



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 310 066**

⑫ Número de solicitud: 200502401

⑤ Int. Cl.:
F02D 35/02 (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **04.10.2005**

⑩ Prioridad: **05.10.2004 DE 10 2004 048 319**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **16.12.2008**

Fecha de la concesión: **27.10.2009**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **11.11.2009**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:
11.11.2009

⑦ Titular/es: **ROBERT BOSCH GmbH**
Wernerstrasse 1
D-70469 Stuttgart, DE

⑦ Inventor/es: **Kassner, Uwe**

⑦ Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

④ Título: **Método y dispositivo para establecer la sincronización de válvulas para válvulas de intercambio de gas de un motor de combustión interna.**

⑤ Resumen:

Método y dispositivo para establecer la sincronización de válvulas para válvulas de intercambio de gas de un motor de combustión interna. El método implica calcular una función de estado a partir del cambio de la presión y el volumen de una cámara de combustión. Los instantes para controlar las válvulas de intercambio de gas se determinan utilizando la función de estado. Un exponente politrópico se determina a partir de dos puntos de control de la presión y el volumen en la cámara en un intervalo politrópico basándose en un modo de funcionamiento con el fin de calcular la función de estado. Se incluye también una reivindicación independiente para un dispositivo para determinar instantes de control para válvulas de intercambio de gas en un motor de combustión interna.

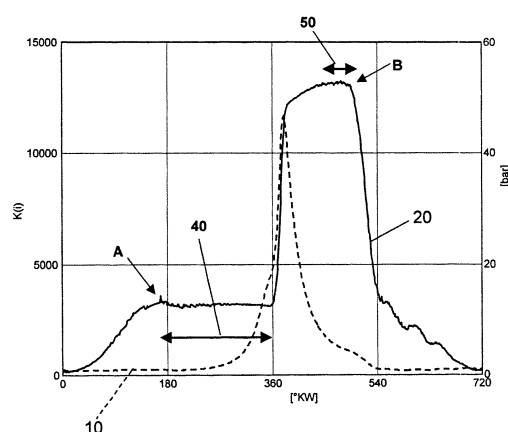


Fig. 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para establecer la sincronización de válvulas para válvulas de intercambio de gas de un motor de combustión interna.

Información sobre los antecedentes

La monitorización y el control preciso de las válvulas es necesario para permitir un funcionamiento óptimo del motor. Específicamente, esto requiere un conocimiento preciso de la sincronización de las válvulas de intercambio de gas, es decir, los instantes de apertura y cierre de las válvulas de entrada o salida, con respecto a la posición del cigüeñal. Se utilizan cada vez más sistemas que permiten una variación de los instantes de apertura con respecto al ángulo del cigüeñal o, adicionalmente, una variación de la sección transversal de apertura con respecto al ángulo del cigüeñal. En el proceso, el acoplamiento mecánico directo de la leva con las válvulas se pierde, y diferentes tipos de actuadores desacoplan el árbol de levas del movimiento de la válvula para lograr la variación mencionada. Ejemplos típicos en este contexto son el ajuste del árbol de levas variable o el ajuste de válvula totalmente variable.

Debido a que el movimiento de las válvulas de intercambio de gas se desacopla del ángulo del cigüeñal, se requieren métodos que permitan monitorizar la sincronización de las válvulas como mínimo. Se conocen métodos de la técnica relacionada que determinan el trayecto o ángulo de las válvulas de intercambio de gas a través de transductores directos. Otros métodos se basan en determinar la apertura de la válvula analizando la cantidad de aire y la velocidad de rotación o la presión en la cámara de combustión.

Los transductores directos son caros y tienden a un mal funcionamiento debido su carga térmica y mecánica. Métodos que requieren variables adicionales deben adaptarse cuidadosamente a cada punto de funcionamiento del motor de combustión interna para evitar diagnósticos erróneos. En particular el carácter indirecto del método requiere una interpretación cuidadosa de los valores medidos.

La solicitud de patente alemana No. DE 197 41 820 describe un método en el que se analiza una característica de presión en la cámara de combustión. Empleando un método de gradiente, se determinan puntos de la curva característica que apuntan a posiciones de válvula específicas. Una apertura o cierre de una válvula de intercambio de gas se manifiesta por un cambio rápido del gradiente de presión y se detecta mediante un cambio en el signo operativo de la segunda derivada de la presión según el volumen.

La solicitud de patente alemana No. DE 103 06 903 describe un método en el que se compara una característica de presión calculada teóricamente en la cámara de combustión con una característica de presión medida realmente. El momento de apertura de la válvula de salida se deduce de las desviaciones de las dos características de presión. La curva teórica se calcula suponiendo una expansión politrópica, determinando el exponente politrópico basándose en dos puntos de apoyo de la curva de medición real y la geometría conocida de la cámara de combustión.

Los métodos que utilizan la presión del cilindro se caracterizan por su evaluación directa de la combustión en el cilindro. Sin embargo, el inevitable ruido de la señal aumenta por la formación del gradiente y la derivada superior y de este modo resulta más difícil determinar valores umbral. En conjunto, se trata únicamente de pequeños cambios en el patrón de la señal, lo que conlleva numerosos problemas en el análisis numérico. Además, es desventajoso que una vez más se requiera una adaptación cuidadosa a todos los puntos de funcionamiento del motor.

Sumario de la invención

El método según la presente invención tiene la ventaja de que se calcula una función de estado ($K(i)$) a partir del perfil de la presión de la cámara de combustión y de un perfil del volumen de la cámara de combustión, y se determina la sincronización de las válvulas analizando la función de estado. En comparación con un análisis directo de la presión de la cámara de combustión, esto ofrece la ventaja de que en la función de estado una apertura y cierre de las válvulas de intercambio de gas provoca un cambio significativo en la función de estado, de modo que esta sincronización de válvulas puede determinarse con gran fiabilidad.

Según la presente invención, debe seleccionarse un exponente politrópico en función del modo de funcionamiento dado. Puesto que los exponentes politrópicos no cambian esencialmente durante un modo de funcionamiento dado, ventajosamente es suficiente almacenar un exponente politrópico individual para modos de funcionamiento específicos, que se seleccionarán entonces al calcular la función de estado.

Una modificación adicional prevé determinar el exponente politrópico a partir de al menos dos puntos de apoyo de la presión de la cámara de combustión detectada y el volumen correspondiente de la cámara de combustión en una región politrópica. Esto tiene la ventaja de permitir que el exponente politrópico se adapte individualmente a la situación real del motor de combustión interna.

Según la presente invención, una característica de tiempo de la presión de la cámara de combustión para un intervalo de ángulos del cigüeñal relevante se detecta en una primera etapa; la función de estado se determina en una segunda etapa; puntos significativos que representan los instantes de apertura o cierre de las válvulas de intercambio de gas se determinan en una tercera etapa; y en una cuarta etapa se establece finalmente si los puntos significativos entran

dentro de un intervalo tolerado. Esto proporciona una posibilidad ventajosa de comprobar la fiabilidad de rendimiento de las válvulas de intercambio de gas. En particular cuando no puede determinarse un instante de cierre o apertura de la válvula de intercambio de gas individual o si se encuentra fuera del intervalo tolerado, pueden iniciarse respuestas de error.

Además, es ventajoso proporcionar un dispositivo para establecer la sincronización de válvulas de intercambio de gas de un motor de combustión interna, que tiene medios para detectar un perfil de una presión de la cámara de combustión, en el que un medio de cálculo calcula una función de estado basándose en el perfil detectado de la presión de la cámara de combustión y un perfil del volumen de la cámara de combustión, y un medio de evaluación determina sincronizaciones de válvulas basándose en la función de estado.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra funciones según la presente invención.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo para monitorizar válvulas de intercambio de gas según la presente invención.

Descripción detallada

El hecho conocido de que una correlación entre presión p del cilindro y volumen V del cilindro puede indicarse mediante la ecuación de estado

$$p \cdot V^n = K = \text{const}$$

constituye una base de la presente invención. En este contexto el índice i caracteriza la lectura con cualquier ángulo del cigüeñal deseado. Esta correlación es válida durante las fases del ciclo de trabajo durante las que el volumen de gas se obtura dentro del cilindro y no tiene lugar ninguna conversión de energía mediante combustión, es decir, en la fase de compresión anterior al inicio de la combustión, y en la fase de expansión tras el final de la combustión. El exponente n está principalmente en función de la composición del gas en el cilindro y la transferencia de calor del gas al ambiente. La constante K es desconocida, por lo que sólo es posible un cálculo cuando se conocen al menos dos pares de valores p_1, V_1 y p_2, V_2 . Dependiendo del modo de funcionamiento, resultan valores diferentes, pero conocidos, para n . Por ejemplo, en una compresión de una mezcla combustible-aire el exponente politrópico n es aproximadamente 1,32; si se comprime aire puro, n es aproximadamente 1,37. A este respecto, el exponente politrópico n puede seleccionarse en función del modo de funcionamiento en cada momento, sin calcularse directamente a partir de los datos medidos.

La línea discontinua de la figura 1 muestra una característica 10 de presión de la cámara de combustión típica para un ciclo de trabajo con un ángulo KW del cigüeñal entre 0° y 720° . La presión p de la cámara de combustión empieza a aumentar aproximadamente 90° antes del punto PMS muerto superior en 360° . Debido a la ignición que se ha producido en el punto muerto superior, la presión de la cámara de combustión continúa aumentando considerablemente debido a la combustión, para después volver a caer tras alcanzar un máximo en la fase de expansión. En el ejemplo mostrado, la válvula de salida se abre a aproximadamente 500° KW, lo que se refleja en la característica 10 de presión de la cámara de combustión por una caída más rápida de la presión.

Tal como ya se describió al inicio, una multitud de métodos conocidos de la técnica relacionada se centran en determinar una sección de curva significativa que pueda asociarse con una apertura de la válvula de salida, especialmente empleando el método del gradiente.

La presente invención prevé ahora calcular una función 20 de estado basándose en una característica 10 de presión de la cámara de combustión determinada y un volumen $V(i)$ de la cámara de combustión que generalmente se conoce para cada ángulo de cigüeñal KW.

$$K(i) = p(i) \cdot V(i)^n$$

Esta corresponde básicamente a la ecuación politrópica de estado mencionada al inicio. El índice i entre paréntesis indica sólo que i se considera un parámetro de la función en este caso. En el ejemplo expuesto, i corresponde al ángulo KW del cigüeñal. Si se prefiere un sistema de referencia cronológico, i también puede sustituirse fácilmente por tiempo t .

Sin embargo, la función 20 de estado según la presente invención va más allá de la ecuación de estado politrópica conocida porque la función 20 de estado se determina también para regiones o estados no politrópicos, de una manera que puede resultar sorprendente para un experto en la técnica. Si bien es cierto que la validez de la ecuación politrópica de estado ya no se da fuera de las regiones politrópicas, se dan no obstante cambios significativos en la función de estado, precisamente debido a la transición de una región politrópica a una no politrópica.

ES 2 310 066 B1

La base de la ecuación politrópica de estado es que aunque se permite un intercambio térmico con el ambiente, el sistema en conjunto se considera hermético. La región politrópica se abandona en cuanto el sistema deja de considerarse hermético, por ejemplo durante la combustión y, en particular, durante la apertura o cierre de una de las válvulas de intercambio de gas. Estos eventos se reflejan de manera significativa en la función de estado y hacen posible identificar un inicio y un final de la combustión así como una apertura o cierre de las válvulas de intercambio de gas.

Las regiones politrópicas en la figura 1 pueden observarse esencialmente en los segmentos prácticamente constantes entre 180° y 360° KW y 400° a 500° KW. El primer segmento 40 constante empieza con el verdadero cierre de la válvula de entrada en el punto A a aproximadamente 180° KW y termina con el inicio de la combustión a aproximadamente 360° KW.

La segunda sección 50 constante empieza con el final de la combustión a aproximadamente 400° y termina con la apertura de la válvula de salida en el punto B a aproximadamente 500° KW.

Los puntos A y B como puntos de inicio y final, respectivamente, de una región politrópica pueden identificarse por tanto como instantes de control de las válvulas de intercambio de gas y establecerse sin ningún problema mediante métodos de evaluación conocidos, por ejemplo formando una primera o segunda derivada con respecto al ángulo del cigüeñal o el tiempo. Al observar los valores de extremo o el cambio en los signos operativos, es posible identificar los puntos A y B. Se prevén preferiblemente algoritmos de banda restringida en el intervalo de frecuencia para limitar así el inevitable ruido de la propia señal de presión de la cámara de combustión y para el posterior procesamiento y análisis.

La figura 2 ilustra a modo de ejemplo un posible diagrama de flujo para monitorizar las válvulas de intercambio de gas. En una primera etapa 100, se establece un perfil de la presión de la cámara de combustión para un intervalo de ángulo de cigüeñal relevante. Con este fin, se prevén subetapas 110, 120, 130, 140 adicionales en la primera etapa 100. La etapa 110 inicia el ciclo de detección, y en la posterior etapa 120 se detecta una presión p del cilindro para el ángulo del cigüeñal en ese momento. Esta variable se almacena en la etapa 130. Se establece entonces en la etapa 140 si se ha llegado al final del ciclo de detección. Si todavía no se ha llegado al final, la etapa 140 se ramifica de nuevo hacia la etapa 120, iniciándose de nuevo un ciclo de detección. Si el ciclo de detección ha concluido, se determina una función de estado $K(i)$ en una segunda etapa 200 basándose en el perfil de la presión p de la cámara de combustión ahora obtenido y el correspondiente perfil del volumen V de la cámara de combustión, teniendo en cuenta la condición de funcionamiento en ese momento.

En la posterior tercera etapa 300, se determinan instantes A y B de control analizando la función de estado $K(i)$.

En la cuarta etapa 400, se comprueba si los instantes A y B de control establecidos entran dentro de un intervalo individual permitido. Por ejemplo, para un funcionamiento sin errores del motor de combustión interna o la válvula de intercambio de gas, puede preverse que el instante A de control entre dentro de un intervalo de ángulo del cigüeñal de 150° a 190° KW. Si se detecta un instante de control fuera de un intervalo permisible, se informará de un error a una quinta etapa 500, y se iniciarán posiblemente reacciones de error adicionales. Puede preverse, en particular, intervenir en el control de las válvulas de intercambio de gas basándose en instantes A y B de control establecidos para así modificar instantes de control de las válvulas de intercambio de gas.

La información sobre una desviación no permitida de los instantes de control también puede visualizarse mediante medios auxiliares adecuados, por ejemplo en forma de una pantalla de diagnóstico.

Normalmente se adoptan medidas sólo después de que se haya producido un cierto número de superaciones de intervalo para aumentar adicionalmente la fiabilidad del diagnóstico.

Además, esta información puede utilizarse para el control o la regulación de las válvulas para compensar cambios en el sistema de control (tal como un cambio en la viscosidad en los sistemas hidráulicos). Los ángulos del cigüeñal determinados a partir de los segmentos A y B son entonces valores reales para circuitos de control de bucle cerrado para el control de las válvulas de entrada y de salida.

REIVINDICACIONES

1. Método para establecer la sincronización de válvulas para válvulas de intercambio de gas de un motor de combustión interna, comprendiendo el método:

establecer una característica de presión de la cámara de combustión;

calcular una función de estado a partir de la característica de presión de la cámara de combustión y una característica de volumen de la cámara de combustión;

determinar la sincronización de las válvulas de intercambio de gas analizando la función de estado; y

seleccionar un exponente politrópico en función de un modo de funcionamiento dado, estando fijado el exponente politrópico para el modo de funcionamiento dado.

2. Método según la reivindicación 1, en el que la función de estado calculada es válida para todos los ángulos del cigüeñal.

3. Método según la reivindicación 1, que comprende además determinar el exponente politrópico a partir de al menos dos puntos de apoyo de una presión de la cámara de combustión obtenida y un volumen correspondiente de la cámara de combustión en una región politrópica.

4. Método según la reivindicación 1, que comprende además:

en una primera etapa, establecer una característica de tiempo de una presión de la cámara de combustión para un intervalo de ángulos del cigüeñal relevantes;

en una segunda etapa, determinar la función de estado;

en una tercera etapa, determinar puntos significativos que representan instantes de cierre y apertura de las válvulas de intercambio de gas; y

en una cuarta etapa, comprobar si los puntos significativos se encuentran dentro de un intervalo tolerado.

5. Dispositivo para determinar la sincronización para válvulas de intercambio de gas de un motor de combustión interna, que comprende:

una disposición para establecer una característica de presión de la cámara de combustión;

una disposición para calcular una función de estado basándose en la característica de presión de la cámara de combustión detectada y una característica de volumen de la cámara de combustión;

una disposición para determinar sincronizaciones de válvulas basándose en la función de estado; y

una disposición para seleccionar un exponente politrópico en función de un modo de funcionamiento dado, siendo el exponente politrópico fijo para el modo de funcionamiento dado.

6. Dispositivo según la reivindicación 5, en el que la función de estado calculada dada es válida para todos los ángulos del cigüeñal.

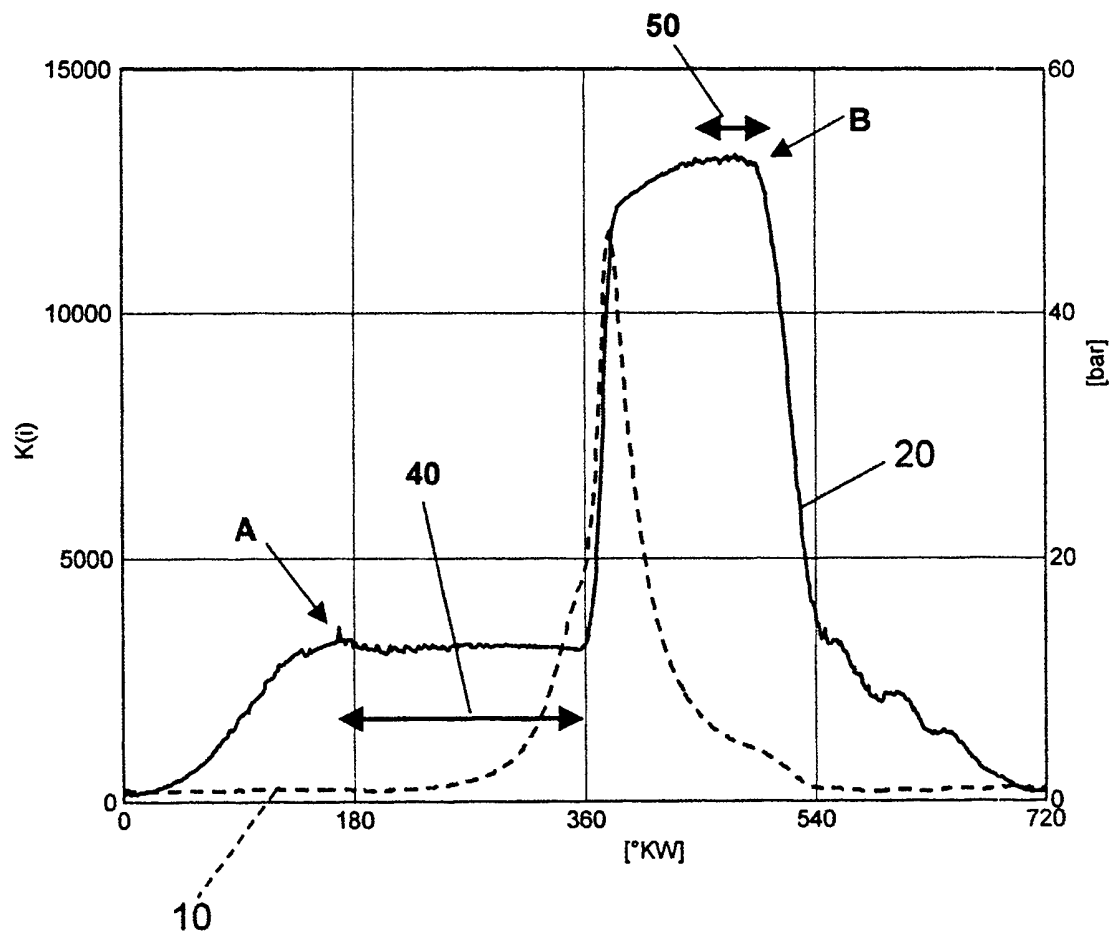


Fig. 1

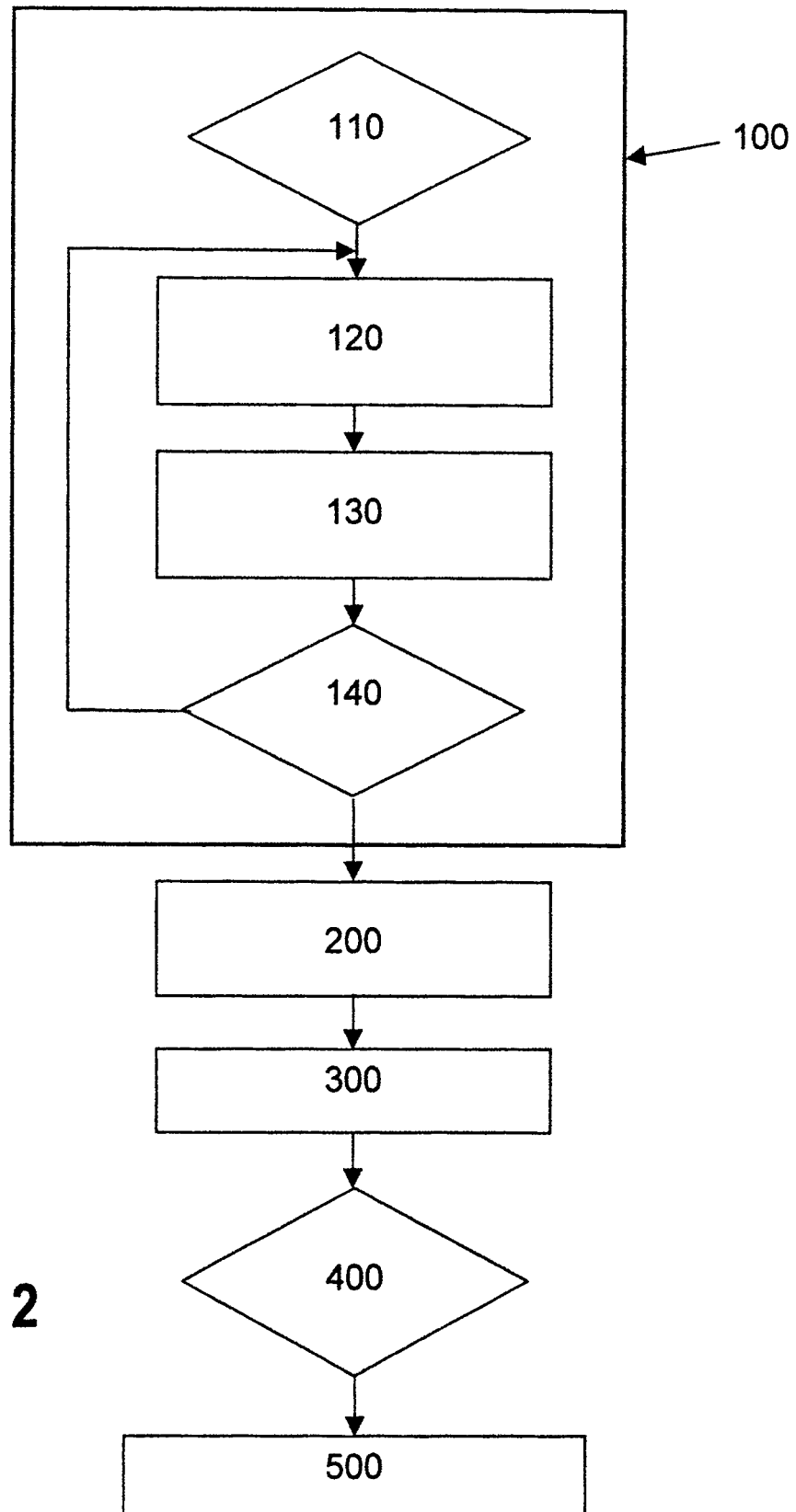


Fig. 2



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 310 066

⑫ Nº de solicitud: 200502401

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: **04.10.2005**

⑭ Fecha de prioridad: **05.10.2004**

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: **F02D 35/02** (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 4633707 A (HADDOX) 06.01.1987, todo el documento.	1-6
A	US 6240359 B1 (FUJIWARA et al.) 29.05.2001, todo el documento.	1-6
A	DE 10306903 A1 (IAV GMBH) 26.08.2004, todo el documento.	1-6
A	US 6276319 B2 (WALTER et al.) 21.08.2001, todo el documento.	1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
24.11.2008

Examinador
J. Galán Mas

Página
1/1