(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 613 270**

(21) Número de solicitud: 201531672

(51) Int. Cl.:

F02D 41/00 (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

19.11.2015

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

23.05.2017

(71) Solicitantes:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (100.0%)
Calle Ramiro de Maeztu, 7
28042 Madrid ES

(72) Inventor/es:

PLATERO GAONA, Carlos Antonio y
NIETO SUÁREZ, Fernando

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

(54) Título: **MÉTODO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE EXCESO O DEFECTO DE COMBUSTIBLE EN CILINDROS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EMPLEADOS EN GENERACIÓN ELÉCTRICA**

(57) Resumen:

Método para la identificación de exceso o defecto de combustible en cilindros de motores de combustión interna empleados en generación eléctrica.

El objeto de la presente invención es identificar en que cilindro se produce un desequilibrio provocado por el exceso o defecto de combustible en motores de combustión interna, empleados en generación eléctrica mediante del análisis de los distintos armónicos de las fluctuaciones eléctricas.

Para ello se deben medir variables eléctricas y además una referencia fija en el eje o en el árbol de levas para motores de dos o cuatro tiempos respectivamente.

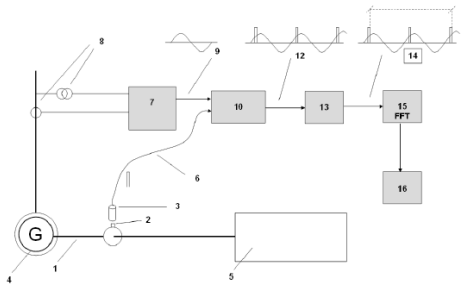

Figura 1

ES 2 613 270 A1

DESCRIPCIÓN

MÉTODO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE EXCESO O DEFECTO DE COMBUSTIBLE EN CILINDROS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EMPLEADOS EN GENERACIÓN ELÉCTRICA

DESCRIPCIÓN

Objeto de la invención

El objeto de la presente invención es la descripción de un método para identificar en qué cilindro se produce un desequilibrio provocado por el exceso o defecto de combustible en motores de combustión interna, empleados en generación eléctrica.

El método utilizado se basa en el análisis de variables eléctricas del generador, accionado por el motor. El análisis de las variables eléctricas se realiza mediante la descomposición de dicha señal en armónicos, múltiplos de la frecuencia del ciclo de trabajo del motor. Se entiende por ciclo de trabajo el periodo en el que se produce un encendido en todos los cilindros. En motores de cuatro tiempos el ciclo de trabajo corresponde con dos vueltas, mientras que en motores de dos tiempos corresponde con una vuelta.

Una misma oscilación en las magnitudes eléctricas puede ser provocada por exceso de combustible en un cilindro o bien por defecto de combustible en otro cilindro con un desfase equivalente a la mitad del ciclo de trabajo. Estos desfases son de 180º y 360º mecánicos en motores de dos y cuatro tiempos respectivamente.

El método objeto de la presente invención permite diferenciar si los desequilibrios son provocados por exceso o por defecto de combustible gracias al análisis de los armónicos múltiplos de los del ciclo de trabajo.

Antecedentes de la invención

Un procedimiento habitual para realizar el diagnóstico de los motores de combustión interna, que se emplean en la generación de energía eléctrica, es el análisis directo de magnitudes físicas del motor, como pueden ser las presiones o temperaturas de escape en los diferentes cilindros.

Existen también otros métodos, como el citado en la patente *ES2355886* el cual se basa en el análisis de variables eléctricas en el generador en lugar de medir directamente en el motor.

Este método no permite discernir el exceso o defecto de combustible utilizando únicamente variables eléctricas. Para tomar una conclusión de este tipo, se necesitarían además medidas de variables físicas en el motor, como pueden ser presiones en los cilindros o temperaturas en los escapes, entre otras.

La presente invención hace posible la identificación de un desequilibrio por exceso o defecto de combustible, analizando únicamente las variables eléctricas del generador, gracias a la utilización de comparaciones de diferentes armónicos de las oscilaciones eléctricas múltiplos de la frecuencia del ciclo de trabajo.

Descripción de la invención

El par suministrado por un motor de combustión interna (5) no es constante, ya que es el resultado de las combustiones en los diferentes cilindros.

En caso de un funcionamiento totalmente equilibrado la frecuencia de estas oscilaciones de par sería la misma que la frecuencia de los encendidos.

En un generador (4) accionado por un motor de combustión interna (5), las oscilaciones de par motor se transforman en oscilaciones eléctricas (9), lo que ocurre es que cada una de las frecuencias de las oscilaciones de par se convierten en potencia de forma distinta.

Este método se basa en la medida de las corrientes y las tensiones del generador (4) a través de transformadores de medida (8). A partir de estas medidas se pueden calcular el resto de variables, tales como la potencia activa, potencia reactiva, frecuencia, valores eficaces de la corriente, etc.

También se necesita conocer la posición del eje (1) del grupo motor-generador o al menos tener una referencia fija para poder calcular las fases de las oscilaciones de potencia. Para ello una posible solución es la instalación de una referencia (2) y un sensor de posición (3) que envíe un pulso (6) a un registrador (10) cada vez que el eje pase por dicha posición fija.

En el caso de motores de cuatro tiempos, el ciclo de trabajo del motor se corresponde con dos revoluciones completas del eje, por lo que una forma de tener una referencia fija sería instalar los mismos elementos (2) y (3) pero en el árbol de levas.

Una vez registrada la magnitud eléctrica (9) junto con los pulsos (6), se tendrían dos series de datos (12). Una etapa de selección de datos (13) tomaría los datos de la

magnitud eléctrica entre dos pulsos (6) teniendo así un número completo de ciclos de trabajo del motor (14).

Una vez seleccionados un número de ciclos completos del motor (14), una etapa de cálculo (15) realizaría la descomposición en los diferentes armónicos. Calculando la amplitud y el desfase de los armónicos desde esta posición de referencia fija del eje (o del árbol de levas).

Por último una etapa de comparación (16) determinaría qué cilindro es el causante del problema y si es por exceso o defecto de combustible.

El esquema de principio del método se muestra en la figura 1.

Los distintos armónicos en las variables eléctricas tienen distinta fase en función de cuál sea el cilindro que provoca el desequilibrio.

En las figuras 2 y 3 se muestra el armónico correspondiente al ciclo de trabajo (5 Hz) de un motor en V de cuatro tiempos, 600 rpm y 16 cilindros, donde se ha provocado diferentes desequilibrios en los diferentes cilindros. En la figura 2 se han recogido los registros por defecto de combustible, mientras que en la figura 3 se recogen los registros por exceso de combustible.

En ambas figuras se han nombrado a los diferentes cilindros con una letra A o B correspondientes a los dos lados del motor en V, y un número del 1 al 8.

Se puede observar que las diferentes oscilaciones representadas se distribuyen a lo largo del gráfico, donde un ciclo de trabajo se ha representado en 360º. El orden de estas oscilaciones sigue el orden de encendido.

También se puede observar que las oscilaciones provocadas por un cilindro están en contrafase si se trata de exceso o defecto, al comparar las figuras 2 y 3.

Y por último se puede ver que dos cilindros que estén desfasados la mitad del ciclo de trabajo pueden producir la misma oscilación si se produce un exceso y un defecto de combustible o viceversa. Por ejemplo en la figura 4 se muestra la oscilación de 5 Hz correspondiente con el ciclo de trabajo de los cilindros A7 y A2 por exceso y defecto de combustible respectivamente. Se puede observar que la oscilación es la misma.

En la figura 5 se muestra la descomposición del módulo en armónicos de un motor de similares características en condiciones de operación normal y con un desequilibrio

forzado en uno de los cilindros. Se observa que además del armónico de 5 Hz correspondiente con el ciclo de trabajo aparecen múltiplos de este en 10, 15, 20 Hz, entre otros.

En las figuras 6 y 7 se representan los armónicos de 10 Hz, correspondientes a una frecuencia doble a la del ciclo de trabajo para desequilibrios en todos los cilindros por defecto y exceso respectivamente. Estos registros son los mismos que los mostrados en las figuras 2 y 3 pero la frecuencia en estas figuras es de 5 Hz.

Siguiendo con el ejemplo de la figura 4, en la figura 8 se muestran los armónicos de 10 Hz de los cilindros A7 y A2 por exceso y defecto de combustible respectivamente. Se puede observar que la oscilación está a 180º.

Del análisis de las figuras 4 y 8, se puede ver claramente que aunque los armónicos de orden 1 (5 Hz) sean iguales, los armónicos de segundo orden (10 Hz) están desfasados 180º. Este hecho hace posible distinguir entre un exceso o un defecto de combustible, entre los diferentes cilindros.

Para poder realizar el diagnóstico de un motor habría que realizar unos ensayos para conocer los diferentes desfases de los cilindros y de sus armónicos con respecto al sensor de posición del eje instalado. Por lo tanto tras una medida en el motor comparando con los ensayos previos se puede identificar que cilindro es el que origina el desequilibrio y si es por exceso o defecto de combustible.

Realización preferente de la invención

A continuación se muestran dos posibles realizaciones preferentes para motores de dos y cuatro tiempos.

Motores de dos tiempos

El método de diagnóstico basado en el análisis de los múltiplos de armónicos del orden de ignición consta de una primera etapa de registro, en la que un equipo de medida (7), registra las variables (8) deseadas del generador (4). Otra variable registrada, serán los pulsos producidos por el sistema auxiliar de identificación de ciclos de potencia del motor (6),que en esta realización preferente es obtenida de un sensor de posición (3) que genera dicha señal (6) cuando una referencia (2) situada en el eje pasa por una determinada posición. De esta forma se obtiene un pulso por cada ciclo de trabajo del motor, correspondiente en este caso con una revolución en el eje del grupo motor generador.

Mediante el análisis del módulo de las variables registradas, se verificará si el motor esta fuera del rango de desequilibrio admitido, siempre que el módulo de las oscilaciones sea superior a un cierto valor.

Mediante el análisis de las fases de los distintos armónicos se puede identificar qué cilindro es el causante del desequilibrio y si es por exceso o por defecto de combustible.

Este análisis proporciona además el cilindro o cilindros que están produciendo una mayor aportación al desequilibrio, identificando además si la naturaleza del desequilibrio viene producida por un exceso o defecto de combustible en los cilindros en cuestión.

Motores de cuatro tiempos

En esta realización preferente es obtenida de un sensor de posición (3) que genera dicha señal (6) cuando una referencia (2) situada en el árbol de levas pasa por una determinada posición. De esta forma se obtiene un pulso por cada ciclo de trabajo del motor, correspondiente en este caso con dos revoluciones en el eje del grupo motor generador.

Breve descripcion de las figuras

La Figura 1 muestra el diagrama de bloques del método de diagnóstico de motores de combustión interna basado en el análisis de los diferentes armónicos de las oscilaciones eléctricas, donde se representa el sistema de referencia de la posición del el eje (1) del generador, la referencia (2) fija sobre el eje, un detector de proximidad (3), la señal del detector de proximidad (6), el generador (4), el motor de combustión (5), los transformadores de medida (8) de corriente y tensión, el equipo de medidas eléctricas (7), el registrador (10) y la etapa de selección de datos (13). Se representa a modo de ejemplo una de las salidas (9) del equipo de medida, correspondiente con una variable eléctrica que se registra. Se representa a modo de ejemplo también, un registro (12) de la variable eléctrica junto con la señal del indicador de proximidad (6). En este registro se seleccionan datos de ciclos completos (14) mediante el equipo (13). Y finalmente la etapa de cálculo (15) hace la descomposición en distintos armónicos y la etapa (16) hace la identificación del cilindro y si es por exceso o defecto de combustible.

La figura 2 muestra los vectores (módulo y argumento) de diferentes desequilibrios por defecto de combustible en los 16 cilindros de un motor. Los vectores que se muestran son los correspondientes al armónico correspondiente a un ciclo de trabajo 5 Hz.

La figura 3 muestra los vectores (módulo y argumento) de diferentes desequilibrios por exceso de combustible en los 16 cilindros de un motor. Los vectores que se muestran son los correspondientes al armónico correspondiente a un ciclo de trabajo 5 Hz.

La figura 4 muestra los desequilibrios de 5 Hz de dos cilindros (A7 y A2) desfasados medio ciclo de trabajo, con un desequilibrio por exceso y por defecto.

La figura 5 muestra el módulo de los diferentes armónicos de un motor de 16 cilindros de cuatro tiempos y 600 rpm.

La figura 6 muestra los vectores (módulo y argumento) de diferentes desequilibrios por defecto de combustible en los 16 cilindros de un motor. Los vectores que se muestran son los correspondientes al armónico de 10 Hz correspondiente a medio ciclo de trabajo.

La figura 7 muestra los vectores (módulo y argumento) de diferentes desequilibrios por exceso de combustible en los 16 cilindros de un motor. Los vectores que se muestran son los correspondientes al armónico de 10 Hz correspondiente a medio ciclo de trabajo.

La figura 8 muestra los desequilibrios de 10 Hz de dos cilindros (A7 y A2) desfasados medio ciclo de trabajo, con un desequilibrio por exceso y por defecto.

REIVINDICACIONES

1. Un método de diagnóstico que identifica el exceso o defecto de combustible en cilindros que producen un funcionamiento desequilibrado en un motor de combustión (5) acoplado a un generador síncrono (4) caracterizado porque comprende las siguientes etapas:etapa de adquisición (7) de al menos una de las siguientes magnitudes eléctricas potencia activa, potencia reactiva, tensión, intensidad y frecuencia;

etapa de adquisición de una referencia de la posición del eje (6) o árbol de levas durante el ciclo de trabajo del motor;

etapa de registro (10) de la magnitud eléctrica seleccionada con la referencia de la posición del eje o árbol de levas;

etapa de selección de los datos (13) de la magnitud eléctrica seleccionada entre dos referencias de la posición del eje o árbol de levas durante un número de ciclos entero;

etapa de cálculo de los armónicos (15) de la magnitud eléctrica seleccionada;

etapa de comparación (16) que determina el exceso o defecto de combustible en los cilindros gracias a la comparación con ensayos previos.

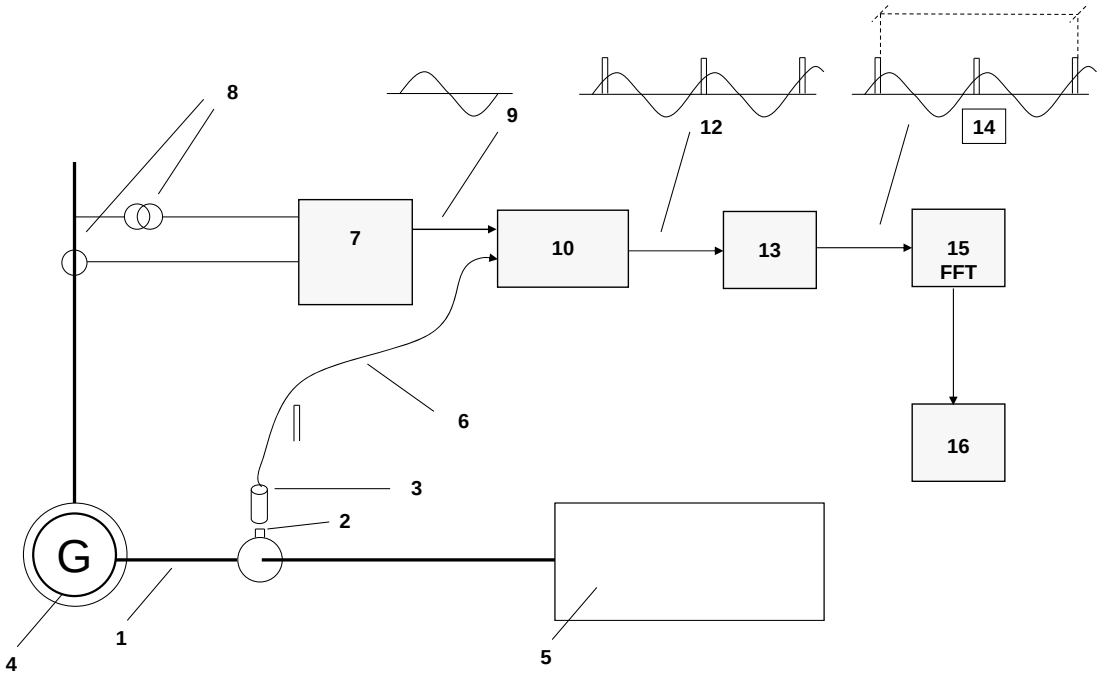

Figura 1

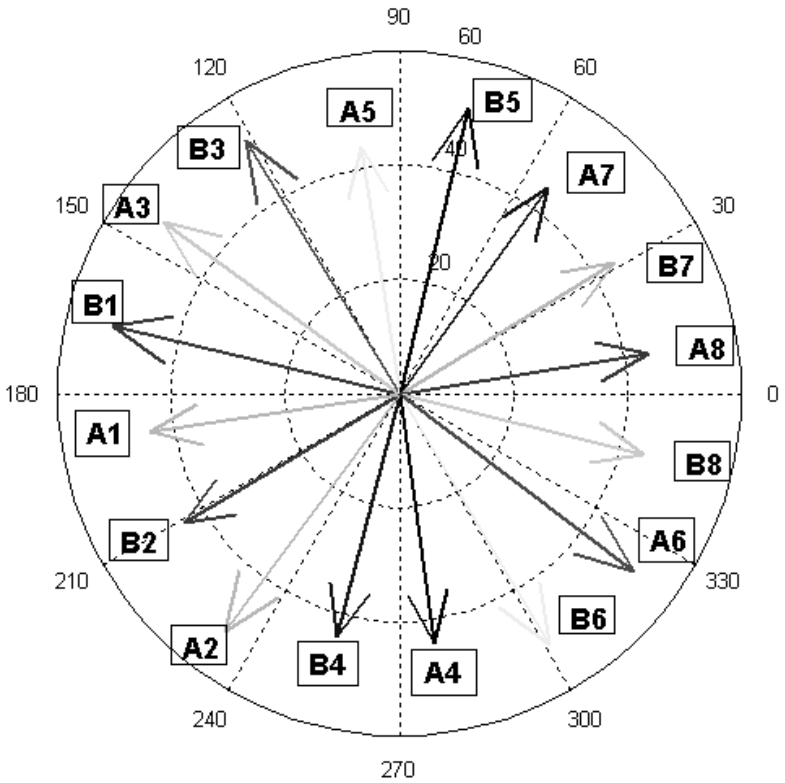

Figura 2

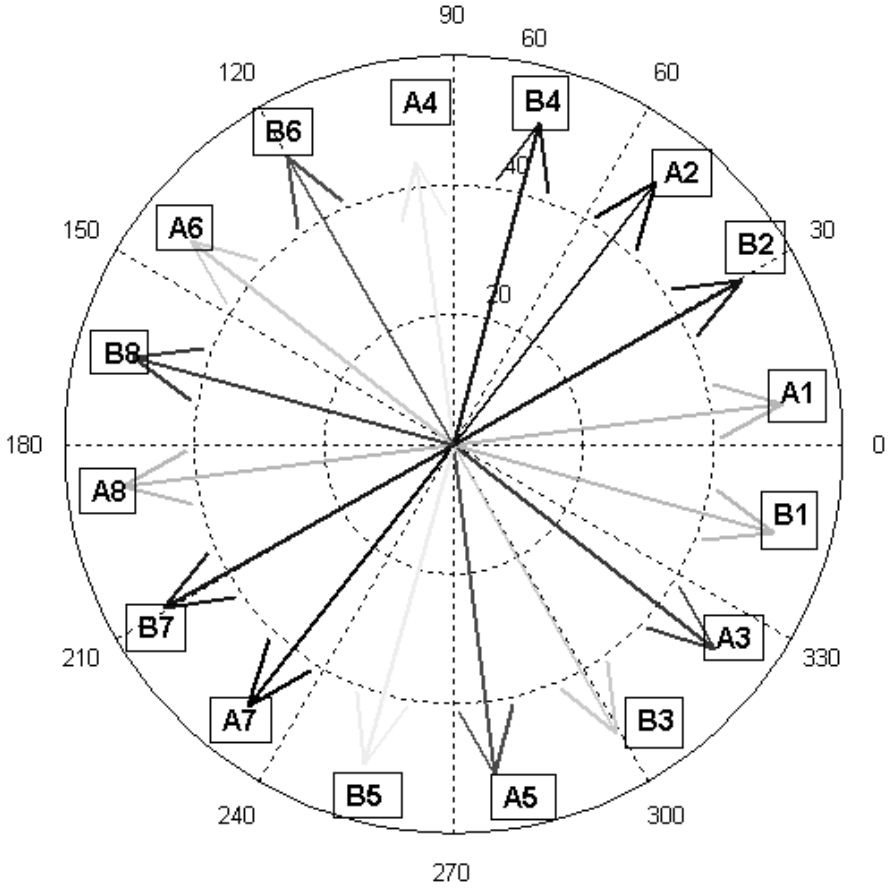
90
60
60
120
30
150
180
0
210
330
240
300
270
40
20
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
B8

Figura 3

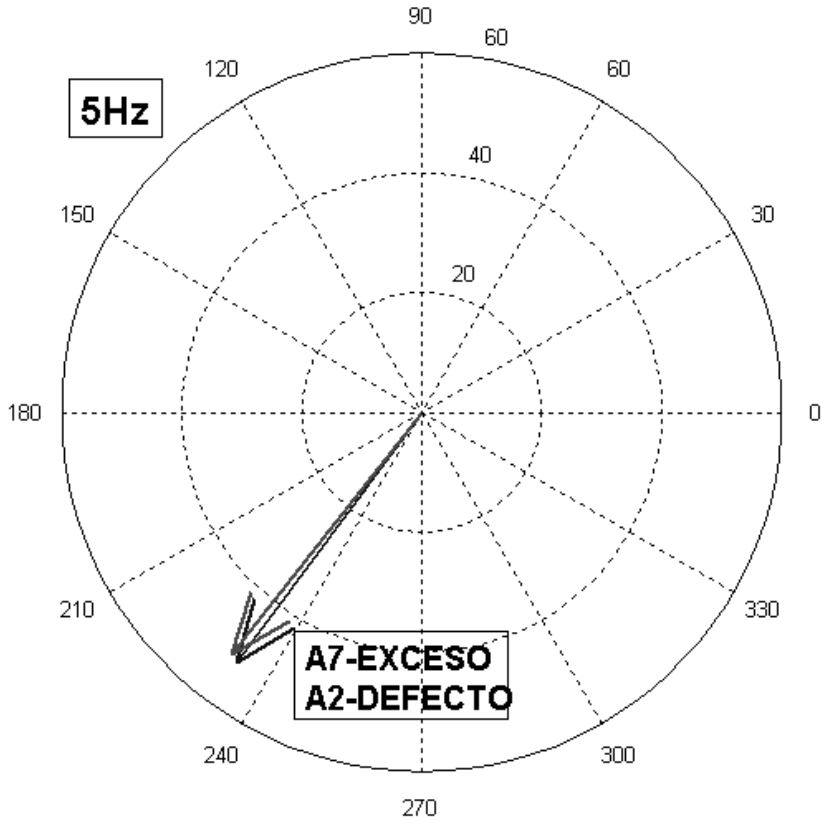

Figura 4

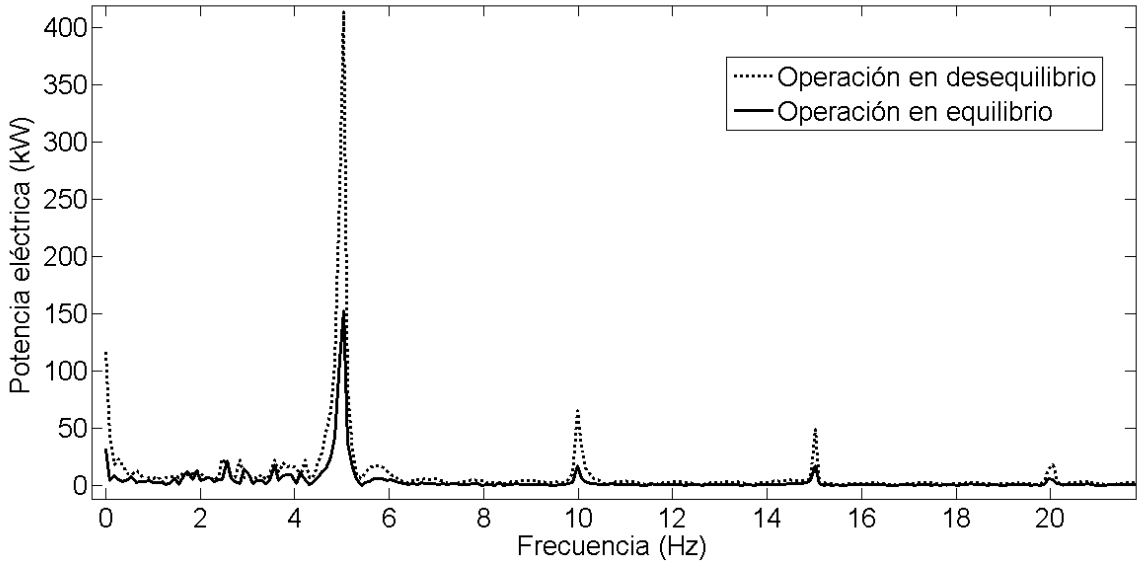

Figura 5

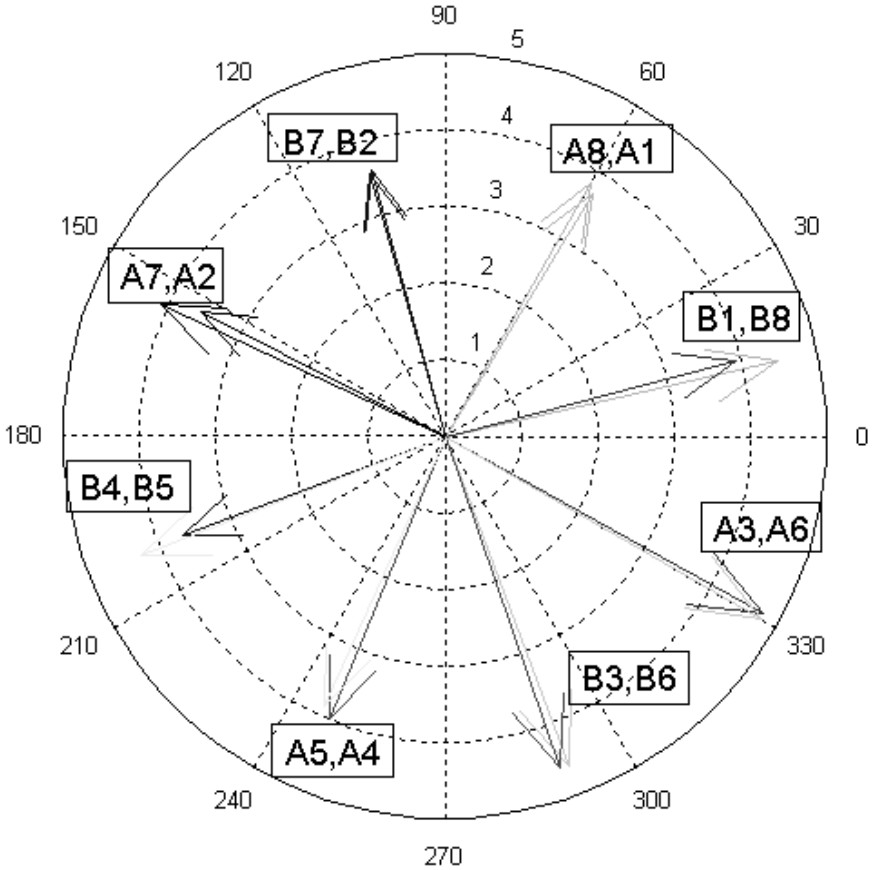
90
5
120
60
4
B7,B2
A8,A1
3
150
30
2
A7,A2
B1,B8
1
180
0
B4,B5
A3,A6
210
330
B3,B6
A5,A4
240
300
270

Figura 6

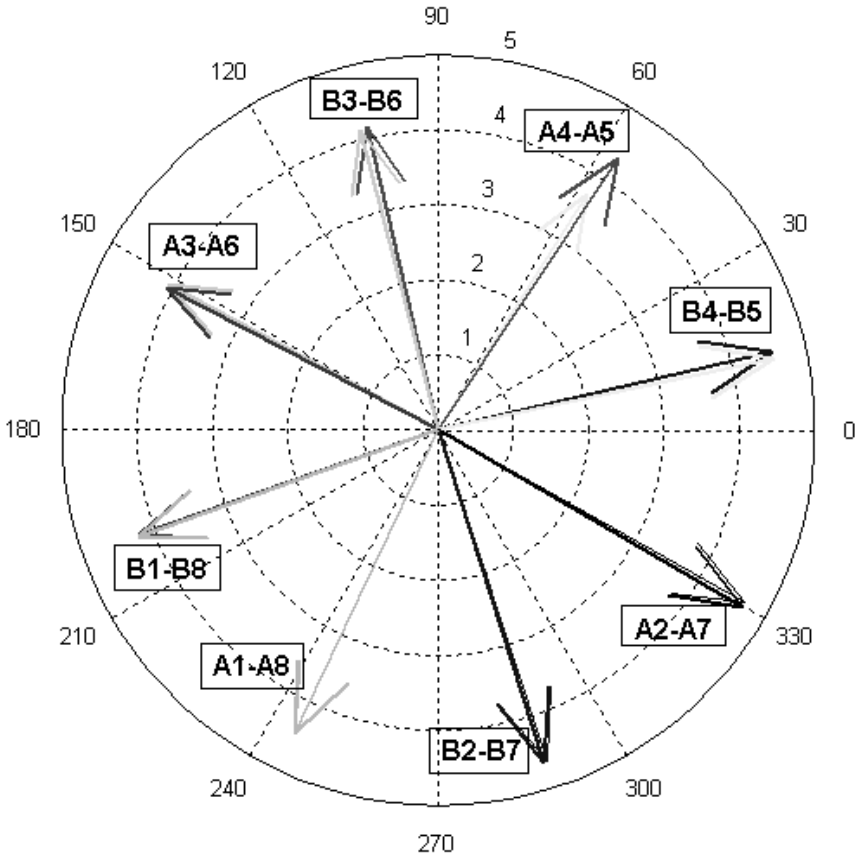
90
5
120
60
B3-B6
4
A4-A5
3
150
30
A3-A6
2
B4-B5
1
180
0
B1-B8
A2-A7
210
330
A1-A8
B2-B7
240
300
270

Figura 7

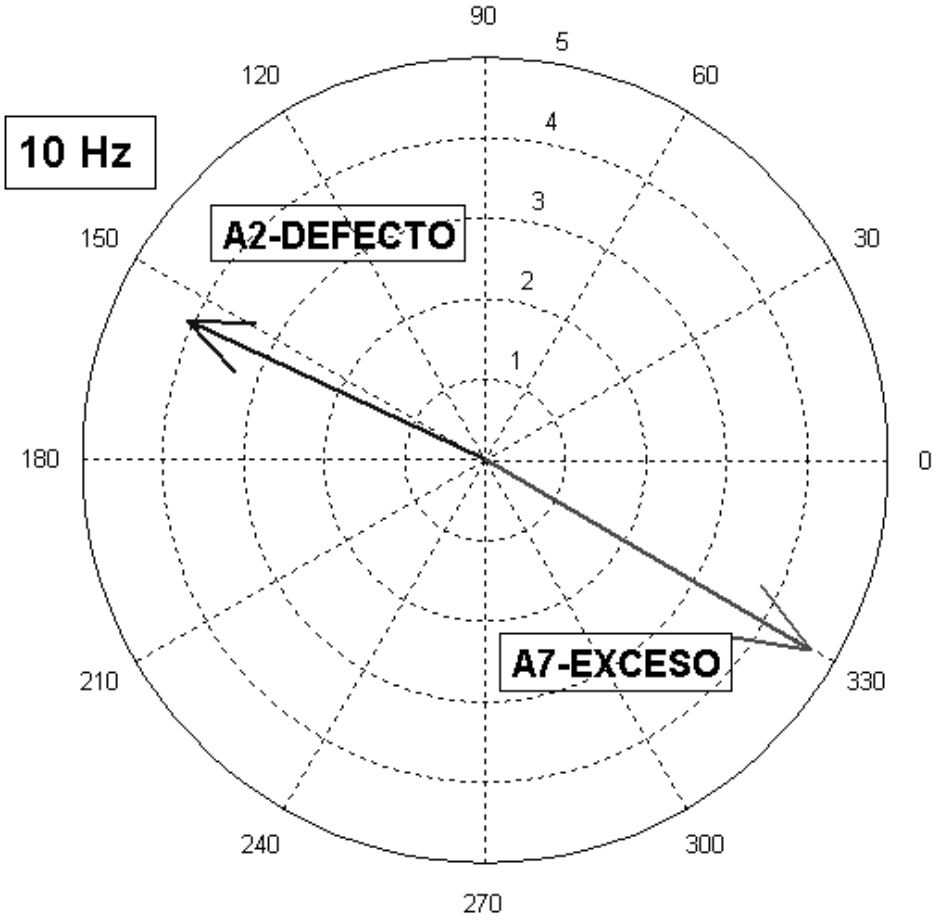
10 Hz
A2-DEFECTO
A7-EXCESO
90
5
120
60
4
3
150
30
2
1
180
0
210
330
240
300
270

Figura 8

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201531672

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 19.11.2015

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***F02D41/00*** (2006.01)
F02D41/14 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 7027910 B1 (GEN MOTORS CORP) 11.04.2006, Columna 4, líneas 38-42; Columna 5, líneas 4-25; Columna 6, líneas 8-16; Columna 7, líneas 55-61 Columna 8, líneas 25-32	1
A	US 2015322880 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 12.11.2015, Resumen; párrafos [0017],[0020]	1
A	WOLFGANG SCHICK; CHRISTOPHER ONDER; LINO GUZZELLA. Individual Cylinder Air Fuel Ratio Control Using Fourier Analysis. IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, 01.09.2011, vol 19, Nr 5 paginas 1204-1213. ISSN 1063-6536	1
A	CAVINA N; CORTI E; MORO D. Closed-loop individual cylinder air-fuel ratio control via UEGO signal spectral analysis. CONTROL ENGINEERING PRACTICE PERGAMON PRESS, OXFORD, GB. 01.11.2010. vol 18, nr 11, paginas 1295-1306. doi:10.1016/j.conengprac.2009.12.002	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	Examinador	Página
16.12.2016	L. J. García Aparicio	1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F02D, G01M

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 16.12.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	1	**SI**
	Reivindicaciones		**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 7027910 B1 (GEN MOTORS CORP)	11.04.2006
D02	US 2015322880 A1 (BOSCH GMBH ROBERT)	12.11.2015
D03	WOLFGANG SCHICK; CHRISTOPHER ONDER; LINO GUZZELLA. Individual Cylinder Air Fuel Ratio Control Using Fourier Analysis. IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, 01.09.2011, vol 19, Nr 5 paginas 1204-1213. ISSN 1063-6536	01.09.2011
D04	CAVINA N; CORTI E; MORO D. Closed-loop individual cylinder air-fuel ratio control via UEGO signal spectral analysis. CONTROL ENGINEERING PRACTICE PERGAMON PRESS, OXFORD, GB. 01.11.2010. vol 18, nr 11, paginas 1295-1306. doi:10.1016/j.conengprac.2009.12.002	01.11.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D1 representa el estado de la técnica más cercano al objeto de la invención y divulga una técnica para detección de desequilibrios en el ratio de aire-fuel en una máquina de cuatro cilindros equipada con un sensor de producción de oxígeno. El método está basado en un caracterización en el dominio de la frecuencia de desequilibrios y su descomposición geométrica en cuatro modelos básicos. una vez que la contribución de cada modelo básico a los desequilibrios registrado, se imponen los modelos de dirección contraria con objeto de restaurar el balance entre los cilindros.

Se diferencia la materia reivindicada respecto de la materia divulgada en D1 en que:

- En D1 no se menciona ni estaría implícita una etapa de adquisición de al menos una magnitud eléctrica.
- En D1 no se menciona que el método precise de una adquisición de una referencia de la posición del eje,
- En D1 no se menciona que se lleve a cabo un cálculo de los armónicos de la magnitud eléctrica seleccionada, lo que se hace en D1 es un análisis de los armónicos de la señal de velocidad, en otros casos del ruido generado, pero en ningún caso de señal eléctrica alguna como las reivindicadas.
- En D1 no se divulga o menciona la realización de una etapa de comparación que determina el exceso o defecto de suministro de combustible en los cilindros.

Si bien no se ha mencionado en la descripción efecto técnico alguno resultante del método planteado, se puede considerar que el problema técnico objetivo que el objeto de la solicitud busca resolver sería del buscar una forma alternativa de detección de desequilibrios en el suministro de combustible en los cilindros de motores de combustión interna empleados.

En consecuencia la materia de la reivindicación 1 a la vista de los documentos del estado de la técnica contaría con novedad y actividad inventiva según lo establecido en los Art 6.1 y 8.1 de la LP11/86 respectivamente.