



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 353 768**

51 Int. Cl.:
G01L 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04822651 .8**

96 Fecha de presentación : **17.11.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1815221**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **08.08.2007**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de un par motor medio.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.03.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.03.2011

73 Titular/es: **VOLVO LASTVAGNAR AB.**
405 08 Göteborg, SE

72 Inventor/es: **Wattwil, Fredrik;**
Ahlinder, Sven y
Fredriksson, Krister

74 Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 353 768 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).

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE UN PAR MOTOR MEDIO

DESCRIPCIÓN

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para producir un valor T que sea representativo del par motor medio generado en un cigüeñal de un motor de combustión interna. También se refiere a un dispositivo para producir
10 tal valor.

Antecedentes de la invención

Para finalidades de diagnóstico del motor, un parámetro útil es el par motor generado en el cigüeñal de un motor. Los fallos o irregularidades en el funcionamiento del motor
15 tendrán como resultado un par motor reducido o irregular. En una diagnosis más detallada, una vez se ha detectado un valor de par motor defectuoso, podría analizarse posteriormente para así proporcionar información en relación al origen probable del error, tal como un fallo del inyector u otro
20 origen del error. De este modo, es deseable proporcionar una medida del par motor generado en un cigüeñal de un motor en un vehículo. Anteriormente, se han propuesto un número de procedimientos para determinar el par motor a partir de mediciones seleccionadas, realizadas en el motor y usando
25 diferentes procedimientos matemáticos.

En el documento US 5 771 483, Moine y colaboradores, describe uno de dichos procedimientos de la técnica anterior para calcular el par de un motor, incluyendo la detección del

paso ante un sensor de cada uno de los dientes del volante de inercia de un motor, y usar el tiempo de paso de cada uno de estos dientes en el cálculo de un par de un motor. Otro procedimiento de este tipo se describe en el documento EP 1 5 052 488, de Abida y colaboradores.

El objeto de la invención es proporcionar una medida del par motor medio generado en un cigüeñal de un motor en un vehículo, que es útil para finalidades de diagnóstico del motor. Otro objeto de la invención es proporcionar una medida 10 del par motor medio que puede ser usado para el diagnóstico de un motor durante unas condiciones normales de funcionamiento. Todavía otro objeto de la invención es proporcionar una medida del par motor medio que puede proporcionar una medida suficientemente precisa mientras que 15 está limitado a requisitos razonables en cuanto a la capacidad del procesador, espacio de almacenamiento, etc.

Resumen de la invención

Al menos uno de los objetos mencionados anteriormente se logra mediante un procedimiento para producir un valor T 20 que es representativo del par motor medio generado en un cigüeñal de un motor de combustión interna, que comprende las etapas de

- producir un vector velocidad que incluye valores que son representativos de velocidades instantáneas del motor 25 durante un periodo de muestreo,

- determinar una velocidad media del motor n durante dicho periodo de muestreo a partir del vector velocidad,

- determinar un valor P_x , que es representativo de la contribución de la frecuencia del vector velocidad en la frecuencia $x \cdot n$, donde x es un orden preseleccionado,

- y producir un valor T que es representativo del par motor medio en el cigüeñal durante dicho periodo de muestreo, en el que T se deriva de una expresión matemática que incluye un polinomio que tiene al menos un término $k \cdot n \cdot P_x$, en el que k es una constante de polinomio.

El procedimiento de acuerdo con la invención proporciona una medida útil del par motor medio que tiene la ventaja de ser aplicable a situaciones en las que el vehículo está bajo carga, es decir durante unas condiciones normales de conducción. También tiene la ventaja de que es ejecutable usando un número relativamente bajo de muestras y usando relativamente pocos cálculos, lo que tiene como resultado un cálculo rápido que puede realizarse sin necesidad de una potencia adicional de procesado en el vehículo.

El par motor medio obtenido usando el procedimiento puede calcularse a intervalos regulares durante el uso del vehículo y registrarse para proporcionar un registro almacenado que sea un gráfico del comportamiento del vehículo a lo largo del tiempo. Cuando el vehículo está en servicio, el registro puede ser estudiado y llegar a conclusiones en relación al estado del motor y posibles reparaciones necesarias o trabajos de recambio.

Una ventaja adicional es que la medida de par motor medio obtenida puede ser usada para evaluar objetivamente el funcionamiento del motor. Una medida ideal de par motor puede

fijarse para ciertas condiciones del motor y comparar el par motor calculado con el par ideal, proporciona una indicación sobre si el motor cumple los requisitos deseados o no.

El motor de combustión interna puede usarse en 5 diferentes aplicaciones, tales como en embarcaciones o vehículos. Los vehículos incluyen por ejemplo, coches, vehículos de carga pesada y vehículos de vías.

Preferentemente, la expresión incluye el polinomio: $k_0 + k_1 * P_x + k_2 * n + k_3 * n * P_x$, en la que k_0 , k_1 , k_2 y k_3 son 10 constantes de polinomio, y ventajosamente $T = k_0 + k_1 * P_x + k_2 * n + k_3 * n * P_x$.

De forma ventajosa, el orden seleccionado x puede ser igual al número de cilindros del motor dividido entre dos. Se ha descubierto que esta selección del orden refleja 15 particularmente bien el efecto de un motor de cuatro tiempos. Para motores de dos tiempos, el orden seleccionado x puede ser en cambio igual al número de cilindros.

De forma ventajosa, el periodo de muestreo corresponde a al menos 10 giros del motor. Dicho periodo de muestreo es 20 lo bastante largo para asegurar que el valor de par motor medio incluye el efecto de todos los cilindros del motor.

De forma ventajosa, el vector velocidad comprende unos valores t que son representativos de velocidades instantáneas del motor que son los pasos de tiempo entre referencias 25 indexadas de giros consecutivos, dispuestas en conexión a un volante o cigüeñal del motor. Esta realización proporciona un procedimiento eficaz y relativamente fiable para calcular

valores que son representativos de velocidades instantáneas del motor.

En concreto cuando se usa un volante, la disposición de las referencias indexadas de giro es irregular en algunas 5 posiciones. En este caso, el procedimiento puede comprender una etapa de compensación cuando se genera el vector velocidad, en la que se compensan los efectos de cualquier irregularidad en la disposición de las referencias indexadas de giro.

10 De forma preferente, el valor P_x que representa la contribución de potencia para la frecuencia $x \cdot n$, se determina usando un análisis de series de Fourier del vector velocidad. En este caso, el vector velocidad debería incluir preferentemente al menos 500 muestras para así proporcionar 15 una resolución satisfactoria.

De forma alternativa, el valor P_x puede ser determinado mediante el uso de una Transformada Rápida de Fourier para la transformación de fase y amplitud del vector velocidad.

20 En este caso, el valor cuadrático medio (RMS) del área bajo el pico en la frecuencia $n \cdot x$ en la transformación de fase y amplitud, se usa como P_x .

Si se usa la Transformada Rápida de Fourier en combinación con la selección del valor cuadrático medio (RMS) del pico de orden x -esimo como P_x , se ha descubierto que se 25 obtienen unos buenos resultados cuando el vector velocidad incluye al menos 1000 muestras, preferentemente al menos 2000 muestras.

Independientemente del procedimiento usado para transformar la fase y amplitud, los valores t puede ser tomados ventajosamente en un intervalo de muestras con una duración inferior o igual a 10 microsegundos, preferentemente inferior o igual a 1 microsegundo.

Las condiciones de carga durante el periodo de muestreo pueden seleccionarse de manera que corresponden a al menos un 50% de carga, preferentemente a al menos el 60% de carga. Esto es ventajoso ya que las condiciones corresponden a condiciones normales si se usa un vehículo tal como un camión.

Además, las velocidades del motor durante el periodo de muestreo pueden seleccionarse que sean al menos 1000 rpm. Para coches, se usan velocidades del motor más elevadas, y las velocidades del motor durante el periodo de muestreo pueden seleccionarse que sean al menos de 1500 rpm.

De forma ventajosa, se puede comparar un valor T producido de acuerdo con la invención, con un valor de referencia T_{ref} que sea representativo del par motor de un motor estándar, para permitir la evaluación del motor para el que fue determinado el valor T .

En un segundo aspecto de la invención, un dispositivo para la producción de un valor T que es representativo del par motor medio generado en un cigüeñal de un motor de combustión interna, que comprende un

dispositivo medidor para medir velocidades instantáneas del motor durante un periodo de muestreo,

medios de cálculo para producir un vector velocidad de valores que son representativos de las velocidades instantáneas del motor, medidas durante dicho periodo de muestreo,

5 medios de cálculo para derivar una velocidad media del motor n durante dicho periodo de muestreo usando el vector velocidad,

medios de cálculo para derivar un valor P_x que es representativo de la contribución de potencia para la
10 frecuencia $x \cdot n$ del vector velocidad, donde x es un orden pre-seleccionado, y

medios de cálculo para derivar el valor T deseado que es representativo del par motor medio en el cigüeñal durante dicho periodo de muestreo, en el que T se deriva de una
15 expresión matemática que incluye un polinomio que tiene al menos un término $k \cdot n \cdot P_x$, en el que k es una constante de polinomio, almacenada en una memoria.

Un dispositivo de acuerdo con la invención proporciona las mismas ventajas y puede combinarse con características
20 especialmente ventajosas de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención como se describe anteriormente.

Los medios de cálculo pueden pero no deben completamente, estar comprendidos dentro de una y la misma unidad de cálculo, tal como una unidad procesadora, un
25 microprocesador, un procesador insertado u otra unidad de cálculo adecuada.

De forma ventajosa, el dispositivo medidor puede comprender un sensor que está dispuesto para la detección del

paso de referencias indexadas de giros consecutivos, dispuestas en conexión a un volante o un cigüeñal del motor, siendo dichos pasos de tiempo los valores t del vector velocidad que son representativos de velocidades instantáneas
5 del motor.

De forma preferente, el dispositivo medidor comprende unos medios de cálculo para determinar la velocidad entre referencias indexadas de giros consecutivos. Los medios de cálculo pueden pero no necesitan estar comprendidos en la
10 misma unidad de cálculo como los medios de cálculo del dispositivo anteriormente mencionados.

Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas de la invención se harán más evidentes en la descripción de una realización particular de un
15 procedimiento y un dispositivo de acuerdo con la invención proporcionada más adelante, como un ejemplo no limitativo haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 ilustra esquemáticamente una realización de un procedimiento y un dispositivo de acuerdo con la
20 invención.

La figura 2 es un diagrama que muestra las cargas y las velocidades del motor medidas durante una medición de ejemplo usando una realización y un dispositivo de acuerdo con la invención.

25 La figura 3 es un diagrama que muestra el par calculado usando una realización de un procedimiento y de un dispositivo de acuerdo con la invención frente al par medido en el ejemplo de la figura 2.

Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

La figura 1 ilustra esquemáticamente una realización de un procedimiento y un dispositivo de acuerdo a la invención.

5 El dispositivo comprende un sensor 5 para detectar el paso de referencias indexadas de giro 7 en forma de dientes provistos en conexión con un volante 6, que a su vez está conectado a un cigüeñal de un motor de combustión. En este caso, el sensor 5 está adaptado para medir el paso de referencias

10 indexadas a intervalos de muestras con una duración de 1 microsegundo, siendo iguales a una frecuencia de 1 MHz. Una frecuencia de 1 MHz o más tiene como resultado unos resultados particularmente buenos, usando el procedimiento y el dispositivo de la invención.

15 Los valores t proporcionados por el sensor que corresponden a los pasos de tiempo entre referencias indexadas de giros consecutivos 7 se usan entonces como representativos de velocidades instantáneas del motor para formar un vector velocidad V en un dispositivo de cálculo /

20 etapa de procedimiento 1.

Como se ilustra en la figura 1, las referencias indexadas 7 pueden estar dispuestas irregularmente, de manera que hay huecos entre referencias en determinados sitios. Por ello, los valores del vector velocidad V están corregidos

25 para las referencias ausentes, mediante el cálculo del valor medio para las referencias ausentes y la siguiente referencia, y la sustitución de todos los valores relevantes con un valor medio.

En una etapa de procedimiento / dispositivo de cálculo 2 de la figura 1, la velocidad media del motor n durante el periodo de muestreo se calcula a partir del vector velocidad V , y se expresa en giros/segundo.

5 En una etapa de procedimiento / dispositivo de cálculo 3, el vector velocidad V se usa para producir una representación de fase y amplitud, en la que se calcula el valor P_x que es representativo de la contribución de potencia en una frecuencia seleccionada $x \cdot n$ del vector velocidad.

10 En un procedimiento / dispositivo preferido, el procedimiento seleccionado para determinar la amplitud P_x es una serie de Fourier de senos y cosenos. Sin embargo, otros procedimientos de transformada de Fourier también pueden ser útiles. No obstante, los inventores han descubierto que el
15 procedimiento de seno y coseno proporciona resultados útiles sin la necesidad de un excesivo número de muestras o capacidad de cálculo.

El procedimiento de seno y coseno es una transformación cierta de fase y amplitud sólo si están incluidos todos los
20 órdenes. En este caso, no es necesario que estén incluidos todos los órdenes, ya que es suficiente saber la amplitud para el orden x . El resultado es un sistema lineal de ecuaciones que puede resolverse en el sentido de mínimos cuadrados.

25 El sistema lineal de ecuaciones que se va a resolver por el procedimiento seno coseno, puede escribirse como $[A] \cdot [C] = [V]$, donde $[V]$ es el vector velocidad que incluye f valores v_1, v_2, \dots, v_f medidos a intervalos angulares regulares

por encima de 2 revoluciones del motor, y [A] es una matriz de seno y coseno ($\sin(2j+1)$). La ecuación se resuelve para [C] que incluye las constantes $a_0, a_1, b_1, a_2, b_2 \dots a_k, b_k$ para una serie de Fourier.

5

$$f(t) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{k=1}^j a_k \sin(k\Omega t) + b_k \cos(k\Omega t), \quad \Omega = 2\pi/T$$

Dado que $f(t)$ es periódica con un periodo $T=2\pi$, el caso especial:

10

$$f(t) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{k=1}^j a_k \sin(kt) + b_k \cos(kt)$$

de manera que la primera columna de la matriz A es una columna de unos, teniendo en cuenta el término constante inicial. (Este término no es necesario si el promedio n se deduce a partir de los valores del vector V antes del

15 cálculo). La siguiente columna es seno de orden uno, y después sigue coseno de orden uno. Las siguientes columnas son seno y coseno para un tercer ciclo, un cuarto ciclo, etc.

20

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \sin(\pi) & \cos(\pi) & \sin(2\pi) & \dots & \cos(k2\pi) \\ 1 & \sin(\pi/2) & \cos(\pi/2) & \sin(2\pi/2) & & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \sin(\pi/f) & \cos(\pi/f) & \sin(2\pi/f) & \dots & \cos(k2\pi/f) \end{bmatrix}$$

25

$$C = \begin{bmatrix} a_0/2 \\ a_1 \\ b_1 \\ a_2 \\ b_2 \\ \dots \\ \dots \\ a_k \\ b_k \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \dots \\ \dots \\ t_f \end{bmatrix}$$

El sistema de ecuaciones se resuelve, consiguiendo los coeficientes seno y coseno a_x y b_x para el orden seleccionado x -esimo, que es la fase xn . Conociendo a_x y b_x , la amplitud se consigue mediante el teorema de Pitágoras: $(P_x)^2 = a_x^2 +$
5 b_x^2 .

La longitud necesaria del vector velocidad V medido depende del procedimiento usado para calcular P_x en la siguiente etapa de procedimiento, y de la precisión requerida en el valor de par T resultante. Si P_x se calcula usando un
10 análisis TRF, una longitud adecuada de vector podría ser aproximadamente 2000 muestras. Si en cambio P_x se calcula usando una transformada de seno y coseno, la longitud del vector puede ser recortada considerablemente, a aproximadamente 600 muestras.

15 Finalmente, en una etapa de procedimiento / dispositivo de cálculo 4, el valor T que es representativo del par motor medio se deriva de $T = k_0 + k_1 \cdot P_3 + k_2 \cdot n + k_3 \cdot n \cdot P_3$, donde k_0 , k_1 , k_2 y k_3 son todos constantes de polinomio que se almacenan en una memoria adecuada.

20 Si se usa un procedimiento de Transformada Rápida de Fourier TRF, en lugar del procedimiento seno y coseno como se describe anteriormente, la amplitud P_x del diagrama amplitud-fase correspondiente a la frecuencia $f = x \cdot n$, donde x es el orden seleccionado, debe ser calculada. Esto puede ser hecho
25 ventajosamente a partir de un trazado de la transformada TRF y calculando el valor cuadrático medio (RMS) del área del pico en la frecuencia relevante, que corresponde a la amplitud P_x .

Usar la amplitud del valor cuadrático medio RMS del área del pico en una transformada TRF, o usar la amplitud del procedimiento seno y coseno como P_x , tendrá como resultado diferentes coeficientes de polinomio k_0, \dots, k_3 . No obstante, 5 ambos procedimientos proporcionarán resultados precisos. Se considera que el procedimiento TRF necesita más muestras a fin de lograr una precisión suficiente, que el procedimiento de seno y coseno.

El valor T puede ser calculado regularmente durante el 10 uso del vehículo y almacenado en una anotación para una posible evaluación en una ocasión regular de servicio, o en particular si el conductor se dirige a un taller sospechando que algo está mal en el vehículo. De forma alternativa, el valor T puede ser usado cuando se evalúa el funcionamiento de 15 vehículos acabados de producir, para evaluar que el par motor alcanza las especificaciones deseadas. En ambos ejemplos, el valor T puede compararse con un valor de referencia T_{ref} que se determina al producir T para un número de vehículo de referencia.

20 Si los valores de T son anotados, la apariencia de T a lo largo del tiempo puede usarse para detectar una pérdida de potencia y decidir si el motor cumple o no requisitos predeterminados.

Los parámetros de polinomio k_0, k_1, k_2 y k_3 necesitan 25 determinarse para diferentes situaciones. Probablemente pueden juntarse motores y vehículos en grupos, conteniendo cada grupo motores y vehículos con el mismo comportamiento de par y usar las mismas constantes de polinomio. Para

determinar los parámetros de polinomio, el par real T puede ser medido usando por ejemplo un dinamómetro, y ser comparado a la expresión matemática de T en un número de puntos de medición que sean suficientes para establecer un sistema de 5 ecuaciones a partir del cual los valores de las constantes pueden ser derivados.

EJEMPLO:

Para la evaluación del modelo propuesto, se hicieron unas mediciones de par usando un dinamómetro en un banco de 10 pruebas de motores y se usaron para calcular las constantes de polinomio k_0 , k_1 , k_2 y k_3 usando el polinomio $T = k_0 + k_1 \cdot P_x + k_2 \cdot n + k_3 \cdot n \cdot P_x$, y el procedimiento seno coseno (serie de Fourier) descrito anteriormente para calcular P_x . Se hicieron mediciones adicionales de par usando el dinamómetro 15 y se compararon con los resultados obtenidos usando las constantes resultantes del polinomio.

Dado que en este caso, el motor es un motor de seis cilindros y cuatro tiempos, el orden preseleccionado $x=3$, siendo éste el número de cilindros/2.

20 Se hicieron mediciones bajo tres condiciones diferentes de prueba:

A) Motor estándar, sin modificaciones

B) Un inyector modificado para proporcionar un 20% menos de flujo en el cilindro 3. Esto proporcionaría 25 una pérdida de par de aproximadamente el 3,5%.

C) Dos inyectores modificados para proporcionar un 20% menos de flujo en los cilindros 3 y 6. Esto

proporcionaría una pérdida de par de aproximadamente el 7%.

Los pares fueron medidos usando el dinamómetro y los vectores velocidad fueron obtenidos usando mediciones de tiempo de paso de dientes del volante en 64 condiciones diferentes de carga con velocidades desde 1000 rpm hasta 1800 rpm en etapas de 100 rpm, y cargas desde el 65% hasta el 100% en etapas del 5% para cada condición de prueba. La figura 2 es un diagrama que muestra las cargas medidas a diferentes velocidades del motor.

A partir de las mediciones se determinaron las constantes de polinomio de la expresión $T_{meas} = k_0 + k_1 * P_x + k_2 * n + k_3 * n * P_x$. P_x fue calculado usando el procedimiento seno y coseno para $x=3$. T_{meas} son los pares medidos usando el dinamómetro. A fin de aumentar la precisión de los coeficientes, se estableció la ecuación para un número de pares medidos, y los valores medios de las constantes de polinomio calculadas para cada par medido, se usaron para determinar las constantes de polinomio para usar en el posterior cálculo de par.

El modelo fue probado mediante la comparación de valores adicionales medidos con el dinamómetro en el banco de motor, con valores calculados usando el modelo $T = k_0 + k_1 * P_x + k_2 * n + k_3 * n * P_x$, para el orden seleccionado de $x=3$, y de nuevo usando el procedimiento seno y coseno para determinar P_x a partir de las velocidades del motor medidas.

El par calculado frente al medido está trazado en la figura 3. Como se puede ver, los valores calculados de

acuerdo con el polinomio anterior, son buenos representantes de los valores medidos. Se halló una precisión mejor al 3% cuando se usan modelos de acuerdo con la invención en el área de una velocidad del motor de 1000 a 1800 rpm, y una carga de 5 65 a 100%. El modelo de polinomio proporciona buenos resultados para el motor sin modificar y para los motores modificados, lo que demuestra que el procedimiento también es útil para medir par cuando tiene lugar un fallo de algún tipo en el motor.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para producir un valor T que es representativo del par motor medio generado en un cigüeñal de un motor de combustión interna, que comprende las etapas de
- 5 - producir un vector velocidad que incluye valores que son representativos de velocidades instantáneas del motor durante un periodo de muestreo,
- determinar una velocidad media del motor n durante dicho periodo de muestreo a partir del vector velocidad,
- 10 - determinar un valor P_x , que es representativo de la contribución de la potencia del vector velocidad en la frecuencia $x \cdot n$, donde x es un orden preseleccionado,
- y producir un valor T que es representativo del par motor medio en el cigüeñal durante dicho periodo de muestreo,
- 15 en el que T se deriva de una expresión matemática que incluye un polinomio que tiene al menos un término $k \cdot n \cdot P_x$, en el que k es una constante del polinomio.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en la que T se deriva de una expresión matemática que incluye el
- 20 polinomio: $k_0 + k_1 \cdot P_x + k_2 \cdot n + k_3 \cdot n \cdot P_x$, donde k_0 , k_1 , k_2 y k_3 son constantes de polinomio.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en la que $T = k_0 + k_1 \cdot P_x + k_2 \cdot n + k_3 \cdot n \cdot P_x$, donde k_0 , k_1 , k_2 y k_3 son constantes de polinomio.
- 25 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el orden seleccionado $x = (\text{el número de cilindros del motor})/2$.

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el motor es un motor de dos tiempos, y el orden seleccionado x es igual al número de cilindros.

5 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho periodo de muestreo corresponde a al menos 10 giros del motor.

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho vector velocidad
10 comprende unos valores t que son representativos de velocidades instantáneas del motor de combustión que son los pasos de tiempo entre referencias indexadas de giros consecutivos dispuestas en conexión a un volante o cigüeñal del motor de combustión.

15 8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que el procedimiento comprende una etapa de compensación cuando se genera el vector velocidad, en la que se compensan los efectos de cualquier irregularidad en la disposición de las referencias indexadas de giro.

20 9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el valor P_x que representa la contribución de potencia para la frecuencia $x \cdot n$, se determina usando una transformación de fase y amplitud del vector velocidad.

25 10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el valor P_x que representa la contribución de potencia para la frecuencia

$x \cdot n$, se determina usando un análisis de series de Fourier del vector velocidad.

11. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la amplitud P_x se determina resolviendo un sistema de 5 ecuaciones: $[A] \times [C] = [V]$, en el que V es el vector velocidad que contiene f muestras, y A es una matriz para k órdenes

$$10 \quad A = \begin{bmatrix} 1 & \text{sen}(\pi) & \text{cos}(\pi) & \text{sen}(2\pi) & \dots & \text{cos}(k2\pi) \\ 1 & \text{sen}(\pi/2) & \text{cos}(\pi/2) & \text{sen}(2\pi/2) & & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \text{sen}(\pi/f) & \text{cos}(\pi/f) & \text{sen}(2\pi/f) \dots \text{cos}(k2\pi/f) \end{bmatrix}$$

$$15 \quad C = \begin{bmatrix} a_0/2 \\ a_1 \\ b_1 \\ a_2 \\ b_2 \\ \dots \\ \dots \\ a_k \\ b_k \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \dots \\ \dots \\ t_f \end{bmatrix}$$

20

para los coeficientes a_x y b_x del orden preseleccionado x , y se obtiene la amplitud $P_x = \sqrt{a_x^2 + b_x^2}$.

12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho valor P_x se 25 determina mediante el uso de una Transformada Rápida de Fourier para la transformación de fase y amplitud del vector velocidad.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que P_x se determina trazando de la Transformada Rápida de Fourier del vector velocidad y determinando el valor cuadrático medio (RMS) del área bajo un pico en la frecuencia $x \cdot n$.

5 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos valores t se toman en un intervalo de muestras con una duración inferior o igual a 10 microsegundos, preferentemente inferior o igual a 1 microsegundo.

10 15. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho valor T es representativo del par motor medio en las condiciones de carga durante el periodo de muestreo, siendo seleccionadas dichas condiciones de carga de manera que corresponden a al
15 menos un 50% de carga, preferentemente a al menos el 60% de carga.

 16. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho valor T es representativo del par motor medio en las velocidades del
20 motor usadas durante el periodo de muestreo, siendo seleccionadas dichas velocidades del motor para que sean al menos 1000 rpm.

 17. Procedimiento para evaluar el funcionamiento de un motor, que comprende las etapas de

25 - producir un valor T según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16,

 - comparar el valor T con un valor de referencia T_{ref} que sea representativo del par motor de un motor estándar.

18. Dispositivo para la producción de un valor T que es representativo del par motor medio generado en un cigüeñal de un motor de combustión interna, que comprende un

dispositivo medidor para medir velocidades instantáneas
5 del motor durante un periodo de muestreo,

medios de cálculo para producir un vector velocidad de valores que son representativos de las velocidades instantáneas del motor, medidas durante dicho periodo de muestreo,

10 medios de cálculo para derivar una velocidad media del motor n durante dicho periodo de muestreo usando el vector velocidad,

medios de cálculo para derivar un valor P_x que es representativo de la contribución de potencia del vector
15 velocidad para la frecuencia $x \cdot n$, donde x es un orden pre-seleccionado, y

medios de cálculo para derivar el valor T deseado que es representativo del par motor medio en el cigüeñal durante dicho periodo de muestreo, en el que T se deriva de una
20 expresión matemática que incluye un polinomio que tiene al menos un término $k \cdot n \cdot P_x$, en el que k es una constante de polinomio, almacenada en una memoria.

19. Dispositivo según la reivindicación 18, en el que el dispositivo medidor comprende un sensor que está dispuesto
25 para la detección del paso de referencias indexadas de giros consecutivos, dispuestas en conexión a un volante o un cigüeñal del motor, siendo dichos pasos de tiempo los valores

t del vector velocidad que son representativos de velocidades instantáneas del motor.

20. Dispositivo según la reivindicación 19, en el que el dispositivo medidor comprende unos medios de cálculo para 5 determinar la velocidad entre dichas referencias indexadas de giros consecutivos.

21. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 18 a 20, que comprende unos medios de cálculo para calcular una etapa de compensación cuando se 10 genera el vector velocidad, en la que se compensan los efectos de cualquier irregularidad en la disposición de las referencias indexadas de giro.

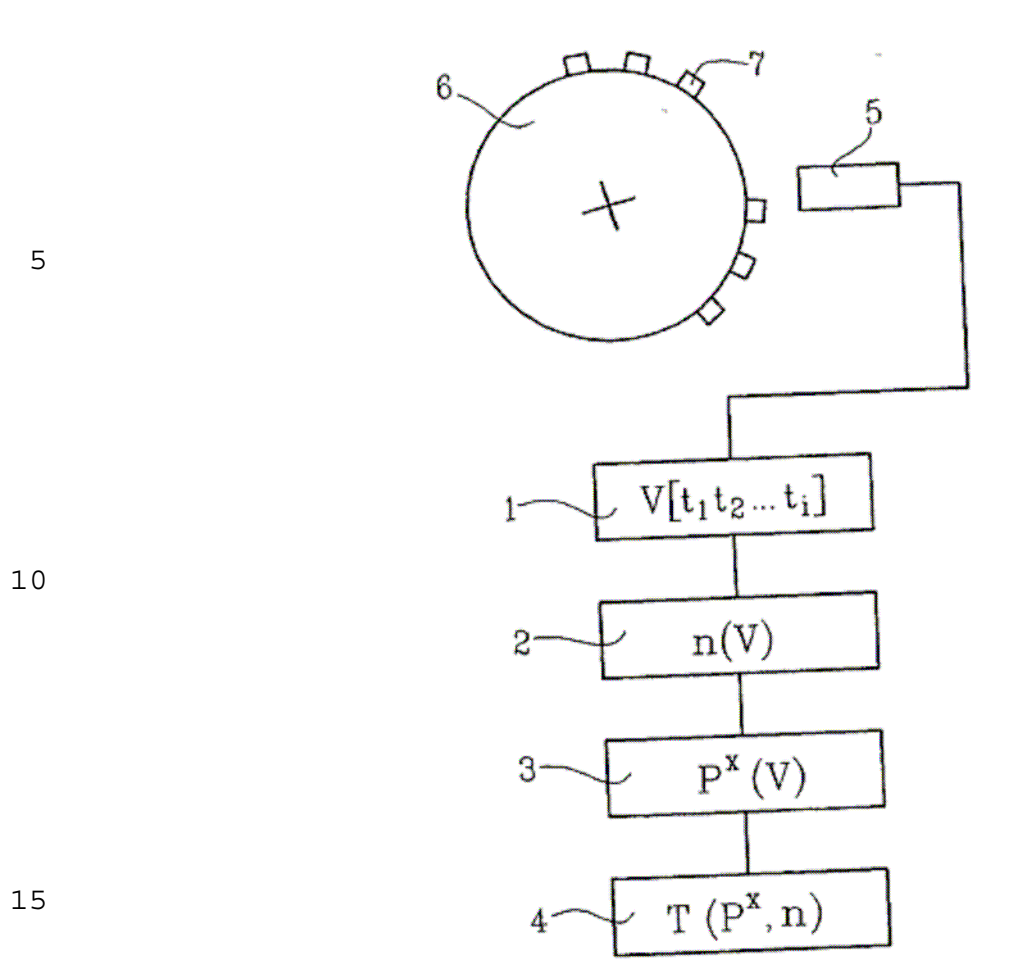


Fig. 1

5

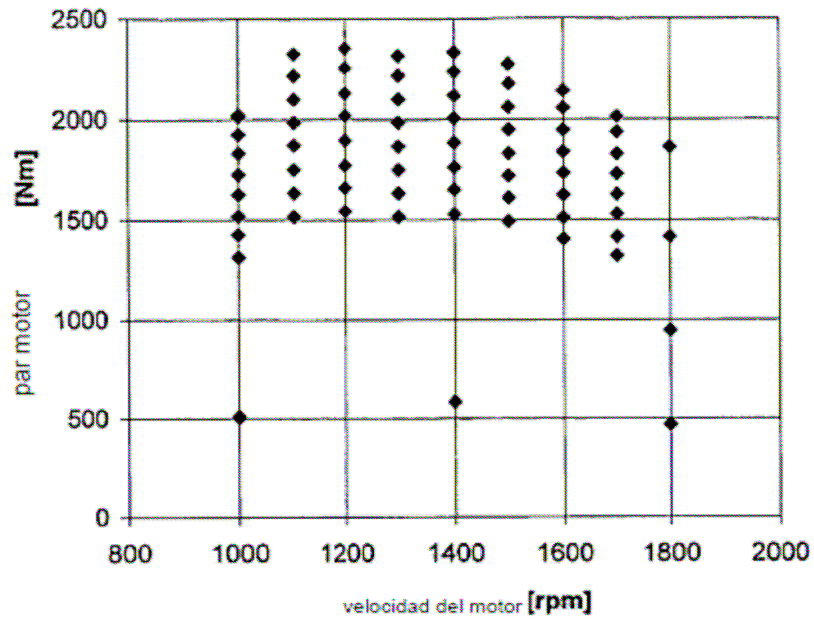


Fig. 2

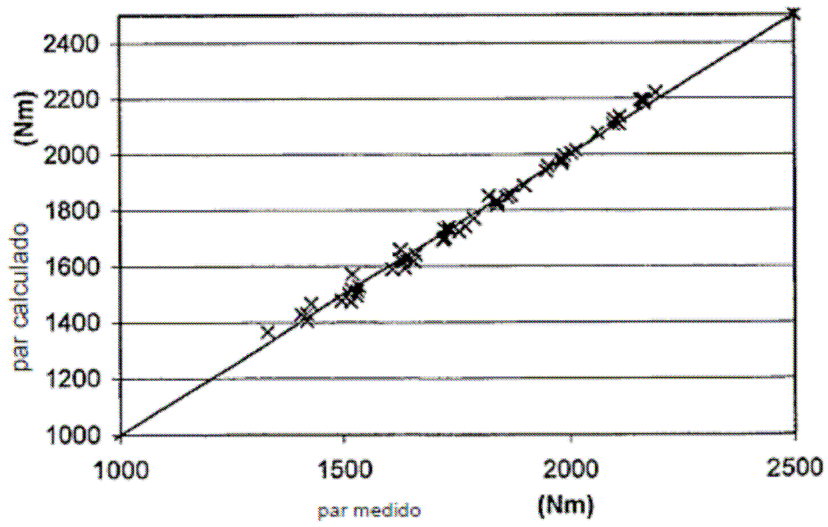


Fig. 3