

APARATO Y METODO DE DETECCIÓN DE FALLAS EN EL CIRCUITO DE ENCENDIDO DE UN MOTOR A GASOLINA

5 CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se relaciona con aparatos y métodos para la detección de fallas en componentes de circuitos eléctricos que producen ondas electromagnéticas. Particularmente la presente divulgación se relaciona con un aparato y método para
10 detectar fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina en particular en las bobinas de encendido o en las bujías.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

15

El mantenimiento preventivo de motores en vehículos de combustión interna es una necesidad constante cuando por el paso del tiempo y el uso, la vida útil de los componentes se reduce. La carencia de mantenimiento preventivo y de dispositivos de alerta temprana de fallas en componentes, lleva a costosas reparaciones o a fallos
20 generales que obligan al conductor a transportar el vehículo en grúa hasta el sitio de reparación.

En particular el circuito de encendido del motor puede presentar fallas cuando las bujías se ensucian con polvo o suciedad, o cuando la bobina de encendido se desgasta y falla
25 después de muchos ciclos de funcionamiento, en los cuales debe soportar voltajes muy elevados, necesarios para romper el dieléctrico del aire en la bujía.

Existe pues la necesidad de aparatos para monitorear y detectar fallas en el circuito de encendido de un motor, que no requieran modificaciones complejas a los sistemas
30 eléctricos del vehículo y que alerten al conductor sobre una posible falla en componentes del sistema de encendido.

Se identifican en el estado de la técnica divulgaciones como US6850070B2 y US10634111B2, las cuales se relacionan con dispositivos y métodos para encontrar fallas en motores de combustión interna y en particular, en circuitos de encendido.

- 5 En particular el documento US6850070B2 divulga un aparato de prueba de bujías y bobinas que genera una señal de salida que representa una señal de encendido. El aparato de prueba incluye un sensor inductivo para detectar un flujo electromagnético generado por la bobina durante un evento de disparo y generar y emitir un voltaje en respuesta a ello.
- 10 El aparato divulgado en el documento US6850070B2 comprende además un circuito de procesamiento de señal conectado eléctricamente al sensor inductivo para generar y amplificar una señal de salida, en respuesta a variaciones en la salida de voltaje en el sensor inductivo.
- 15 El documento US6850070B2 divulga además un método para determinar el tiempo de combustión para un sistema de encendido de vehículos con bujía y bobina, el cual incluye colocar un sensor inductivo junto al sistema de encendido de vehículos con bujía y bobina, usando el sensor inductivo para detectar una salida de flujo electromagnético producido
- 20 por el sistema de encendido con bujía y bobina durante un período que abarca al menos una sección de disparo, y determinar un tiempo de combustión identificando una línea de disparo, identificando un punto final de una línea de chispa y determinando un período de tiempo entre ellos.
- 25 Por su parte el documento US10634111B2 divulga un dispositivo electrónico para el sistema de encendido de un motor, que puede incorporar circuitos para la amplificación de voltaje a través de la acción del transformador, mientras que también contiene circuitos para detectar parámetros operativos, circuitos para el cálculo de valores derivados de los datos detectados o parámetros operativos, circuitos para el almacenamiento de los datos
- 30 y valores derivados, circuitos para el control del sistema del motor y circuitos para la comunicación inalámbrica de datos y valores derivados.

En particular el documento US10634111B2 divulga que el dispositivo electrónico para el sistema de encendido del motor comprende: una carcasa configurada para acoplarse a un chasis, un circuito de encendido dispuesto en el alojamiento, un controlador programable dispuesto en la carcasa y un transceptor inalámbrico dispuesto en la carcasa. El transceptor intercambia datos de forma inalámbrica entre el controlador y un dispositivo electrónico externo. El circuito de encendido está controlado por el controlador e incluye una bobina de encendido dispuesta en el alojamiento. El circuito de encendido incluye además una bobina de carga y un dispositivo de almacenamiento de energía.

10 Finalmente, el documento US10634111B2 divulga que el transceptor puede detectar la radiación electromagnética generada por la bobina de encendido y hacer un análisis del estado operacional de la bobina.

Los documentos del arte previo divulgan aparatos y métodos para detectar fallas en componentes del circuito de encendido de un motor a gasolina. Sin embargo, no divulgan un análisis continuo y en tiempo real del estado de los elementos de encendido durante su operación o que permitan identificar fallas tempranas. Los documentos del arte previo tampoco divulgan métodos de eliminación de ruido de la señal electromagnética medida y por tanto las mediciones y diagnóstico de falla puede ser inexacto.

20

BREVE DESCRIPCIÓN

La presente divulgación se relaciona con un aparato y un método de detección de fallas para el circuito de encendido de un motor a gasolina.

Por su parte el aparato comprende un sensor de campo magnético y un sensor de campo eléctrico los cuales detectan el campo magnético y eléctrico producido por la bobina de encendido y por la chispa de encendido. La señal de los sensores de campo eléctrico y magnético es amplificada cada una por un amplificador, multiplexada y enviada a una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento aplica un análisis de la asimetría de la curtosis a los datos recibidos, determina una probabilidad de falla en el dispositivo

del circuito de encendido y envía esta información a un dispositivo de usuario, el cual genera una aleta al usuario cuando la probabilidad de falla detectada por la unidad de procesamiento supera un umbral determinado.

- 5 Por otro lado, la presente divulgación incluye un método para detectar fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina con un aparato de detección de fallas, que comprende sensores de campo eléctrico y magnético, dispositivos que amplifican la señal de estos sensores, un dispositivo de multiplexación para combinar las señales amplificadas y un procesador que aplica un análisis estadístico de la asimetría de la curtosis a las señales y
- 10 determina una probabilidad de falla en el circuito de encendido. Si la probabilidad supera un umbral determinado, se envía una señal alertando al usuario de la posible falla.

El método de la presente divulgación incluye una etapa a) de detectar el campo magnético producido por un dispositivo de circuito de encendido por medio de un sensor de campo

15 magnético, una etapa b) de amplificar la señal producida por el sensor de campo magnético por medio de un primer dispositivo amplificador y una etapa c) de amplificar la señal producida por el sensor de campo eléctrico por medio de un segundo dispositivo amplificador. Además, el método tiene una etapa d) de multiplexar las señales producidas por los amplificadores y una etapa e) de procesar los datos producidos por el dispositivo

20 de multiplexación por medio de la unidad de procesamiento. Adicionalmente el método tiene una etapa (f) de aplicar un análisis estadístico de la asimetría de la curtosis y producir una probabilidad de falla, una etapa g) de enviar una alerta a un dispositivo de usuario, si la probabilidad de falla supera un umbral determinado y una etapa h) de presentar la alerta en el dispositivo de usuario.

25 El aparato y método de la presente divulgación permite llevar a cabo un monitoreo en tiempo real del estado de los elementos del circuito de encendido de un motor a gasolina en particular la bobina de encendido y la bujía. Además, dado que se lleva a cabo un análisis probabilístico de los valores de los campos magnéticos y eléctricos producidos

30 por los elementos del circuito de encendido por medio de la asimetría de la curtosis, es posible identificar fallas tempranas cuando se producen cambios en estos valores.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

5 La FIG. 1 corresponde a una modalidad del circuito del aparato de la presente divulgación que incluye sensores de campo magnético y eléctrico conectados a amplificadores, a un multiplexor y a un procesador el cual genera una señal en un dispositivo de usuario.

La FIG. 2 corresponde a un diagrama de bloques del aparato de la FIG. 1.

10 La FIG. 3A y 3B corresponde a una modalidad del aparato de la Reivindicación 1 que muestra la ubicación del aparato en el compartimiento del motor y en el compartimiento de pasajeros del vehículo.

La FIG. 4 corresponde a un diagrama de flujo de una primera modalidad del método de la presente divulgación.

La FIG. 5 corresponde a un diagrama de flujo de una segunda modalidad del método de la presente divulgación.

20

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente divulgación corresponde a un aparato y un método para detectar fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina. El aparato de detección de fallas en el

25 circuito de encendido de un motor a gasolina comprende:

- un sensor de campo magnético (1) configurado para detectar el campo magnético producido por un dispositivo del circuito de encendido (2);
 - un sensor de campo eléctrico (3) configurado para detectar el campo
- 30 eléctrico producido por un dispositivo del circuito de encendido (2);

- un primer dispositivo amplificador (4) que se conecta al sensor de campo magnético (1), el primer dispositivo amplificador (4) amplifica la señal del sensor de campo magnético (1) y genera una señal (B);
- un segundo dispositivo amplificador (5) que se conecta al sensor de campo eléctrico (3), el segundo dispositivo amplificador (5) amplifica la señal del sensor de campo eléctrico (3) y genera una señal (E);
- un dispositivo de multiplexación (6) que multiplexa las señales (B) y (E), el dispositivo de multiplexación (6) envía los datos multiplexados a una unidad de procesamiento (7); y,
- una unidad de procesamiento (7) que recibe la señal del dispositivo de multiplexación (6);

en donde la unidad de procesamiento (7) aplica un análisis de la asimetría de la curtosis a los datos recibidos, determina una probabilidad de falla en el dispositivo del circuito de encendido (2) y envía esta información a un dispositivo de usuario (8);

en donde un dispositivo de usuario (8) genera una alerta al usuario cuando la probabilidad de falla detectada por la unidad de procesamiento (7) supera un umbral determinado;

en donde el dispositivo del circuito de encendido (2) es una bobina de ignición o una bujía.

Haciendo referencia a la FIG. 1, el circuito de encendido del vehículo se compone de una fuente de voltaje de 12 voltios proporcionados por una batería (10), un interruptor (11) y un transformador o bobina de encendido (2) la cual eleva el voltaje de la batería (10) hasta aproximadamente 40.000 voltios y lo aplica a una bujía (2.1) para producir la chispa de encendido que producirá la combustión en los cilindros del motor.

Haciendo referencia a la FIG. 1 y a la FIG.2, el aparato para detectar fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina comprende un sensor de campo magnético (1) que

detecta los campos magnéticos producidos por la bobina de encendido (2) y por la chispa de la bujía (2.1).

En una modalidad de la divulgación el sensor de campo magnético (1) es un transformador que opera en el rango de 20 Hz a 20 KHz.

El sensor de campo magnético (1) puede realizar la medición de las ondas magnéticas emitidas por la bobina de encendido (2) y por la bujía (2.1) del sistema de encendido del motor de combustión sin contacto, de acuerdo con el principio de acoplamiento de campo magnético entre el primario del transformador y el secundario, en el cual aparece una señal eléctrica proporcional al campo magnético. Esta señal se amplifica a través de un primer dispositivo amplificador (4).

Siguiendo con la FIG. 1 y la FIG. 2, el aparato para detectar fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina comprende además un sensor de campo eléctrico (3) que detecta los campos eléctricos producidos por la bobina de encendido (2) y por la bujía (2.1).

En una modalidad de la divulgación el sensor de campo eléctrico (3) es una antena $\lambda/4$, la cual produce un patrón de radiación que se aproxima al de un dipolo eléctrico con una estructura omnidireccional.

En una modalidad de la divulgación la antena $\lambda/4$ es un monopolo.

La señal generada por el sensor de campo magnético (1) es amplificada por un primer dispositivo amplificador (4) el cual genera una señal B.

El primer dispositivo amplificador (4) puede ser un amplificador operacional, un amplificador de potencia, un amplificador de aislamiento, un amplificador de instrumentación, un amplificador operacional, un amplificador diferencial, un amplificador de radio frecuencia o un amplificador con retroalimentación

En una modalidad de la divulgación el primer dispositivo amplificador (4) es un amplificador de instrumentación.

5 Siguiendo con la FIG. 1 y la FIG. 2, la señal generada por el sensor de campo eléctrico (3) es amplificada por un segundo dispositivo amplificador (5) el cual genera una señal E.

El segundo dispositivo amplificador (5) puede ser un amplificador operacional, un amplificador de potencia, un amplificador de aislamiento, un amplificador de instrumentación, un amplificador operacional, un amplificador diferencial, un
10 amplificador de radio frecuencia o un amplificador con retroalimentación.

En una modalidad de la divulgación, el segundo dispositivo amplificador (5) es un amplificador de radiofrecuencia.

15 Siguiendo con la FIG. 1 y la FIG. 2, la señal B generada por el primer dispositivo amplificador (4) y la señal E generada por el segundo dispositivo amplificador (5) se combinan en el dispositivo de multiplexación (6). El dispositivo de multiplexación (6) selecciona una entrada de varias entradas y luego se transmite en forma de una sola línea.
20 Este dispositivo también se conoce como MUX, selector de datos o circuito combinacional.

El dispositivo de multiplexación (6) puede ser un multiplexor análogo con control digital.

25 En una modalidad de la divulgación el dispositivo de multiplexación (6) es un multiplexor analógico simple de 8 canales con conversión de nivel lógico, el cual aplica control digital.

Siguiendo con la FIG. 1 y la FIG. 2, la señal multiplexada producida por el dispositivo de
30 multiplexación (6) es recibida por la unidad de procesamiento (7).

La unidad de procesamiento (7) puede ser un microcontrolador, un microprocesador externo clase Arduino, DSO, Beaglebone, Raspberry Pi, u otros microprocesadores equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia, y combinaciones de los mismos.

5

En una modalidad de la divulgación la unidad de procesamiento (7) es un microcontrolador.

En un ejemplo específico la unidad de procesamiento (7) es un microprocesador Tensilica Xtensa LX6 la cual puede incluir conectividad inalámbrica Wi-Fi y Bluetooth.

10

La unidad de procesamiento (7) recibe las señales B y E del dispositivo de multiplexación (6) por medio de una interfaz análoga y las demultiplexa y digitaliza por medio de una unidad aritmético-lógica. Una vez digitalizadas la unidad de procesamiento (7) calcula la asimetría y la curtosis a estos datos por medio de un algoritmo que ha sido programado en dicha unidad de procesamiento (7).

15

La unidad de procesamiento (7) analiza la asimetría de la curtosis sobre los datos de campo eléctrico y magnético para determinar la probabilidad de falla de la bobina de encendido (2) o de la bujía (2.1) analizando el número de valores atípicos. Si existe una falla en la bobina de encendido (2) o en la bujía (2.1) se produce un valor de asimetría alto.

20

La asimetría permite identificar si los datos se distribuyen de forma uniforme alrededor de un punto central o media aritmética.

25

Por su parte la curtosis determina el grado de concentración que presentan los valores en la region central de distribución. Por medio del coeficiente de curtosis es posible identificar si existe concentración alta media o baja de valores.

30

En el caso particular la asimetría de la curtosis revela entonces valores atípicos que responden a posibles fallas en las bujías. Por ejemplo, una bujía nueva muestra una

distribución normal de los datos de campo eléctrico y magnético. Sin embargo, los espectros obtenidos de una bujía dañada se apartan de la distribución normal presentando valores de asimetría de la curtosis por fuera de un rango normal estimando entre 0% y 15 % de acuerdo con los experimentos que condujeron a esta divulgación.

5

La asimetría se revela como el grado de concentración atípica que presentan los valores de las magnitudes de campo eléctrico y campo magnético alrededor de la zona central de la distribución de frecuencias dominantes.

10 De esta forma la medición de la asimetría de la curtosis de los espectros del campo eléctrico y campo magnético revela comportamientos atípicos de las bujías y/o la bobina de encendido. Un comportamiento normal de la bujía genera datos con distribución normal. Sin embargo, la patología de la bujía muestra valores atípicos asociando un mal funcionamiento de acuerdo con experimentos realizados que se muestran en el ejemplo

15 1.

La aplicación de la asimetría de la curtosis del espectro de ondas electromagnéticas se utiliza aquí como una herramienta de eliminación de ruido capaz de mejorar las características de detección de falla de las bujías y bobina de encendido. Esta

20 metodología se aplica a las señales emitidas por elementos del circuito de encendido de motores a gasolina como bujías y bobina de encendido obteniendo resultados satisfactorios de eliminación de ruido.

La técnica anterior usa filtros adaptativos y auto adaptativos para eliminar el ruido de

25 fondo de las señales obtenidas con sensores de señales electromagnéticas. Otras técnicas avanzadas generalmente se aplican para aumentar la detectabilidad de las fallas de otros dispositivos electromecánicos como el discriminante lineal de Fisher.

30 Siguiendo con la FIG. 3A y 3B, si la probabilidad de falla generada en la unidad de procesamiento (7) supera un umbral determinado, la unidad de procesamiento (7) envía una alerta al dispositivo de usuario (8).

El dispositivo de usuario (8) puede ser un dispositivo que produzca una señal luminosa o sonora o háptica, o un teléfono inteligente, una tablet, un computador, un procesador, un microcontrolador o dispositivos similares.

5

En una modalidad, el dispositivo de usuario (8) es un teléfono inteligente que por medio de una aplicación puede mostrar la alerta de la probabilidad de falla del dispositivo del circuito de encendido (2, 2.1). El dispositivo de usuario (8) también puede mostrar valores históricos u otros datos detallados producidos por la unidad de procesamiento (7) durante el análisis de los datos de las señales de campo magnético y eléctrico amplificadas suministradas a dicha unidad de procesamiento (7).

10

Por otra parte, la presente divulgación incluye un método para medir y controlar variables industriales con el aparato de la presente divulgación, el método que comprende:

15

- a) detectar el campo magnético producido por un dispositivo de circuito de encendido (2) por medio de un sensor de campo magnético (1);
- b) detectar el campo eléctrico producido por un dispositivo de circuito de encendido (2) por medio de un sensor de campo eléctrico (3);
- c) amplificar la señal producida por el sensor de campo magnético (1) por medio de un primer dispositivo amplificador (4) y genera una señal (B);
- d) amplificar la señal producida por el sensor de campo eléctrico (3) por medio de un segundo dispositivo amplificador (5) y genera una señal (E);
- e) multiplexar las señales (B) y (E) por medio de un dispositivo de multiplexación (6);
- f) procesar los datos producidos por el dispositivo de multiplexación por medio de la unidad de procesamiento (7) aplicando la asimetría de la curtosis y producir una probabilidad de falla;
- g) enviar una alerta a un dispositivo de usuario (8), si la probabilidad de falla supera un umbral determinado: y,
- h) presentar la alerta en el dispositivo de usuario (8).

20

25

30

Haciendo referencia a la FIG. 4, el método de la presente divulgación permite operar un aparato de detección de fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina.

5 Particularmente de acuerdo con la etapa a) y b) del método para detectar el campo magnético y eléctrico producido por el dispositivo (2, 2.1) del circuito de encendido de un motor a gasolina, se disponen cerca de estos dispositivos sensores de campo magnético (1) y sensores de campo eléctrico (3).

10 En una modalidad específica del método el sensor de campo magnético (1) puede ser un transformador y el sensor de campo eléctrico (3) puede ser una antena lambda/4.

De acuerdo con las etapas c) y d) del método, la señal producida por el sensor de campo magnético (1) y el sensor de campo eléctrico (3) se amplifica por medio de un primer dispositivo amplificador (4) y un segundo dispositivo amplificador (5), respectivamente,
15 e independientes para cada señal. El primer dispositivo amplificador (4) de la señal de campo magnético produce la señal B y el segundo dispositivo amplificador (5) de campo eléctrico produce la señal E.

20 En una modalidad específica la señal del sensor de campo magnético (1) se amplifica por medio de un amplificador de instrumentación.

En una modalidad específica la señal de campo eléctrico se amplifica por medio de un amplificador de radio frecuencia.

25 De acuerdo con la etapa e) del método las señales B y E producidas por los amplificadores de la señal de campo magnético y de la señal de campo eléctrico respectivamente, se combinan por medio de un dispositivo de multiplexación (6) con el fin de alimentarlas a una unidad de procesamiento (7).

30 De acuerdo con la etapa (f) los datos son procesados en la unidad de procesamiento (7) la cual analiza los datos de campo magnético y campo eléctrico y los compara con valores de referencia aplicando la asimetría y la curtosis a los datos aplicados y produciendo un

porcentaje de probabilidad de falla de acuerdo con el valor de la asimetría de la curtosis calculado.

De acuerdo con la etapa (g) y (h) si la probabilidad de falla supera un umbral determinado,
5 una alerta es enviada al dispositivo de usuario (8).

Opcionalmente haciendo referencia a la FIG. 5, en una modalidad el método de la presente divulgación la etapa (f) tiene las subetapas de:

- 10 a) leer las señales B y E multiplexadas a través de una interfaz análoga;
- b) demultiplexar y digitalizar la señal B por medio de una unidad lógico-aritmética;
- c) demultiplexar y digitalizar la señal E por medio de una unidad lógico-aritmética;
- 15 d) crear archivos de datos DataB para la señal B y Data E para la señal E;
- e) importar la librería de la transformada rápida de Fourier;
- f) aplicar la Transformada Rápida de Fourier a los archivos DataB y DataE;
- g) obtener el espectro de la serie de tiempo del campo magnético;
- h) obtener el espectro de la serie de tiempo del campo eléctrico;
- 20 i) iniciar módulo de análisis probabilístico;
- j) calcular la asimetría del conjunto de datos obtenidos en g) y h);
- k) calcular la curtosis del conjunto de datos obtenidos en g) y h);
- l) calcular el valor de la asimetría de la curtosis con los datos obtenidos en j) y k) y generar una probabilidad de falla en el circuito de encendido; y,
- 25 m) enviar datos al módulo de transmisión inalámbrica, si el valor de la probabilidad de falla supera un umbral determinado.

Para la ejecución de este método el usuario le suministra un algoritmo, método de control o programación a la unidad de procesamiento (7) usando un dispositivo de mando
30 compuesto por un teclado, ratón y un monitor (no mostrados).

El método es ejecutado por la unidad de procesamiento (7). Particularmente de acuerdo con la etapa a) las señales amplificadas de campo magnético B y campo eléctrico E multiplexadas son procesadas por la interfaz análoga de la unidad de procesamiento (7).

- 5 De acuerdo con las etapas b) y c) la unidad lógico-aritmética de la unidad de procesamiento (7) demultiplexa las señales B y E de campo eléctrico y campo magnético respectivamente.

- 10 La unidad lógico-aritmética a continuación y de acuerdo con la etapa d) crea un archivo de datos DataB para la señal de campo magnético y un archivo de datos DataE para la señal de campo eléctrico.

De acuerdo con la etapa e) y f) la unidad de procesamiento (7) importa la librería de la Transformada Rápida de Fourier y la aplica a los datos DataB y DataE.

15

Por medio del análisis de la Transformada Rápida de Fourier y de acuerdo con las etapas g) y h) del método, la unidad de procesamiento (7) obtiene el espectro de la serie de tiempo de los datos de campo magnético y campo eléctrico.

- 20 A continuación, y de acuerdo con la etapa i), j) y k) del método, la unidad de procesamiento (7) inicia el módulo de probabilidad y estadística y calcula la asimetría y la curtosis para los datos obtenidos en los pasos g) y h).

- 25 Finalmente la unidad de procesamiento (7) genera la probabilidad de falla en el circuito de encendido y envía los datos al módulo de transmisión inalámbrica.

Ejemplo 1:

- 30 Se diseñó un aparato de detección de fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina, las características del aparato son las siguientes:

El sensor de campo magnético (1) es un transformador con las siguientes especificaciones

- Tipo/tamaño de núcleo: 15x15x13 milímetros.
 - Variación de impedancia: $\pm 10\%$ @ 1KHz
 - Resistencia CC: primario 47 ohmios y secundario 233 ohmios.
 - Aislamiento: $>10M\Omega$ @ 100VDC
- 5
- Tensión de ruptura: 23 V CA HIPOT durante 1 minuto
 - Máx. Salida: 75mW
 - Respuesta de frecuencia: 60 -10 KHz.

El sensor de campo eléctrico (3) es una antena $\lambda/4$, con las siguientes especificaciones:

- 10
- Antena dipolo de 2,4 GHz
 - Ganancia máxima +2 dB
 - Impedancia 50 ohmios, nominal
 - Tipo Dipolo
- 15
- Polarización Lineal Vertical
 - $VSWR \leq 2.5 : 1$, Máximo
 - Frecuencia 2400-2500MHz
 - Peso 13g
 - Tamaño 105x10mm
- 20
- Color de la antena Negro
 - Temperatura de funcionamiento -20 °C a +65 °C
 - Clasificación ULUL 94HB.

El primer dispositivo amplificador (4) es un amplificador de instrumentación AD620 de alta precisión. Bajo voltaje de compensación de 50 microvoltios y deriva de compensación de 0.6 microvoltios por grado centígrado máximo. Este amplificador ha sido probado en sistemas de adquisición de datos de precisión.

Las especificaciones del primer dispositivo amplificador (4) son las siguientes.

- 30
- Conjunto de ganancia con una resistencia externa (rango de ganancia de 1 a 1000)
 - Amplio rango de fuente de alimentación (62,3 V a 618 V)

- Mayor rendimiento que tres diseños IA de amplificador operacional
- Disponible en empaque DIP y SOIC de 8 conductores
- Baja potencia, corriente de suministro máx. de 1,3 mA
- EXCELENTE CC RENDIMIENTO (“GRADO B”) 50 mV máx.,
- 5 • Voltaje de compensación de entrada 0,6 mV/8C máx.,
- Deriva de compensación de entrada 1,0 nA máx.,
- Corriente de polarización de entrada 100 dB mín.
- Relación de rechazo de modo común ($G = 10$) BAJO RUIDO $9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, @ 1 kHz,
- 10 • Ruido de voltaje de entrada Ruido de 0,28 mV pp (0,1 Hz a 10 Hz)
- EXCELENTES ESPECIFICACIONES DE CA Ancho de banda de 120 kHz ($G = 100$)
- Tiempo de establecimiento de 15 ms al 0,01 %
- APLICACIONES Balanzas ECG e instrumentación médica
- 15 • Interfaz de transductor Sistemas de adquisición de datos
- Controles de procesos industriales
- Equipo portátil y alimentado por batería

El segundo dispositivo amplificador (5) es un amplificador de radio frecuencia con las
 20 siguientes especificaciones

- Tamaño: 25 x 52mm
- Frecuencia de funcionamiento: 0,1-2400 MHz
- Ganancia del amplificador:
- $F=0.1\text{MHz}$, ganancia=32dB
- 25 • $F=500\text{Mhz}$, ganancia=31dB
- $F=1000\text{MHz}$, ganancia=29dB
- $F=1500\text{Mhz}$, ganancia=25dB
- $F=2000\text{MHz}$, ganancia=20dB
- Salida de potencia máxima: +10dBm (10mW)
- 30 • Tensión de alimentación: 6-12 VCC

- Impedancia del sistema: 50 Ω
- Alta linealidad: admite modulaciones a 1024 QAM

El dispositivo de multiplexación (6) es un multiplexor marca Texas Instruments, modelo

5 CD4051B con las siguientes especificaciones

- Número de canales (#) 1
- Tensión de alimentación - simple (V) 3,3, 5, 12, 16, 20
- Protocolos Analógicos
- Ron (típico) (ohmios) 125
- 10 • CON (Típico) (pF) 30
- Corriente de fuga en estado ON (máx.) (μ A) 0,3
- Ancho de banda (MHz) 20
- Rango de temperatura de funcionamiento (C) -55 a 125
- Características romper antes de hacer
- 15 • Corriente continua de entrada/salida (Máx.) (mA) 10
- Catálogo de calificaciones
- Corriente de suministro (Typ) (μ A) 0.04

La unidad de procesamiento (7) es un microprocesador LX6 de 32 bits marca Xtensa a

20 160 o 240 MHz con las siguientes especificaciones

- Coprocesador de potencia ultrabaja (ULP)
- Memoria: 320 KiB RAM, 448 KiB ROM
- Conectividad inalámbrica:
- WiFi: 802.11 b/g/n
- 25 • Bluetooth: v4.2 BR/EDR y BLE (comparte la radio con Wi-Fi)
- Interfaces periféricas:
- 34 $\times$ GPIO programables
- ADC SAR de 12 bits hasta 18 canales
- 2 DAC de 8 bits
- 30 • 10 $\times$ sensores táctiles (GPIO de detección capacitiva)

- 4 × SPI
 - 2 × interfaces I²S
 - 2 × interfaces I²C
 - 3 × UART
- 5
- Controlador de host SD/SDIO/CE-ATA/MMC/eMMC
 - Controlador esclavo SDIO/SPI
 - Interfaz Ethernet MAC con DMA dedicado y compatibilidad planificada con el protocolo de tiempo de precisión IEEE 1588[4]
 - autobús CAN 2.0
- 10
- Mando a distancia por infrarrojos (TX/RX, hasta 8 canales)
 - PWM del motor
 - LED PWM (hasta 16 canales)
 - Sensor de efecto Hall
 - Preamplificador analógico de potencia ultrabaja
- 15
- Seguridad:
 - Se admiten todas las funciones de seguridad estándar IEEE 802.11, incluidas WPA, WPA2, WPA3 (según la versión) e Infraestructura de privacidad y autenticación de WLAN (WAPI)
 - Arranque seguro
- 20
- Cifrado flash
 - OTP de 1024 bits, hasta 768 bits para clientes
 - Aceleración de hardware criptográfico: AES, SHA-2, RSA, criptografía de curva elíptica (ECC), generador de números aleatorios (RNG)

25 Con la configuración anterior se realizaron pruebas en un vehículo marca Daewoo modelo Lanos fabricado en el año 2003, el vehículo se encuentra en condiciones normales y buen funcionamiento.

Se hicieron pruebas de la asimetría de la curtosis con el vehículo en condiciones normales de operación, midiendo la asimetría de la curtosis del campo magnético y eléctrico a 1000 RPM.

30

Se cambio una de las bujías del vehículo por una bujía que presenta fallas. Se repitieron las mediciones.

Los datos obtenidos para la asimetría de la curtosis son:

5

- Campo magnético normal a 1000 RPM: 6.58%
- Campo magnético con falla en bujía a 1000 RPM: 12.26%
- Campo eléctrico normal a 1000 RPM: 8.02%
- Campo eléctrico con falla en bujía a 1000 RPM: 22.83%

10

De acuerdo a las pruebas realizadas se determina que, si alguna de las asimetrías de la curtosis de los campos muestra un valor mayor a 15%, existe una probabilidad alta de falla en la bujía o en la bobina de encendido.

- 15 Se debe entender que la presente divulgación no se haya limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la divulgación, definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de detección de fallas para el circuito de encendido de un motor a gasolina que comprende:

- un sensor de campo magnético (1) configurado para detectar el campo magnético producido por un dispositivo del circuito de encendido (2, 2.1);
- un sensor de campo eléctrico (3) configurado para detectar el campo eléctrico producido por un dispositivo del circuito de encendido (2, 2.1);
- un primer dispositivo amplificador (4) que se conecta al sensor de campo magnético (1), el primer dispositivo amplificador (4) amplifica la señal del sensor de campo magnético (1) y genera una señal (B);
- un segundo dispositivo amplificador (5) que se conecta al sensor de campo eléctrico (3), el segundo dispositivo amplificador (5) amplifica la señal del sensor de campo eléctrico (3) y genera una señal (E);
- un dispositivo de multiplexación (6) que multiplexa las señales (B) y (E), el dispositivo de multiplexación (6) envía los datos multiplexados a una unidad de procesamiento (7); y,
- una unidad de procesamiento (7) que recibe la señal del dispositivo de multiplexación (6);

en donde la unidad de procesamiento (7) aplica un análisis de la asimetría de la curtosis a los datos recibidos, determina una probabilidad de falla en el dispositivo del circuito de encendido (2, 2.1) y envía esta información a un dispositivo de usuario (8);

en donde un dispositivo de usuario (8) genera una alerta al usuario cuando la probabilidad de falla detectada por la unidad de procesamiento (7) supera un umbral determinado;

en donde el dispositivo del circuito de encendido es una bobina de ignición (2) o una bujía (2.1).

2. El aparato de detección de fallas para el circuito de encendido de un motor a gasolina de la Reivindicación 1, en donde el sensor de campo magnético (1) es un transformador.
3. El aparato de detección de fallas para el circuito de encendido de un motor a gasolina de la Reivindicación 1, en donde el sensor de campo eléctrico (3) es una antena $\lambda/4$.
4. El aparato de detección de fallas para el circuito de encendido de un motor a gasolina de la Reivindicación 1, en donde el primer dispositivo amplificador (4) es un amplificador de instrumentación.
5. El aparato de detección de fallas para el circuito de encendido de un motor a gasolina de la Reivindicación 1, en donde el segundo dispositivo amplificador (5) es un amplificador de radio frecuencia.
6. El aparato de detección de fallas para el circuito de encendido de un motor a gasolina de la Reivindicación 1, en donde la unidad de procesamiento (7) envía una alerta al dispositivo de usuario (8) de forma inalámbrica.
7. Un método para detectar fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina que comprende:
 - a. detectar el campo magnético producido por un dispositivo de circuito de encendido (2) por medio de un sensor de campo magnético (1);
 - b. detectar el campo eléctrico producido por un dispositivo de circuito de encendido (2) por medio de un sensor de campo eléctrico (3);
 - c. amplificar la señal producida por el sensor de campo magnético (1) por medio de un primer dispositivo amplificador (4) y genera una señal (B);
 - d. amplificar la señal producida por el sensor de campo eléctrico (3) por medio de un segundo dispositivo amplificador (5) y genera una señal (E);

- e. multiplexar las señales (B) y (E) por medio de un dispositivo de multiplexación (6);
 - f. procesar los datos producidos por el dispositivo de multiplexación por medio de la unidad de procesamiento (7) aplicando la asimetría de la curtosis y producir una probabilidad de falla;
 - g. enviar una alerta a un dispositivo de usuario (8), si la probabilidad de falla supera un umbral determinado: y,
 - h. presentar la alerta en el dispositivo de usuario (8).
8. El método para detectar fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina de la Reivindicación 7 en donde la unidad de procesamiento (7), lleva a cabo un procesamiento que comprende:
- a. leer las señales B y E multiplexadas a través de una interfaz análoga;
 - b. demultiplexar y digitalizar la señal B por medio de una unidad lógico-aritmética;
 - c. demultiplexar y digitalizar la señal E por medio de una unidad lógico-aritmética;
 - d. crear archivos de datos DataB para la señal B y Data E para la señal E;
 - e. importar la librería de la transformada rápida de Fourier;
 - f. aplicar la Transformada Rápida de Fourier a los archivos DataB y DataE;
 - g. obtener el espectro de la serie de tiempo del campo magnético;
 - h. obtener el espectro de la serie de tiempo del campo eléctrico;
 - i. iniciar módulo de análisis probabilístico;
 - j. calcular la asimetría del conjunto de datos obtenidos en g) y h);
 - k. calcular la curtosis del conjunto de datos obtenidos en g) y h);
 - l. calcular el valor de la asimetría de la curtosis con los datos obtenidos en j) y k) y generar una probabilidad de falla en el circuito de encendido; y,
 - m. enviar datos al módulo de transmisión inalámbrica, si el valor de la probabilidad de falla supera un umbral determinado.

RESUMEN

La presente divulgación incluye un aparato para detección de fallas en el circuito de encendido de un motor a gasolina que comprende un sensor de campo magnético y un sensor de campo eléctrico los cuales detectan el campo magnético y eléctrico producido por una bobina de encendido. La señal de los sensores de campo eléctrico y magnético es amplificada cada una por un amplificador, multiplexada y enviada a una unidad de procesamiento. La unidad de procesamiento aplica un análisis de la asimetría de la curtosis a los datos recibidos, determina una probabilidad de falla en el dispositivo del circuito de encendido y envía esta información a un dispositivo de usuario, el cual genera una aleta al usuario cuando la probabilidad de falla detectada por la unidad de procesamiento supera un umbral determinado. Por otro lado, la presente divulgación incluye un método con una etapa a) de detectar el campo magnético producido por un dispositivo de circuito de encendido y etapas b) y c) de amplificación de la señal producida por los sensores de campo magnético y eléctrico. Además, el método tiene una etapa d) de multiplexar las señales producidas por los amplificadores y una etapa e) de procesar los datos producidos por el dispositivo de multiplexación por medio de la unidad de procesamiento. Adicionalmente el método tiene una etapa (f) de aplicar un análisis probabilístico de la asimetría de la curtosis y producir una probabilidad de falla, una etapa g) de enviar una alerta a un dispositivo de usuario, y una etapa h) de presentar la alerta en el dispositivo de usuario.

FIGURAS

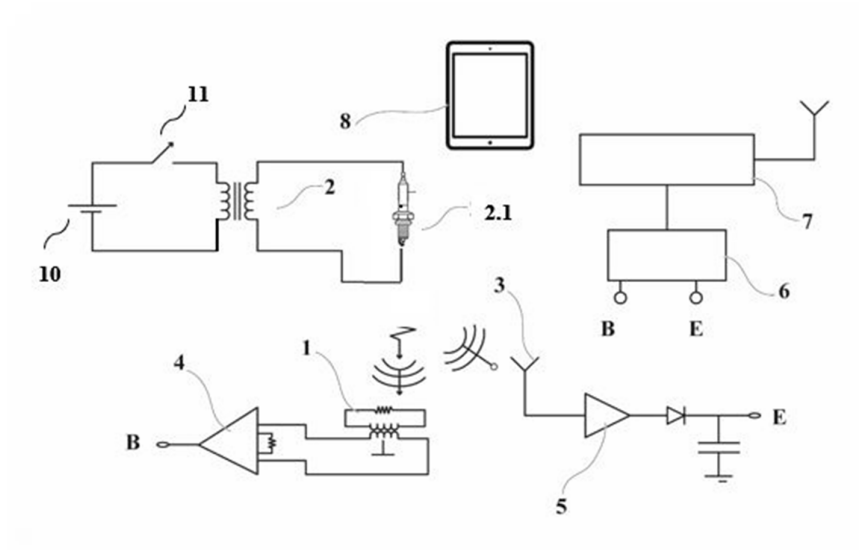


FIG. 1

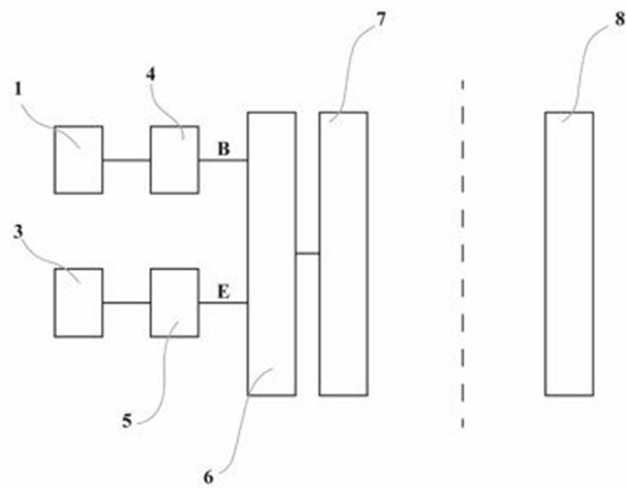


FIG. 2

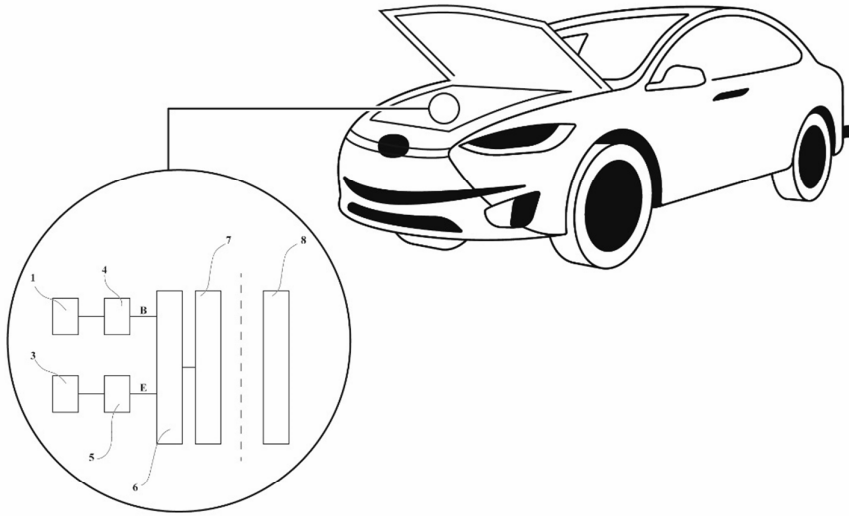


FIG. 3A

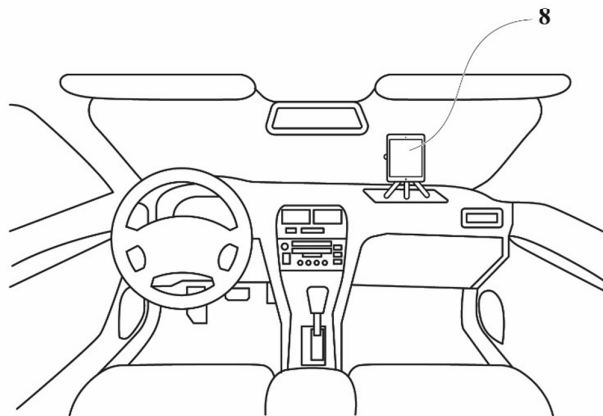


FIG. 3B

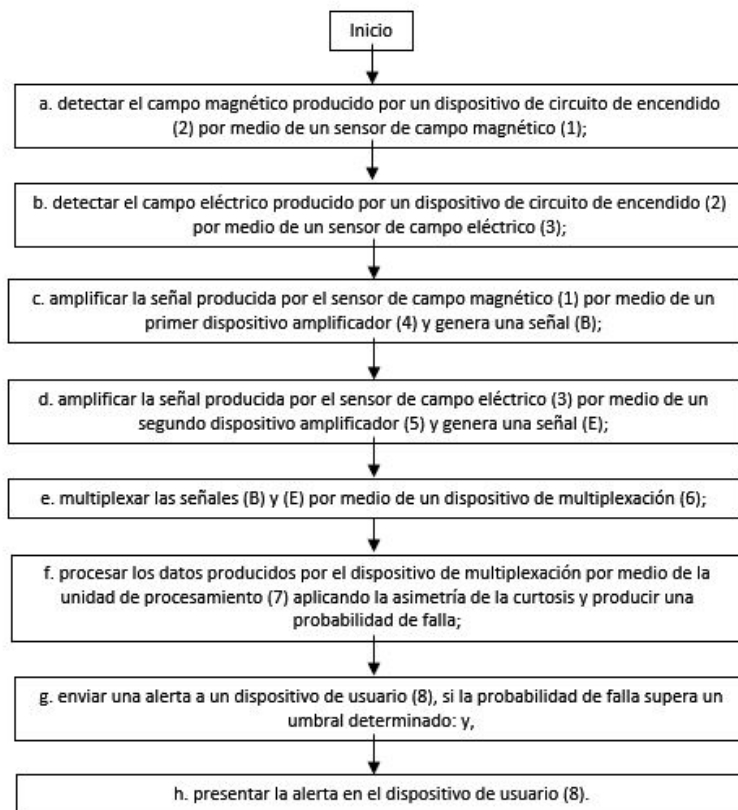


FIG. 4

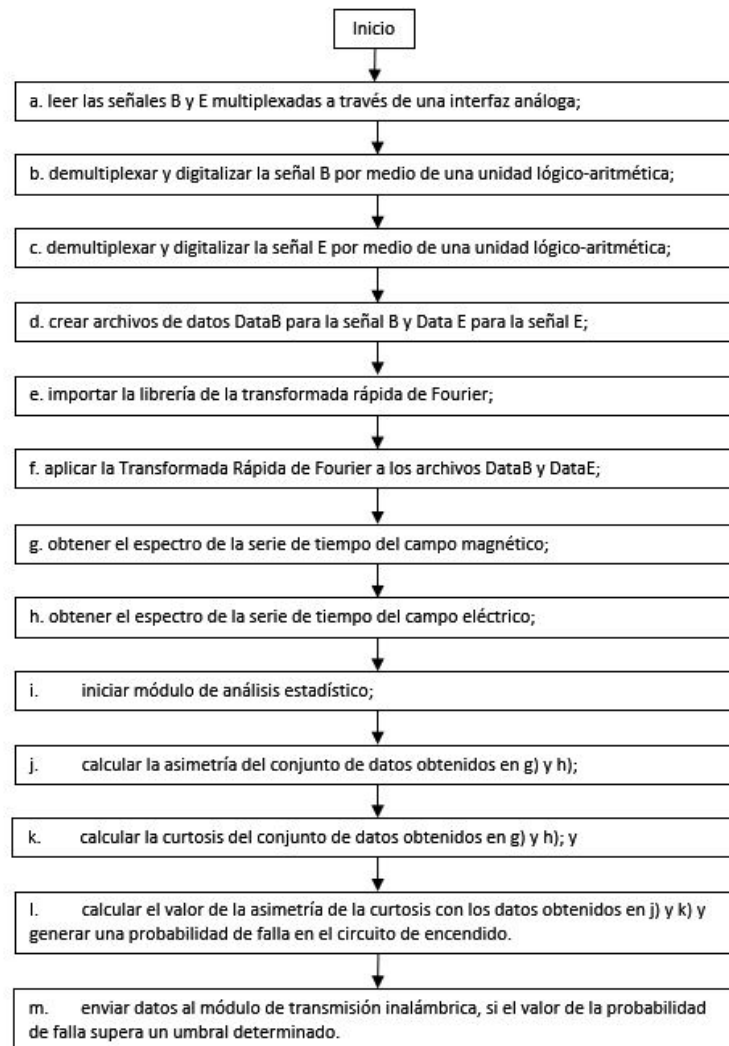


FIG. 5