



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 292 318**

⑫ Número de solicitud: 200502418

⑤① Int. Cl.:
F02D 41/22 (2006.01)
F02D 41/30 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫② Fecha de presentación: **27.09.2005**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **01.03.2008**

Fecha de la concesión: **21.01.2009**

⑫⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **16.02.2009**

⑫⑤ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.02.2009

⑦③ Titular/es: **Universidad Politécnica de Valencia**
CTT-Edificio 6G - Camino de Vera, s/n
46022 Valencia, ES

⑦② Inventor/es: **Payri González, Francisco;**
Desantes Fernández, José María;
Luján Martínez, José Manuel y
Guardiola García, Carlos

⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados.**

⑤⑦ Resumen:

Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados.

Consiste en detectar la señal correspondiente a la velocidad del turbocompresor mediante un sensor y el posterior análisis de la señal para detectar el fallo en la inyección. La captación de la señal correspondiente a la velocidad del turbocompresor se puede efectuar de forma sincronizada con el ángulo de giro del eje del motor, de forma que conocido el orden de encendido, permite detectar en que cilindro se produce el fallo de la inyección.

ES 2 292 318 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de detección de fallos en la inyección de motores de combustión turboalimentados.

5 Objeto de la invención

La presente invención se centra en el campo de los motores de combustión turboalimentados y más concretamente en sus sistemas de inyección.

10 Es objeto de la invención un procedimiento concebido para detectar la existencia de fallos en el sistema de inyección basado en la utilización del régimen instantáneo del turbogrupo.

Antecedentes de la invención

15 Han sido desarrollados gran variedad de métodos para la detección de fallos de inyección y combustión debido a la necesidad de que los fabricantes de motores deben de superar diferentes legislaciones existentes.

Hay que hacer notar que más allá de la detección total de fallo en la inyección, estas técnicas han sido enfocadas a la detección parcial de fallos o desigualdades en la distribución del combustible.

20 En el caso de los motores Diesel de nueva generación, las diferencias en el combustible inyectado en cada cilindro puede aparecer debido a:

- 25 • Errores relacionados con el diámetro del agujero: las discrepancias en el área eficaz de los orificios del inyector implican una diferencia en la tasa total de inyección.
- Errores relacionados de la dinámica del inyector: este error afecta especialmente en el caso de inyecciones de corta duración (tales como pueden ser la inyección piloto o las post-inyecciones), donde las dinámicas de la aguja no pueden suponerse insignificantes.
- 30 • Variaciones en la presión de inyección del combustible: oscilaciones en la presión de raíl causadas por el proceso de vaciado y el llenado pueden afectar la presión efectiva en la línea de inyección, creando diferencias no insignificantes en la inyección de cada cilindro.

35 De los factores anteriormente expuestos, los debidos a las discrepancias de los orificios y a las dinámicas de los inyectores, se relacionan con las discrepancias en la fabricación y el envejecimiento de los inyectores.

Las discrepancias en la fabricación deben de ser analizadas con el objetivo de que éstas se encuentren por debajo de unos límites, resultando un encarecimiento elevado del proceso de fabricación. Estas discrepancias, están presentes incluso en diferentes agujeros dentro de un mismo inyector.

45 El envejecimiento del inyector puede causar variaciones en los diámetros de los orificios de los inyectores (erosión o depósitos de combustible) o errores dinámicos en el funcionamiento, lo cual afecta a la masa de combustible inyectada. Este efecto inevitablemente no puede ser evitado, y puede causar un mal funcionamiento del motor.

Desde el punto de vista de los principios de detección de fallos de inyección, la medida de la presión en cámara se presenta como una solución perfecta para el diagnóstico de la combustión y de la inyección; sin embargo, sensores específicos que proporcionen esas medidas son caros y provistos de errores computacionales importantes.

50 Como consecuencia, se han detectado varios métodos alternativos de detección de fallos de inyección. Los métodos convencionales se basan fundamentalmente en la evolución instantánea de la velocidad del cigüeñal, mientras que algunos autores han propuesto el uso de la sonda lambda, medidas de la presión de escape, o vibraciones del bloque.

55 En relación con el análisis de la variación de la velocidad del cigüeñal durante un ciclo de motor hay que hacer notar que el proceso de combustión produce una aceleración en el eje motor, por lo que el perfil de la velocidad se verá afectado por las irregularidades en la inyección.

Se han desarrollado varios métodos en relación con esta técnica, incluyendo aproximaciones lineales y no lineales. Algunas ventajas de este tipo de métodos son las siguientes:

- 60 • El sensor de velocidad del cigüeñal se encuentra en fase con la inyección, esta circunstancia supone que el coste computacional sea muy bajo.
- Las técnicas basadas en la velocidad del cigüeñal muestran una buena relación señal-ruido para bajas velocidades de motor.
- 65 • Este tipo de técnicas producen una suavidad en el funcionamiento del motor.

Las desventajas de este tipo de técnicas son las siguientes:

- ☐ El perfil de velocidades del cigüeñal se ve modificado debido a las diferentes vibraciones y la carga del motor.
- ☐ Las fuerzas de inercia enmascaran la señal a altas velocidades de motor.

Así pues, las técnicas basadas en la medida de la velocidad del cigüeñal están usualmente limitadas a bajas velocidades, y por lo tanto a motores con velocidades moderadas.

Debido a las limitaciones que presentan las técnicas basadas en la medida de la velocidad del cigüeñal en todo el rango de funcionamiento del motor, algunas alternativas han sido propuestas en revistas especializadas. Los principales principios que emplean estas técnicas para la detección son:

- Análisis de la presión en cámara.
- Presión instantánea de escape.
- Concentración instantánea de oxígeno.
- Par instantáneo.
- Ruidos de combustión.
- Vibración del bloque.
- Medida de la temperatura en cada uno de los cilindros.

Ninguna de estas técnicas ha sido empleada en la fabricación de motores, pero diferentes autores apuntan sus ventajas en comparación a las técnicas convencionales. Muchas de las citadas anteriormente tienen como principal ventaja que pueden ser empleadas en todo el rango de funcionamiento del motor.

Descripción de la invención

El procedimiento de detección de fallos en la inyección de motores de combustión turboalimentados que constituye el objeto de esta invención propone como principal característica llevar a cabo la toma de medidas de la velocidad del turbogrupo como alternativa a la medida de la presión de los gases de escape.

Se ha demostrado que los pulsos de la presión de escape tienen una incidencia directa en los pulsos de presión a la entrada de la turbina, lo cual afecta a la evolución instantánea de la velocidad del turbogrupo.

Como la presión de escape se ve afectada por la distribución del combustible en los diferentes inyectores, el perfil de velocidad del turbogrupo se verá consecuentemente afectado. Este hecho, nos indica que podría ser posible el diagnóstico del proceso de inyección de combustible mediante la medida de la velocidad del turbogrupo.

Hay que hacer notar que la medida de la velocidad instantánea es equivalente a la medida de las variaciones de la energía disponible en la entrada de la turbina. Esta energía se relaciona con la presión de escape y la temperatura, esto quiere decir que se puede encontrar un acoplamiento directo entre la pulsación y la presión. Consecuentemente, un modelo de estimación de la presión se puede deducir de la medida de la velocidad instantánea del turbogrupo.

En comparación con la medida de la presión de escape, la medida de la velocidad del turbogrupo no necesita de un sensor refrigerado, ya que la medida puede ser realizada con dispositivos digitales instalados en el compresor o el eje del turbogrupo, por lo que es posible evitar la alta temperatura de funcionamiento. Además, el uso de sistemas digitales se adapta perfectamente a la medida de velocidades, por lo que supone una solución robusta.

Para la medida del régimen instantáneo del turbogrupo se puede utilizar un sensor basado en corrientes de Foucault enfrenteado a las palas bien del compresor, bien de la turbina, o al eje del turbogrupo. Otras posibilidades incluyen el uso de captadores ópticos o de efecto may (en la turbina).

En el caso de captadores por corrientes de Foucault, la bobina, es excitada con un pulso de corriente el cual la carga y descarga. Las diferencias en los tiempos de carga y descarga de la bobina indican que la pala del compresor se encuentra enfrenteada a la bobina. El tiempo transcurrido entre el paso de dos palas consecutivas permite determinar la velocidad instantánea del turbogrupo. Para evitar la influencia de las discrepancias de fabricación en el ángulo de las diferentes palas del compresor, se considera tomar la medida para una vuelta completa del compresor en lugar de entre el paso de una pala y la inmediatamente posterior. La frecuencia en la excitación del sensor dicta la resolución obtenida en la medida de velocidad del turbogrupo; valores usuales van de 750 kHz (con baja resolución) a 5 MHz.

Si se dispone un sistema de adquisición que permita registrar la evolución del régimen instantáneo del turbogrupo durante un ciclo del motor es posible detectar la existencia de fallos de inyección: una anomalía en la inyección afectará el pulso energético asociado al proceso de escape del cilindro afectado, produciendo una aceleración en el régimen del turbogrupo diferente de los pulsos del resto de cilindros.

Si la adquisición se realiza de forma sincronizada con el ángulo girado por el motor, y se conoce el orden de encendido del mismo, es posible detectar el cilindro que está fallando.

La detección se puede realizar mediante un tratamiento de los datos tanto en el dominio tiempo como en el dominio frecuencia (mediante una transformada discreta de Fourier):

- En el primer caso se analiza la aceleración instantánea del turbogrupo en cada uno de los pulsos correspondientes a cada cilindro. Diferencias entre ellos estarán asociadas a fallos de inyección. El uso de filtros puede ser necesario para obtener una estimación robusta de la aceleración ante el ruido de medida.
- En el segundo caso se analizarán las frecuencias múltiplos del ciclo del motor (la mitad del régimen de giro para un motor de cuatro tiempos), inferiores a la frecuencia de encendido. El aumento del contenido en estas frecuencias indicará la existencia de fallos de inyección.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra un ejemplo de montaje de un captador para la medida del régimen del turbogrupo.

Figuras 2.1 y 2.2.- Muestran una representación gráfica de la evolución del régimen del turbogrupo en el dominio del tiempo durante un ciclo de motor para un motor sin fallos de inyección (Figura 2.1) y con un fallo de inyección en uno de los cilindros (Figura 2.2).

Figuras 3.1 y 3.2.- Muestra la representación de los datos de las figuras 2.1 y 2.2 en el dominio de la frecuencia.

Figura 4.- Muestra una representación gráfica de la variación de la frecuencia en función de la variación de una magnitud asociada a la provocación del fallo en la inyección.

Ejemplo de realización de la invención

Se han llevado a cabo ensayos en dos motores Diesel; el primero de ellos es un motor diesel de 11 litros y seis cilindros, y el segundo motor es de 1.9 litros y cuatro cilindros. Ambos están equipados con un sistema de inyección *common rail*, que permite la variación de la inyección en cada uno de los cilindros de forma arbitraria. En cada ensayo se tomaron medidas de temperaturas, presión y flujo total de combustible, así como de la velocidad instantánea del turbogrupo, sensor que se montó según muestra la Figura 1.

El motor fue ensayado en condiciones nominales sin fallo alguno en el sistema de inyección desde 1200 a 1800 rpm, y con diferentes grados de carga. Para cada punto de funcionamiento, se realizaron ensayos adicionales con fallos de inyección de diferente magnitud. Las figuras 2.1 y 3.1 muestran ejemplos de la evolución de la velocidad del turbogrupo sin fallo y las figuras 2.2 y 3.2 muestran la evolución de la velocidad en el caso de que haya un fallo de inyección. Puede verse claramente la existencia de asimetrías en el caso de aparecer un fallo en la inyección.

En las figuras 3.1 y 3.2 se muestra el efecto del fallo en el dominio de la frecuencia, observándose en la figura 3.2 el aumento de la frecuencias en el caso de aparecer fallos en la inyección.

Para el segundo motor se realizaron múltiples ensayos entre 1250 y 4000 rpm, variando la magnitud del fallo. Para cada ensayo se analizó el perfil del régimen del turbogrupo en el dominio de la frecuencia, obteniéndose los resultados mostrados en la figura 4, donde se observa que la variación del incremento de la velocidad es proporcional a la variación de una magnitud asociada a la provocación de un fallo, tanto para el primer armónico $f=f_c$ como para el segundo armónico $f=2f_c$.

Además, el sistema resulta lineal independientemente del punto de funcionamiento escogido. Al considerar diferentes velocidades del motor se consigue una ganancia constante, dando mejores resultados que los obtenidos por técnicas convencionales con las que se obtienen muchas imprecisiones para velocidades de motor elevadas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados **caracterizado** porque comprende la captación de la señal correspondiente a la velocidad del turbocompresor.

2. Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados según reivindicación 1 **caracterizado** porque la captación de la, señal correspondiente a la velocidad del turbocompresor se efectúa de forma sincronizada con el ángulo de giro del eje del motor para detectar en qué cilindro se produce el fallo de la inyección.

3. Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados según reivindicación 1 **caracterizado** porque la captación de la señal correspondiente a la velocidad del turbocompresor se efectúa mediante un sensor.

4. Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados según reivindicación 1 **caracterizado** porque la captación de la señal se efectúa para una vuelta completa del turbocompresor.

5. Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados según reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque el sensor se enfrenta a las palas del compresor.

6. Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados según reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado** porque el sensor se enfrenta a las palas de la turbina.

7. Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados según reivindicaciones 3 a 6 **caracterizado** porque el funcionamiento del sensor está basado en las corrientes de Foucault.

8. Procedimiento de detección de fallos en la inyección en motores de combustión turboalimentados según reivindicación 1 **caracterizado** porque tras la captación de la señal correspondiente a la velocidad del turbocompresor se efectúan las fases de:

- filtrado de la señal,
- análisis de la señal en el dominio del tiempo o de la frecuencia para detección de fallo en la inyección para frecuencias de ciclo superiores a un valor nominal preestablecido.

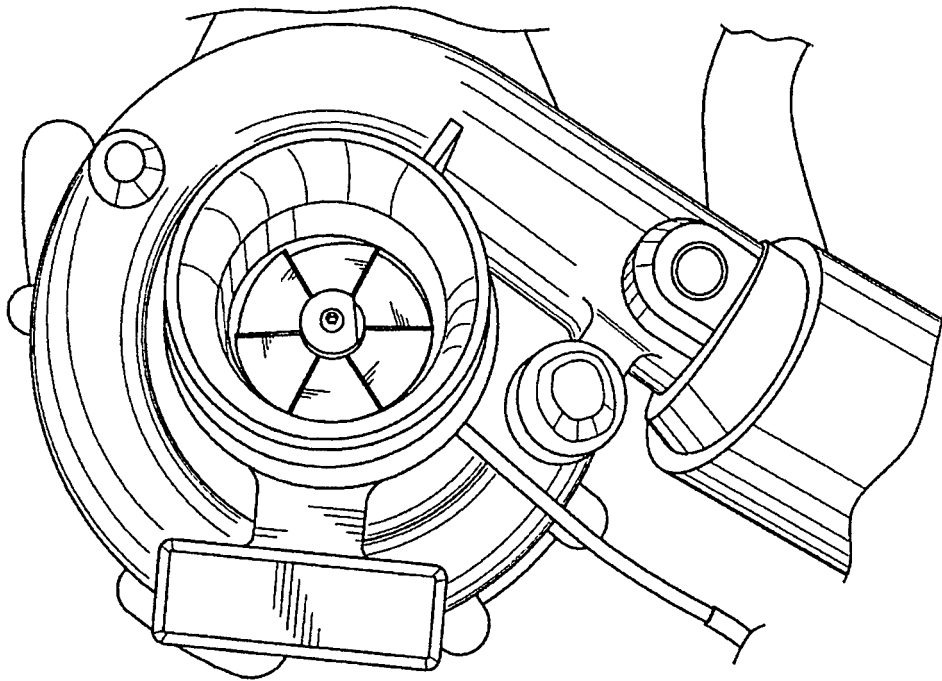


FIG. 1

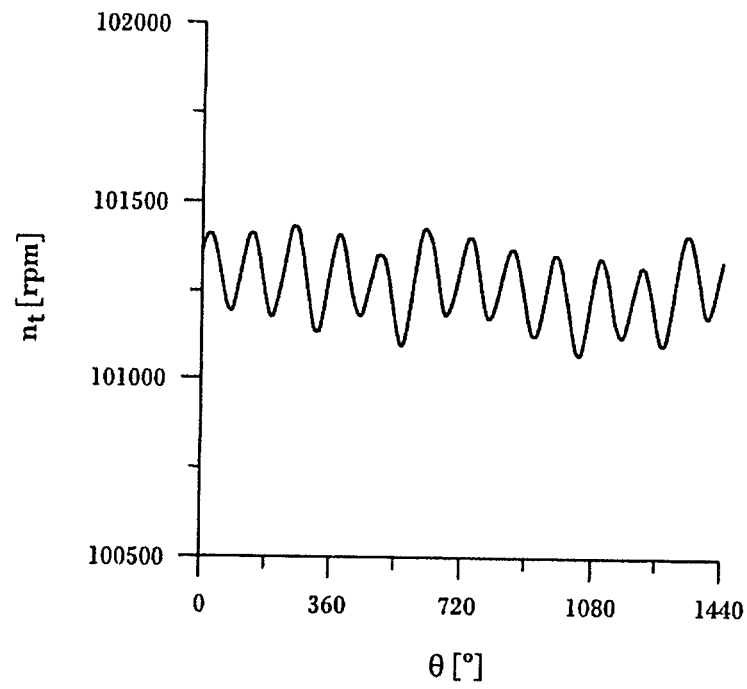


FIG. 2.1

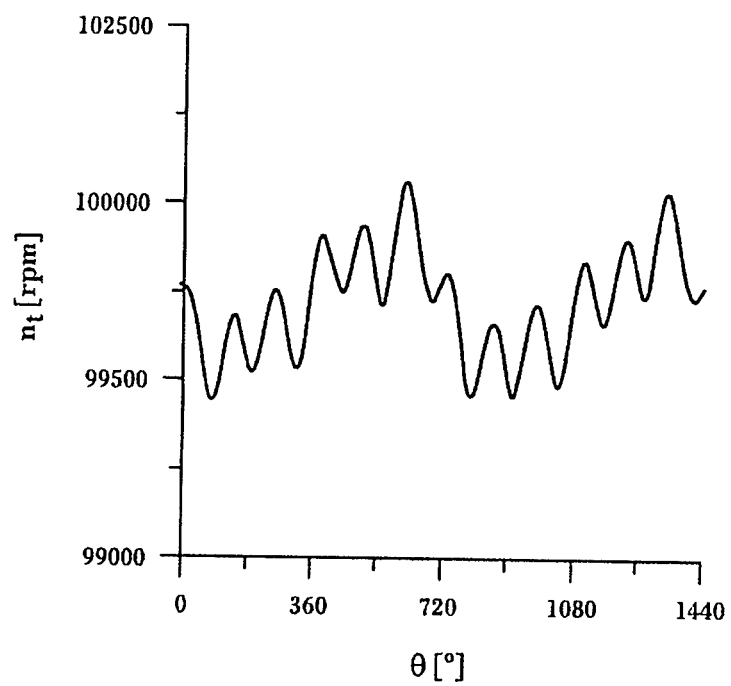


FIG. 2.2

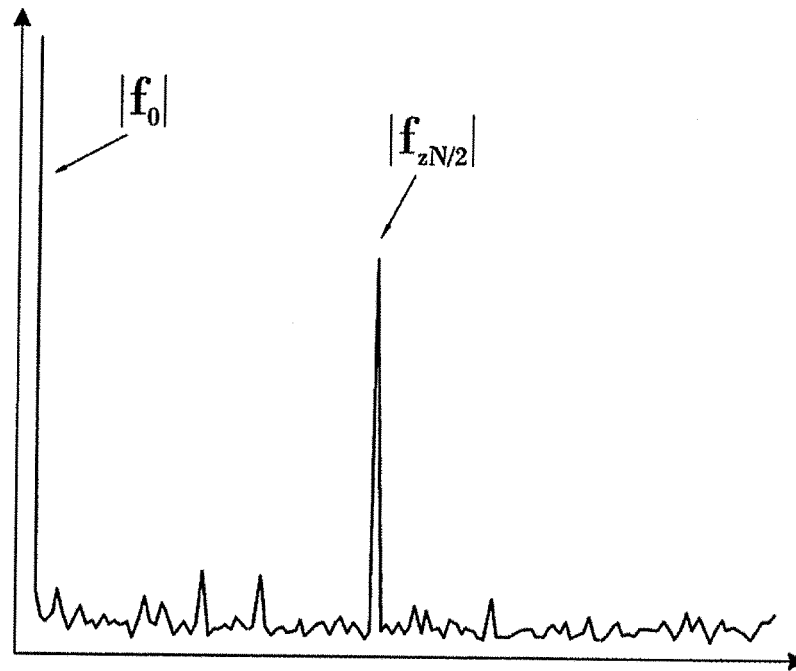


FIG. 3.1

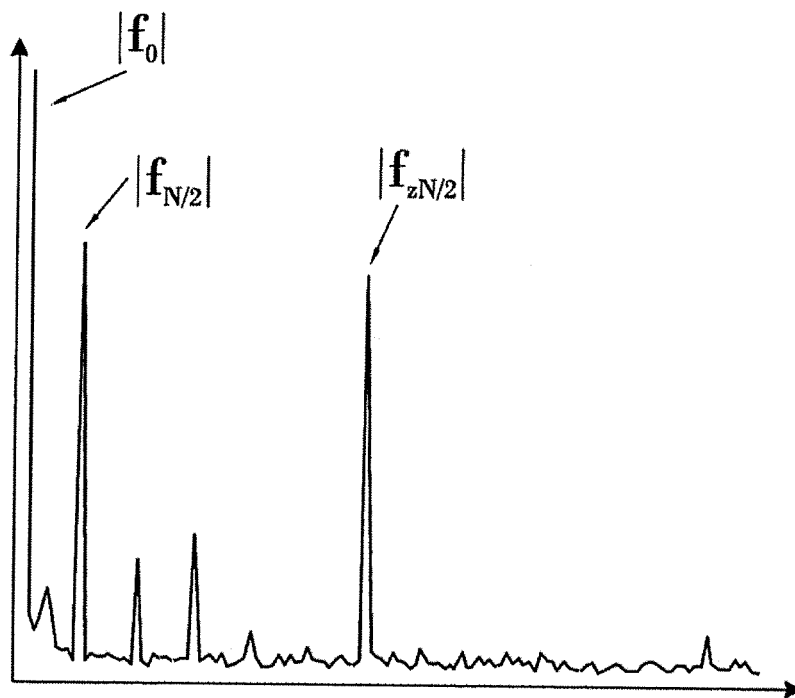


FIG. 3.2

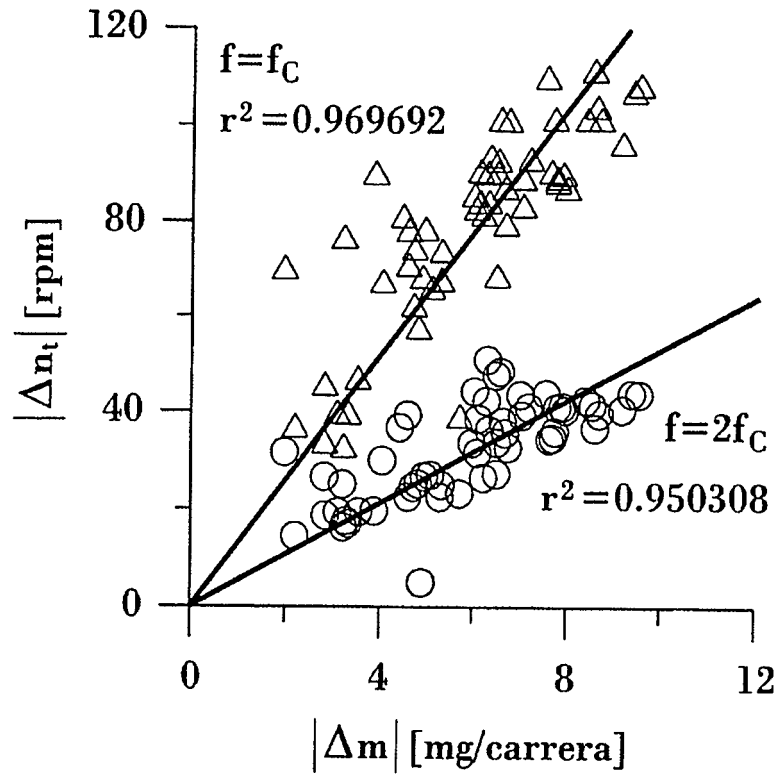


FIG. 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 292 318

⑫ Nº de solicitud: 200502418

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 27.09.2005

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: **F02D 41/22** (2006.01)
F02D 41/30 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 0129386 A1 (BOSCH GMBH ROBERT; BAEUERLE MICHAEL; RIES MUELLER KLAUS) 26.04.2001, resumen; figura 1.	1,3
A	JP 3210044 A (NISSAN MOTOR; HITACHI LTD) 13.09.1991, resumen; figuras.	1
A	EP 0024531 A2 (MASCHF AUGSBURG NUERNBERG AG) 11.03.1981, resumen; figuras.	1

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
05.02.2008

Examinador
J. Galán Mas

Página
1/1