Chorro*], mientras que la tercera línea muestra el respectivo caudal de aceite descargado por la derivación. En este punto, puede observarse que este caudal descargado por la derivación es sustancialmente igual a cero hasta que la velocidad del motor supera un determinado valor (en particular 1550 rpm).

La tabla de la figura 6 comprende una sección media denominada "*Resultado*" que muestra, para cada columna de la sección "*Entrada*", la potencia total recuperada por la actuación del método y circuito acordes a la invención. Finalmente, la tabla comprende una tercera sección denominada "*Parcial*" que, para cada columna de la sección "*Resultado*" muestra las diferentes contribuciones relativas a la potencia total conectada a las carreras de los pistones (hacia arriba/hacia abajo) y a la presencia de la derivación. En particular, la línea llamada "*Pistón Drag*" indica la fracción de potencia recuperada correspondiente a la "*perdida*" en las soluciones tradicionales debido a la acción de frenado del aceite durante la carrera descendente del pistón. La línea "*Recuperada por el atomizado de aceite sobre el pistón*" indica la fracción de potencia recuperada por la acción de empuje del aceite durante la carrera ascendente, mientras que la línea llamada "Derivación" indica la fracción de potencia que puede recuperarse realmente del flujo habitualmente dirigido a la derivación, concretamente la potencia que podría perder habitualmente la propia derivación.

De este modo, considerando los datos de la tabla 6, puede observarse que acorde al método y al circuito de la invención, la emisión de aceite refrigerante durante la propia carrera ascendente evita ventajosamente una pérdida de potencia durante la carrera descendente (frenado) del pistón. Al mismo tiempo, durante la carrera ascendente (empuje) del pistón, una parte de la potencia utilizada para bombear el aceite se recupera favorablemente.

Es más, tal y como se ha indicado antes, el método de control permite distribuir un caudal que baste para refrigerar el pistón durante un ciclo completo en el cilindro (concretamente una carrera descendente y una consiguiente carrera ascendente). Esto significa que durante la carrera ascendente será posible recuperar una cantidad de energía mayor que la habitualmente transferida, durante la misma carrera, en las soluciones tradicionales.

5 Esto significa que, acorde a la presente invención, es posible recuperar también la fracción de potencia habitualmente perdida por el circuito de derivación cuando la velocidad del motor supere las 1500 rpm. En estas condiciones, tal y como se ha indicado antes, el método acorde a la presente invención emite un caudal de aceite dado por la suma del caudal mínimo necesario para la refrigeración y de un caudal excedente característico de la sobrepresión debida a la alta velocidad de rotación.

El diagrama de la figura 7 muestra el trabajo Lav desarrollado por el aceite refrigerante emitido por cada inyector 10 sobre un pistón correspondiente. En el diagrama, en particular, la curva de trabajo Lav se traza en función de la posición alcanzada por el pistón durante la carrera ascendente. Esta posición se identifica por medio del ángulo del cigüeñal θ indicado en la figura 5.

10 Tal y como muestra el diagrama de la Figura 7, el trabajo Lav varía en función de la posición alcanzada por el pistón durante la carrera ascendente hacia el PMS, alcanzando los valores máximos cuando el pistón ocupa una posición cercana al PMI y al PMS, y los valores mínimos cuando el pistón está cerca de la mitad de la carrera.

15 En vista de la tendencia de la curva de trabajo Lav es ventajosamente posible implementar el método de control del circuito de refrigeración antes indicado. En particular, el caudal del aceite refrigerante (ambos, el "caudal mínimo" o el "caudal total", dependiendo de los casos) puede distribuirse favorablemente en función de la posición de los pistones durante la carrera ascendente.

20 Por ejemplo, si se utilizan inyectores de sección variable, entonces esta sección puede modificarse con el fin de aumentar el caudal de aceite distribuido cuando el pistón se acerque al PMS y al PMI y reducir este caudal cuando el pistón pase cerca de la mitad de la carrera ascendente. En otras palabras, cerca del PMS y del PMI el caudal distribuido será mayor que el distribuido cerca de la mitad de la carrera ascendente.

25 En el caso de los inyectores de caudal constante, durante cada carrera ascendente de los pistones, los inyectores 10 pueden activarse durante dos cortos intervalos de tiempo (tiempo de activación), correspondiendo cada uno al paso del pistón por un intervalo (indicado por INT en la Figura 7) entre las posiciones cercanas al PMS o al PMI. En otras palabras, acorde a este modo, los inyectores 10 no estarán activados durante toda la carrera ascendente del pistón desde el PMI al PMS, sino sólo durante las partes inicial y final de esta carrera ascendente (intervalo INT). Siempre acorde a la última hipótesis, la sección de los inyectores 10, ha de ser mayor que la empleada para la distribución durante toda la carrera ascendente, a fin de permitir la distribución del caudal de aceite sólo en los dos intervalos de activación antes indicados.

30 El método de control acorde a la invención permite satisfacer los propósitos antes descritos. En particular el método permite reducir la energía total necesaria para refrigerar los pistones y aumentar, en el análisis final, la eficiencia del motor.

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para controlar un circuito de refrigeración de los pistones de un motor de combustión interna, donde dicho circuito comprende una bomba de circulación y medios para emitir aceite refrigerante conectados a la salida de dicha bomba de circulación y apropiados para generar un chorro de refrigeración destinado a impactar dichos pistones, donde dicho método comprende el paso de generar dicho chorro sólo durante la carrera ascendente de dichos pistones desde el punto muerto inferior (PMI) hasta el punto muerto superior (PMS).
2. Método según la reivindicación 1, que comprende los pasos de:
- calcular, en función de los parámetros operativos de dicho motor, un caudal mínimo de aceite refrigerante que ha de distribuirse en total mediante dichos medios de emisión durante dicha carrera ascendente de dichos pistones;
- 10 - calcular un primer tiempo mínimo de activación de dicho medios de emisión que sea suficiente para permitir la emisión de dicho caudal mínimo durante dicha carrera ascendente.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, que comprende los pasos de:
- detectar el valor real de la presión de dicho aceite refrigerante que circula en dicho circuito entre dicha bomba de circulación y dichos medios de emisión;
- 15 - desactivar dichos medios de emisión cuando la presión de dicho aceite refrigerante que circula entre dicha bomba y dichos medios de emisión sea menor que un primer valor predeterminado.
4. Método según la reivindicación 3, en donde cuando dicho valor real de la presión supere un segundo valor predeterminado mayor que dicho primer valor predeterminado, dicho método comprenderá los pasos de:
- calcular un valor de caudal excedente de aceite refrigerante característico de la diferencia entre dicho valor real y dicho segundo valor predeterminado;
- 20 - calcular un segundo tiempo de activación de dicho medios de emisión que sea suficiente para permitir la emisión, durante dicha carrera ascendente, de un caudal total proporcionado por la suma de dicho caudal mínimo y de dicho caudal excedente;
- activar, durante dicha carrera ascendente, dichos medios de emisión por un periodo correspondiente a dicho segundo tiempo de activación.
- 25 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde dichos medios de emisión emiten dicho caudal total de aceite refrigerante a través de un chorro constantemente abierto y/o a través de un chorro de caudal variable y durante un tiempo de activación fijo.
- 30 6. Método según la reivindicación 5, en donde dicho caudal mínimo de aceite refrigerante se distribuye, durante dicha carrera ascendente de dicho pistón, de manera variable en función de la posición de dichos pistones.
7. Método según la reivindicación 6, en donde en las proximidades de dicho punto muerto superior (PMS) y de dicho punto muerto inferior (PMI) el caudal de aceite refrigerante que se distribuye es mayor que el distribuido en las proximidades de la parte media de dicha carrera ascendente.
- 35 8. Método según la reivindicación 5, en donde dicho caudal mínimo de aceite refrigerante se distribuye, para cada carrera ascendente, en dos intervalos de tiempo, donde cada uno corresponde al paso de dichos pistones en un intervalo de posiciones (INT) próximas al punto muerto superior (PMS) o al punto muerto inferior (PMI).
- 40 9. Circuito de refrigeración de los pistones de un motor de combustión interna caracterizado porque comprende medios para emitir aceite refrigerante que generan un chorro de aceite refrigerante destinado a impactar cada uno de dichos pistones, sólo durante la carrera ascendente de dichos pistones desde el punto muerto inferior (PMI) hasta el punto muerto superior (PMS).
10. Circuito según la reivindicación 9 donde dichos medios de emisión comprenden:
- una pluralidad de inyectores (10) cada uno de ellos apropiado para generar dicho chorro de aceite destinado a refrigerar un pistón correspondiente;

- una pluralidad de válvulas de activación/desactivación (9) estando cada una de ellas asociada a un inyector correspondiente a fin de permitir su activación/desactivación.

11. Circuito según la reivindicación 10, en donde dicho circuito comprende una unidad de control (ECU) para controlar dicha pluralidad de válvulas (9) de dichos medios de emisión.

5 12. Circuito según la reivindicación 10 ó 11, donde dichas válvulas (9) son de tipo electromecánico, eléctrico, mecánico o neumático.

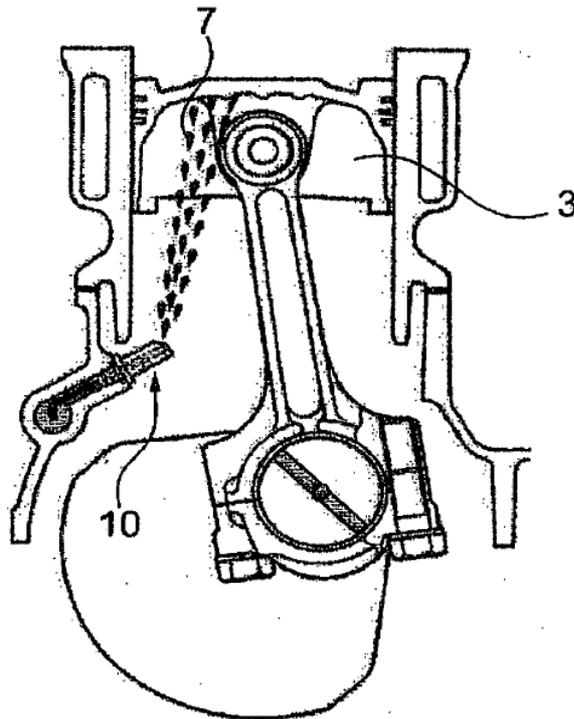


Fig. 1

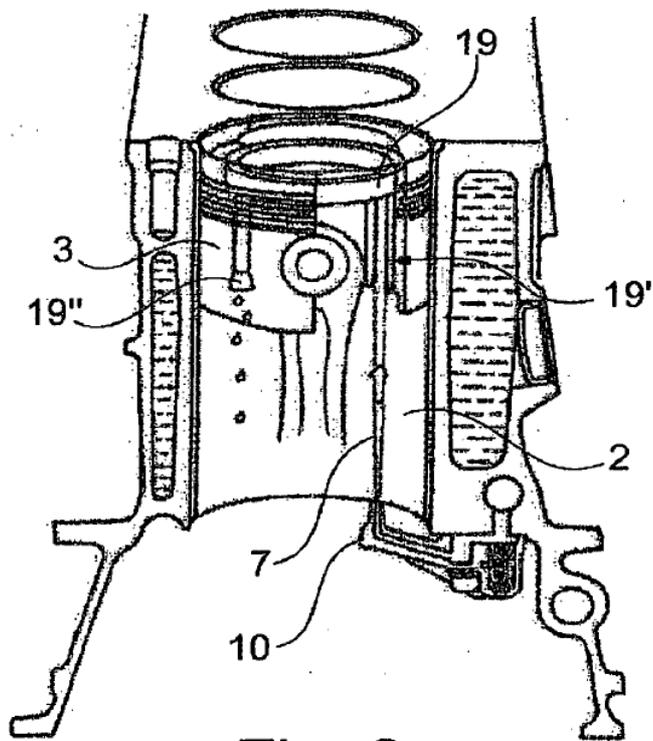


Fig. 2

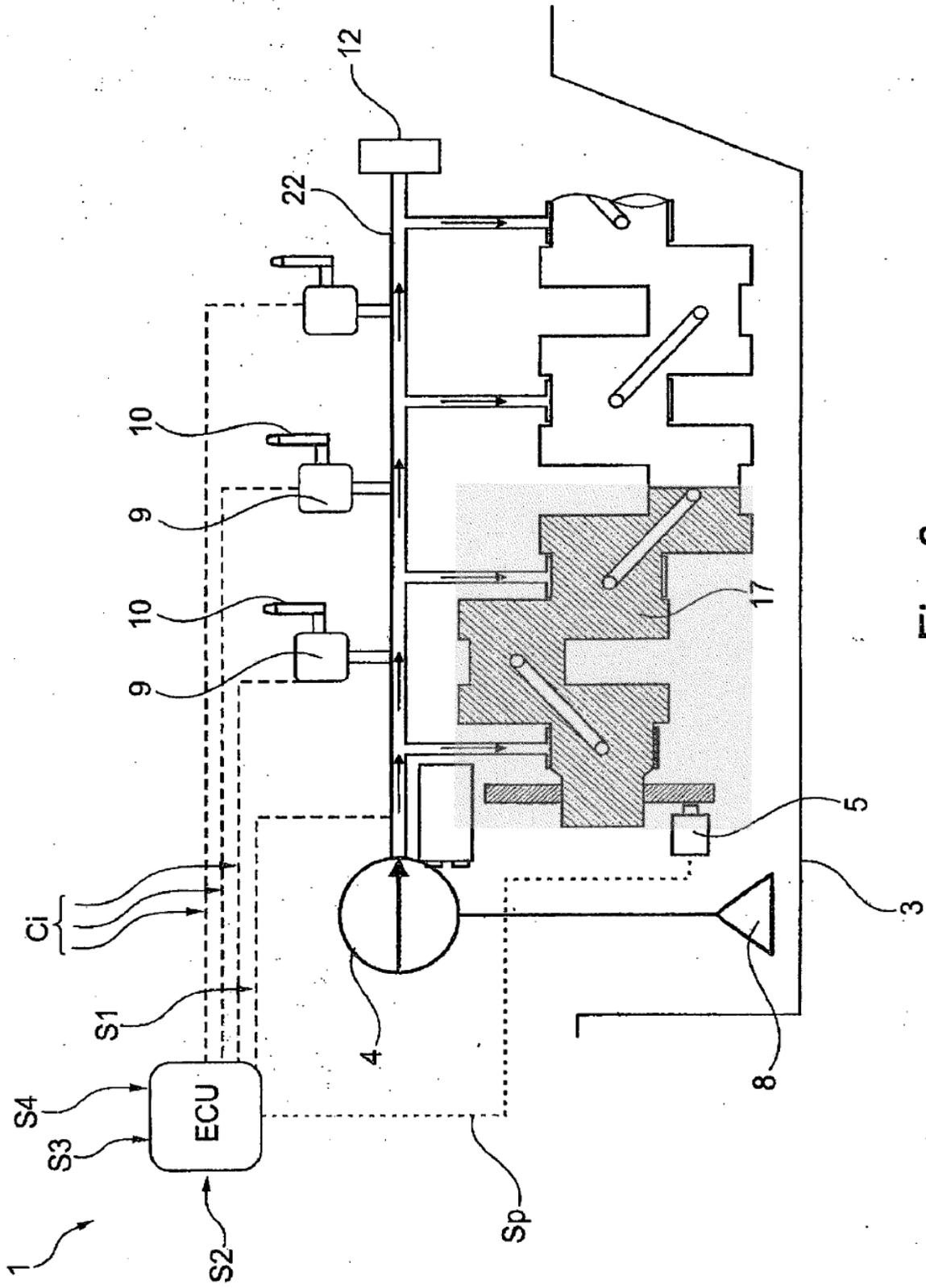


Fig. 3

Velocidad del motor [rpm]	Flujo de la bomba [l/min]	Flujo del motor [l/min]	Flujo de derivación [l/min]	Flujo del chorro de un solo pistón [l/min]	Flujo de 6 chorros [l/min]
800	64,3	64,3	0,0	4,88	29,27
900	71,4	71,4	0,0	5,42	32,54
1000	78,6	78,6	0,0	5,97	35,84
1100	86,8	86,8	0,0	6,60	39,57
1200	93,7	93,7	0,0	7,13	42,78
1300	99,9	99,9	0,0	7,59	45,52
1400	106,2	106,2	0,0	8,03	48,16
1500	112,4	112,3	0,1	8,42	50,52
1600	116,6	113,3	3,3	8,46	50,74
1700	122,2	114,8	7,4	8,52	51,15
1800	125,2	115,7	9,5	8,56	51,38
1900	130,2	117,2	13,0	8,64	51,83
2000	136,6	118,7	17,9	8,72	52,35
2100	139,2	119,3	19,9	8,75	52,51
2220	139,2	119,4	19,8	8,74	52,44
2330	138,8	119,4	19,5	8,73	52,37

Fig. 4

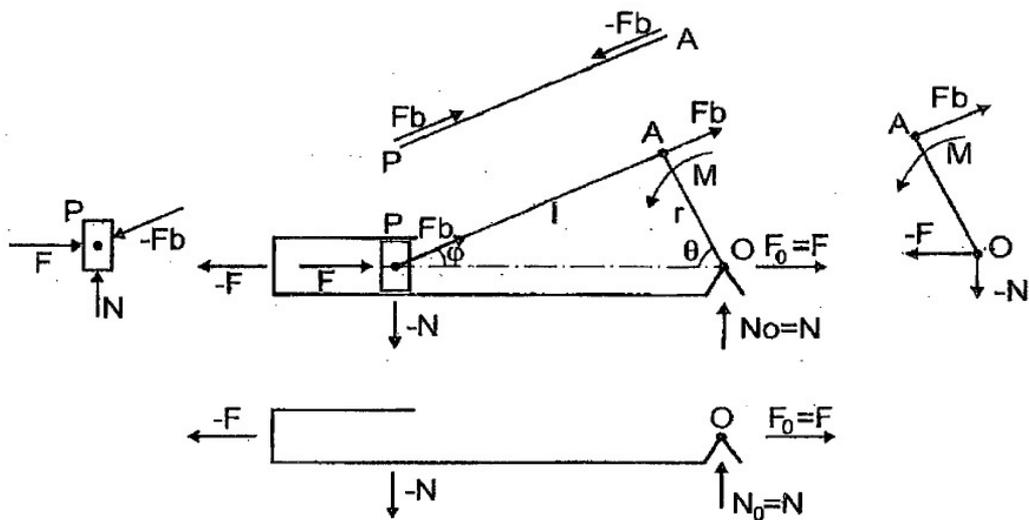


Fig. 5

	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2220	2330
Entrada																
rpm																
Chorro (kg/s)	0,390	0,434	0,478	0,528	0,570	0,607	0,642	0,674	0,677	0,682	0,685	0,691	0,698	0,700	0,699	0,698
Derivación(kg/s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,044	0,099	0,126	0,174	0,239	0,265	0,264	0,260
Resultado																
Potencia Tot(W)	53,9	74,1	99,0	133,3	168,4	203,1	240,6	278,7	301,6	332,6	348,0	375,2	410,6	422,3	417,8	413,5
ARRASTRE del pistón	32,7	45,2	60,6	81,5	103,3	125,6	150,0	175,0	182,7	192,3	200,7	211,4	223,1	231,5	239,0	245,9
Parcial																
Recuperado por pulverización de aceite en el pistón: ENFRIAMIENTO	21,2	28,9	38,4	51,9	65,1	77,5	90,6	103,0	99,6	97,8	94,8	93,4	92,5	89,3	83,9	79,2
DERIVACION	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	19,3	42,4	52,5	70,4	94,9	101,5	94,9	88,4

Fig. 6

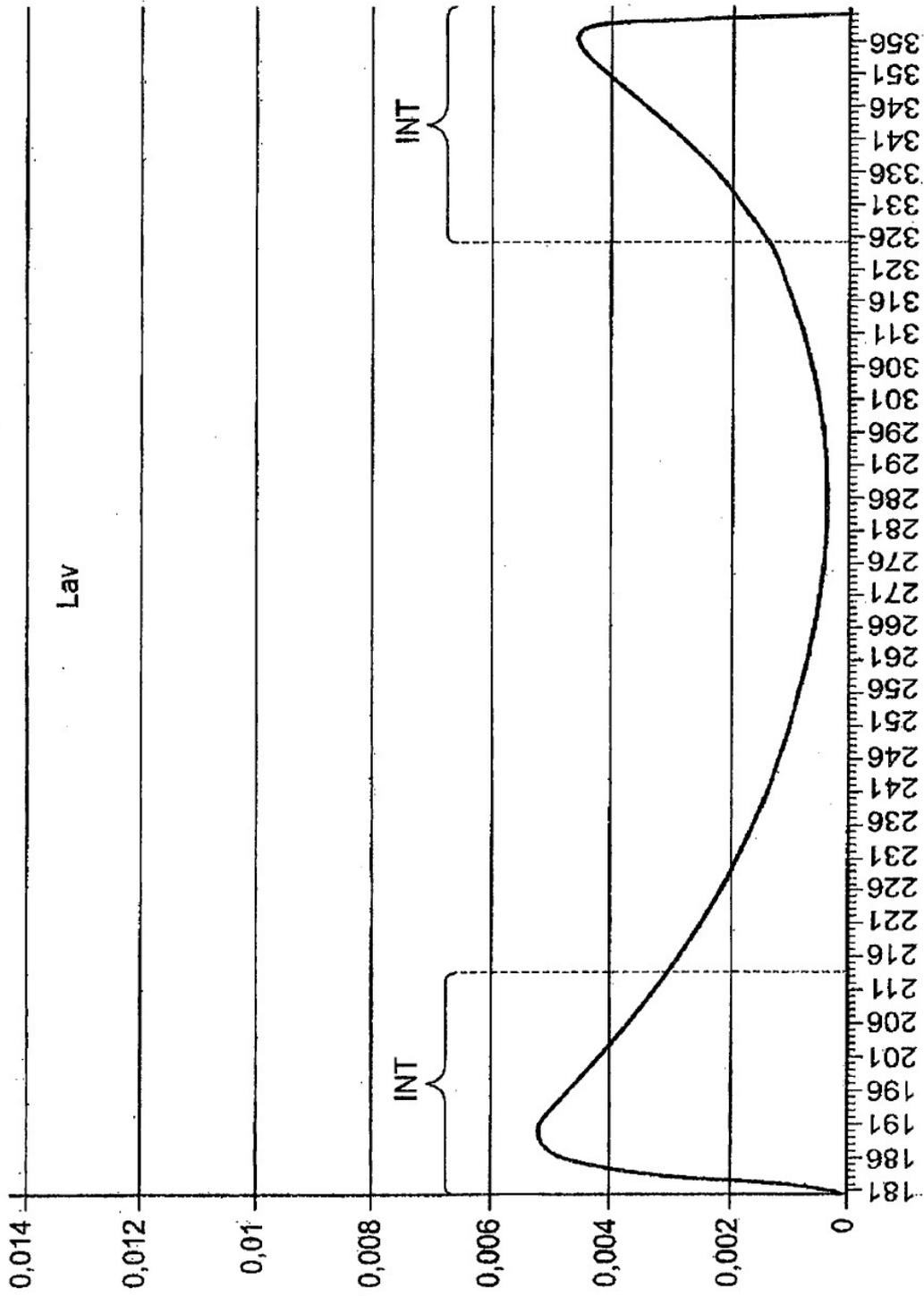


Fig. 7