

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 155 000**

⑫ Número de solicitud: 009802675

⑤① Int. Cl.⁷: G01P 3/48

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫② Fecha de presentación: **23.12.1998**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2001**

⑫③ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.04.2001

⑦① Solicitante/s:
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
Avda. de la Universidad 30
28903 Leganés, Madrid, ES

⑦② Inventor/es: **Pérez Díaz, José Luis y**
Díaz López, Vicente

⑦④ Agente: **No consta**

⑤④ Título: **Teletacómetro acústico robusto, automático, en tiempo real, de máxima resolución y universal para motores de explosión.**

⑤⑦ Resumen:

Teletacómetro acústico robusto, automático, en tiempo real, de máxima resolución y universal para motores de explosión.

La presente invención se refiere a un sistema o dispositivo (1) para la medida a distancia y en tiempo real, con la máxima resolución físicamente posible, de la velocidad de giro del cigüeñal de cualquier tipo de motor de explosión, tanto si se trata de motores tipo Otto como si se trata de motores tipo Diesel, caracterizado por captar mediante un micrófono y analizar en tiempo real el sonido o ruido emitido por el motor. La medida puede realizarse sin necesidad de severos controles en la posición de medida ni sobre el ruido de fondo puesto que el propio sistema es robusto frente a interferencias sonoras y a cambios de nivel de presión sonora. Además, una vez seleccionado el tiempo de respuesta del sistema, la resolución de la medida es la máxima físicamente posible.

La presente invención es, especial aunque no exclusivamente, de aplicación en diversos procedimientos y pruebas en la Inspección Técnica de Vehículos.

En la figura se muestra como ejemplo un vehículo (2) inspeccionado no incluido en la invención.

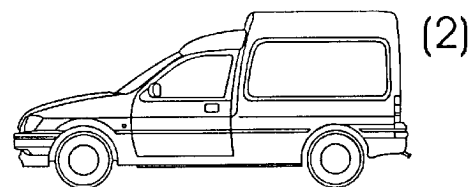


Fig. 1

DESCRIPCION

Teletacómetro acústico robusto, automático, en tiempo real, de máxima resolución y universal para motores de explosión.

Sector de la técnica

La presente invención se refiere a un sistema o dispositivo para la medida a distancia y en tiempo real, con la máxima resolución físicamente posible, de la velocidad de giro del cigüeñal de cualquier tipo de motor de explosión, tanto si se trata de motores tipo Otto como si se trata de motores tipo Diesel, caracterizado por captar mediante un micrófono y analizar en tiempo real el sonido o ruido emitido por el motor. La medida puede realizarse sin necesidad de severos controles en la posición de medida ni sobre el ruido de fondo puesto que el propio sistema es robusto frente a interferencias sonoras y a cambios de nivel de presión sonora. Además, una vez seleccionado el tiempo de respuesta del sistema, la resolución de la medida es la máxima físicamente posible.

La presente invención es, especial aunque no exclusivamente, de aplicación en diversos procedimientos y pruebas en la Inspección Técnica de Vehículos.

Estado de la técnica

En diversas aplicaciones industriales, como por ejemplo en la Inspección Técnica de Vehículos (ITV), es necesario determinar la velocidad de giro de un motor de explosión. Así, por ejemplo, en la ITV es necesario determinar la velocidad de giro del cigüeñal durante la inspección de la emisión de gases de un motor de gasolina, que debe realizarse en regímenes estacionarios 800 y a 2000 r.p.m. O, por ejemplo, debe medirse esta velocidad en la inspección de la opacidad de gases de escape de un motor Diesel, que se realiza acelerando en un rodillo. Abundando en los ejemplos, también es necesario medirla cuando se inspeccionan o calibran taxímetros.

Actualmente se emplean para la medida de la velocidad de giro del cigüeñal de motores tipo Otto sondas que, introducidas en compartimento del motor, detectan la corriente que se produce con la chispa en la bujía y deducen, por ello, el número de explosiones por unidad de tiempo. Este procedimiento, por estar basado en la corriente de la chispa, sólo es aplicable a motores de tipo Otto y no a motores Diesel. En los Diesel actualmente se recurre a la instalación de un tacómetro específico en el propio cigüeñal puesto que el tacómetro del propio vehículo no ofrece ni la precisión ni la garantía de calibración necesarias para el proceso de inspección.

Estos procedimientos de instalación implican, en el caso de vehículo automóviles, abrir el compartimento del motor, instalar la sonda con sus cables y, posteriormente a la medida propiamente dicha, retirar sondas y cables y cerrar el capó. Todo esto con el consiguiente consumo de tiempo y riesgo de accidente nada despreciable.

Parece, pues, interesante el desarrollo de un tacómetro universal que sirva para ambos tipos de motores, que, además, no exija el contacto físico con el vehículo ni la instalación de ninguna sonda y que tenga la suficiente rapidez de respuesta y precisión para su empleo en la ITV.

De esta forma, teletacómetros que no requieren el empleo de sondas comenzaron a realizarse para motores de tipo Otto captando la emisión electromagnética causada por la corriente de la chispa. De este tipo y, por consiguiente, sólo aplicables a motores de tipo Otto, son las patentes de los Estados Unidos n° 3601773, n° 3811089, n° 3942113, n° 5151654 y n° 5043659 y del Japón 1-78305 (correspondiente a la de los Estados Unidos n° 5109191). Aunque estos tienen la característica de la telemedida sin contacto tienen como gran inconveniente su incapacidad de medir en un motor Diesel debida a la magnitud física elegida para la medida.

Por otro lado la medida de la velocidad de giro del cigüeñal de un motor Diesel se pretendía simplificar en técnicas anteriores mediante el uso de sensores alternativos a la instalación de un tacómetro en el eje. Así, en la patente de los Estados Unidos n° 4173896 se intenta el empleo de un sensor electrostrictivo en el conducto de alimentación de la inyección que mide la presión del combustible; en las patentes de Japón n° 54-96360 y de los Estados Unidos n° 4328706 se intenta también el empleo de un sensor de presión pero situado en el aceite del motor; mientras que en las patentes de la República Federal Alemana n° WO89/01623, de Japón 52-123292 y de los Estados Unidos n° 5216881 se sitúa el sensor de presión en los gases de escape. Todos estos, que consiguen medir velocidades en motores Diesel, tienen como gran desventaja la necesidad de introducción de sondas.

Simultáneamente y por primera vez, en la patente de la República Federal Alemana n° 2141068 y de los Estados Unidos n° 3815426 se aplica la medida de las ondas sonoras (en este caso audibles y ultrasónicas en conjunto) para la determinación de la velocidad de giro de un husillo rápido en un mecanismo. El sistema de los citados documentos, puesto que se basa en el ruido que emite un rebaje del husillo rápido, está orientado a grandes velocidades asociadas a ultrasonidos y es fácilmente vulnerable a ruidos de fondo, debiendo además mantener fijos tanto el emisor como el receptor. Por ello no tiene la necesaria robustez para su empleo con vehículos. Además, el ancho de banda que filtra, incluyendo la región audible y de ultrasonidos, es tan grande que requiere una gran capacidad de procesamiento de datos tanto en rapidez como en almacenamiento. Esto además aumenta innecesariamente el coste.

Esta idea de emplear el sonido para la medida de la velocidad de giro es aplicada entonces en la patente de los Estados Unidos n° 4126045 al caso similar de los motores de explosión instalados en vehículos automóviles. Sin embargo dicho sistema es manual mediante comparación de tonos, requiere ajustes específicos para cada medida y requiere una estabilidad grande del régimen de giro y del nivel de presión sonora al menos mientras se ajustan los tonos. El principio que emplea para medir la frecuencia es la comparación de tonos con un generador de pulsos variable, con la consiguiente dependencia de la capacidad de resolución espectral del oído del operador.

Abundando en la idea de emplear el sonido como señal común a motores de tipos Otto y Die-

sel y que permite la medida a distancia, en la patente de los Estados Unidos n° 4452079 se propone un primer tacómetro acústico automático. En él se recoge el sonido mediante un micrófono y la señal se hace pasar por un filtro de paso banda con frecuencia central variable. Se hace variar esta frecuencia central hasta que la señal transmitida es máxima. Una vez detectada la frecuencia fundamental de la señal sonora la velocidad de giro del cigüeñal se deduce conocidos el número de cilindros y de tiempos del motor.

La desventaja de este último sistema citado es la forma de determinar la frecuencia fundamental. Puesto que el filtro va variando su frecuencia central hasta hacerla coincidir con la fundamental de la señal, se requiere un tiempo de barrido muy superior al que es necesario para que la señal se comporte como estacionaria para cada situación del filtro. De hecho, el tiempo que debe permanecer barriendo una ventana (f_0 , f_1) de ancho espectral $Df=f_1-f_0$ para poder distinguir si es mayor la componente de f_0 o la de f_1 es del orden de $1/Df$. Y esto, debido al método empleado tiene que realizarlo para cada incremento Df . Así resulta que la mayor parte del tiempo que necesita para una medida la consume en situar el filtro en zonas de frecuencia donde no está la frecuencia fundamental. Es, pues, este tacómetro solamente útil para regímenes estacionarios y muy estables del motor y siempre y cuando no varíe el nivel sonoro mientras se realiza el barrido. Ambas condiciones son muy difíciles de asegurar en el motor de un vehículo, especialmente cuando en la ITV se deben mantener pisando el acelerador a 2000 rpm en el caso del Otto o cuando se debe ir acelerando en caso del Diesel.

Más aún, y debido a lo anterior, el citado tacómetro de la patente de los Estados Unidos n° 4452079, no proporciona la máxima precisión para un tiempo de medida o, equivalentemente, no proporciona la medida de una precisión dada en el menor de los tiempos físicamente posibles. Además, no dispone de ninguna forma de controlar la estabilidad del propio régimen de giro durante la medida con lo que queda muy mermada su fiabilidad.

Por otro lado, el análisis espectral mediante transformada rápida de Fourier (FFT) se ha empleado en el análisis de vibraciones de máquinas rotativas para determinar entre otros datos útiles para el mantenimiento de los cojinetes, la propia velocidad de giro de ciertas partes de ellas como se propone en la patente de los Estados Unidos n° 5115671 y en las patentes del Reino Unido de Gran Bretaña n° 9501380, de la República Federal Alemana n° 4221035, de la Confederación Helvética n° 604177 y de los Estados Unidos n° 5646340. Es estas citadas patentes se emplea, no obstante, la señal de un acelerómetro instalado en la máquina por lo que es necesario un contacto físico con ella y la presencia de un cableado. No tienen por ello las características logradas por la presente invención. Además exigen el empleo de costosos equipos electrónicos.

Por otro lado, la medida de la frecuencia de una señal perfectamente periódica -por ejemplo sinusoidal o cuadrada- es algo perfectamente conocido por los expertos en la materia. Puede to-

marse como ejemplo de medidor de frecuencia el que se propone en el libro "Microelectrónica" de J. Millman y A. Grabel, Barcelona 1993.

Descripción de la invención

La presente invención consta de un sistema (1) para la medida en tiempo real y con la máxima resolución físicamente posible de la velocidad de giro del cigüeñal de cualquier tipo de motor de explosión mediante la captación a distancia mediante micrófono del ruido emitido por éste y el procesamiento automático y en tiempo real de la señal electrónica por éste producida; caracterizado por disponer preferentemente de un micrófono (3), de una primera etapa (4) amplificadora y acondicionadora de la señal del micrófono, de una pluralidad de etapas (5) de filtrado en diferentes pasobanda conectadas en paralelo, de una pluralidad de etapas (6) de conversión en onda cuadrada de cada una de las señales anteriores, de una etapa desmultiplexora (7) que selecciona la señal de mayor nivel de entre las de salida de los filtros, de un sistema de comparación (8) y de una etapa (9) de medida y otra (10) de exposición de la frecuencia; por lo cual además se caracteriza por ser robusto ante la presencia de otras fuentes sonoras, cambios de nivel de presión sonora o cambios en la distancia del micrófono al motor o al vehículo al que pertenezca si es el caso.

La separación de la señal original en señales filtradas en diferentes pasobanda y la selección de la onda que mayor amplitud o nivel integrado presenta, es decir la señal filtrada en la que queda el armónico fundamental, permite que la medida de la frecuencia se haga siempre sobre una onda digital y por tanto cuadrada y de amplitud independiente de la frecuencia. Además la eliminación del segundo armónico evita efectos espúreos en la conversión de la señal en onda cuadrada. Esto permite poder medir la frecuencia siempre de forma continua y con la máxima precisión.

En las etapas 9 ó 10 se incluye un circuito que realice las operaciones necesarias para convertir las unidades de frecuencia en revoluciones por minuto del motor y puede disponer de un conmutador con el que se pueda seleccionar el número de cilindros y de tiempos del motor medido. Estas operaciones son $\text{rpm}=30 \cdot c \cdot f / t$, donde rpm es la velocidad de giro del cigüeñal en r.p.m., c el número de cilindros, f la frecuencia en Hertzios de la componente fundamental de la señal del micrófono y t el número de tiempos del motor.

Algunas de las partes descritas, como por ejemplo la 9 y la 10, o por ejemplo la 7 y la 8, pueden integrarse en una sola unidad e, incluso todas ellas, podrían integrarse en un sólo circuito integrado sin apartarse de la invención.

El sistema puede ser alimentado mediante alimentación continua o mediante baterías y puede además disponer de un cierto número de indicadores de estados como por ejemplo batería baja, señal débil y señal saturada. Puede disponer además de un interruptor de encendido y de un botón de puesta a cero o "reset".

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 representa la disposición general del sistema (1) cuando se está usando para medir la velocidad de giro del motor de un vehículo (2) (no incluido este en la invención).

La figura 2 es un diagrama de bloques de los constituyentes fundamentales de una realización preferente del sistema.

Descripción de una realización preferida

En una realización preferida del sistema cuyo esquema se muestra en la figura 2 se dispone de un micrófono (1), preferentemente de condensador o de carbono, con su etapa amplificadora y acondicionadora (4). La salida de esta etapa se conecta a una batería de filtros paso banda consecutivos.

Si diseñamos, por ejemplo, el sistema para medir velocidades entre 600 y 9600 rpm en motores de cuatro tiempos cuatro cilindros, podremos emplear, por ejemplo y preferentemente, cuatro filtros paso banda entre 20 y 40 Hz, entre 40 y 80 Hz, entre 80 y 160 Hz y entre 160 y 320 Hz.

Las salidas de estos filtros se envían simultáneamente al sistema comparador (8) y a los sistemas (6) de conversión en onda cuadrada, cuyas salidas son las entradas del desmultiplexor (7). La señal de salida del desmultiplexor (7) es seleccionada mediante la señal que recibe del sistema de comparación (8) que detecta cual de ellas tiene mayor amplitud o nivel. Esta salida del desmultiplexor (7) se introduce entonces en el medidor

de frecuencia (9), el cual en la realización preferida es del tipo descrito por Millman antes citado. Para un motor de cuatro cilindros y cuatro tiempos la operación que se realiza a continuación es multiplicar la frecuencia en Herzios por un factor de 30 para conseguir la velocidad de giro en r.p.m.

El circuito de comparación está formado en la realización preferente por una pluralidad de detectores de pico (8.1) (tantos como filtros y por tanto cuatro en la realización preferida), unos comparadores lógicos (8.2) y un codificador (8.3) de lógica digital programable que produce el código de control necesario para el desmultiplexor según sean los resultados de las comparaciones realizadas por los comparadores.

Finalmente, en la realización preferida, se incluye un sistema (10) de exposición de la medida consistente en un display mediante barras luminosas que se renueva preferentemente cada 0.5 segundos.

En la realización preferente se emplea una alimentación de corriente continua de ± 12 V obtenida de un alimentador a su vez conectado a la red monofásica de alterna de 220 V.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (1) para la medida en tiempo real y con la máxima resolución físicamente posible de la velocidad de giro del cigüeñal de cualquier tipo de motor de explosión **caracterizado** por la captación a distancia mediante micrófono del ruido emitido por éste y por el procesado automático y en tiempo real de la señal electrónica por éste producida, de la cual se determina la frecuencia de la componente fundamental en tiempo real y se convierte en velocidad de giro del cigüeñal mediante la expresión: $\text{rpm} = 30 \cdot c \cdot f / t$ donde rpm es la velocidad de giro del cigüeñal en r.p.m., c el número de cilindros, f la frecuencia en Herzios de la componente fundamental de la señal del micrófono y t el número de tiempos del motor.

2. El sistema de la reivindicación anterior **caracterizado** además por disponer preferentemente de un micrófono (3), de una primera etapa (4) amplificadora y acondicionadora de la señal del micrófono de una pluralidad de etapas (5) de filtrado en diferentes paso-banda conectadas en paralelo, de una pluralidad de etapas (6) de conversión en onda cuadrada de cada una de las señales anteriores, de una etapa desmultiplexora (7) que selecciona la señal de mayor nivel de entre las de salida de los filtros, de un sistema de

comparación (8) y de una etapa (9) de medida y otra (10) de exposición de la frecuencia.

3. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** además por disponer de un conmutador que selecciona el número de cilindros y de tiempos del motor cuya velocidad se mide.

4. El sistema de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** además por disponer de uno o varios de los indicadores de estado siguientes: de encendido-apagado, de saturación, de señal débil, de avería, de funcionamiento correcto/incorrecto, y/o de baterías o alimentación baja/suficiente.

5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** por disponer de un conmutador de encendido y/o un botón de puesta a cero o reset.

6. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** además por alimentarse mediante alimentador que toma corriente de una toma de la red eléctrica.

7. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 **caracterizado** por estar alimentado por baterías y ser por ello portátil.

8. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado** por tener integradas en un mismo componente o circuito dos o más de sus partes.

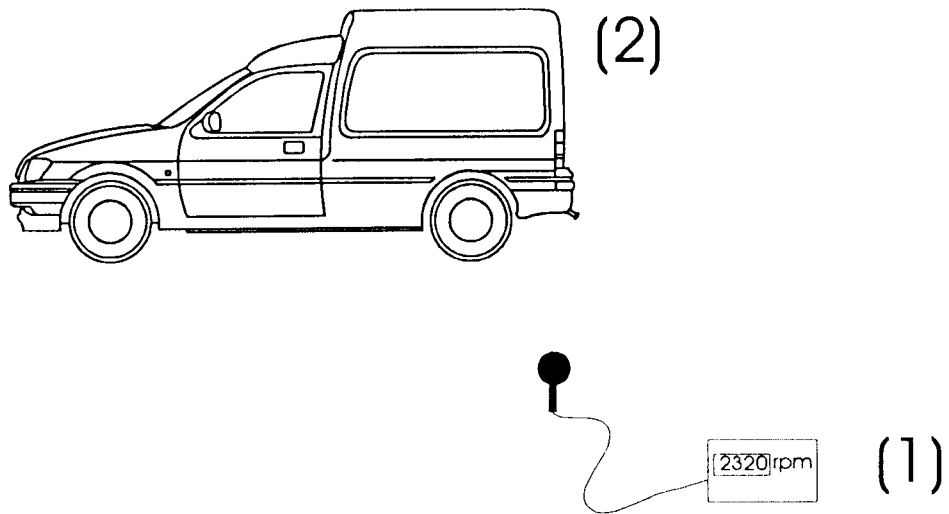


Fig. 1

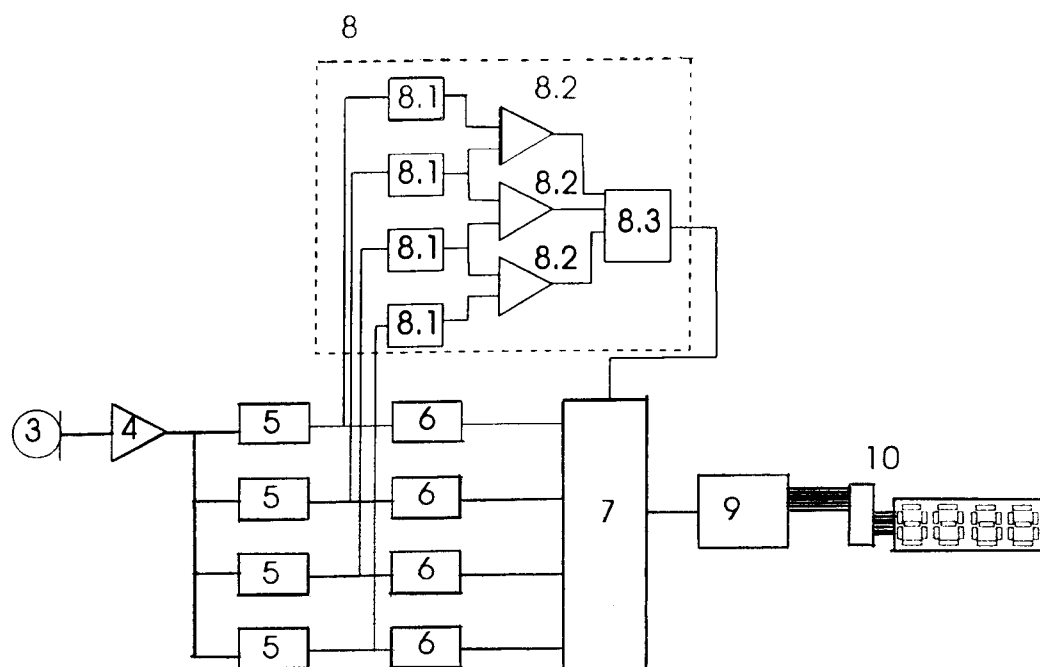


Fig. 2



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ⑪ ES 2 155 000
⑫ N.º solicitud: 009802675
⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 23.12.1998
⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑮ Int. Cl.⁷: G01P 3/48

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	EP 0863404 A (AVL LIST GmbH) 09.09.1998, página 8, líneas 27-30; página 10, líneas 4-9; figuras.	1,2
Y	DE 4440999 A (SAGEM) 18.05.1995, todo el documento.	1,2
A	US 5646340 A (GEE et al.) 08.07.1997, columna 3, líneas 55-59; figuras.	1,2
A	EP 0854443 A (RICARD) 22.07.1998, columna 6, línea 24 - columna 7, línea 32; figura.	1,2
A	EP 0701134 A (SUN ELECTRIC) 13.03.1996, todo el documento.	1,2
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 n.º:		
Fecha de realización del informe 14.03.2001	Examinador J. Vera Roa	Página 1/1