

# **SISTEMA DE DETECCIÓN DE FALLO DE FUEGO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

## **CAMPO TÉCNICO**

[0001] La presente materia se refiere a motores de encendido por chispa. Más particularmente, se describe la detección de un fallo de encendido y un fallo de encendido parcial en un motor de encendido por chispa usando un circuito de medición de corriente de iones.

## **ANTECEDENTES**

[0002] Los motores de combustión interna (CI) están contribuyendo significativamente a la contaminación y al calentamiento global al emitir varios gases de escape al medio ambiente. Un motor CI produce energía quemando combustible fósil que emite gases nocivos, como CO, HC, NOx e hidrocarburos. La emisión de gases ha estado y está deteriorando la condición ambiental y, por lo tanto, los fabricantes de vehículos se esfuerzan continuamente por incorporar avances tecnológicos para mejorar el rendimiento del motor de combustión interna y reducir las emisiones.

[0003] Además del control de emisión de gases, la industria del automóvil está implementando "Diagnostico a bordo (OBD, por sus siglas en inglés)" en los vehículos para informar al usuario sobre el estado de las condiciones del vehículo. El sistema OBD en las principales jurisdicciones se está implementando por etapas y se subdivide en dos categorías, a saber. OBD I y OBD II. OBD II se centra en tres aspectos principales: detección de fallas de encendido del motor, monitoreo del convertidor catalítico y monitoreo del sensor Lambda.

[0004] Para mejorar la eficiencia de la combustión del motor y reducir las emisiones, es esencial detectar y monitorear el evento de fallo de encendido en un motor de combustión interna (CI). La falla de encendido ocurre cuando la mezcla de aire y combustible inyectada no se quema en absoluto o se quema parcialmente. El fallo de encendido del motor CI afecta a la calidad de la

combustión y degrada el rendimiento de un convertidor de catalizador, lo que conduce a un aumento de las emisiones, lo que no es deseable.

## **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

5    **[0005]** La descripción detallada se describe con referencia a las figuras adjuntas. Los mismos números se utilizan en todos los dibujos para hacer referencia a características y componentes similares.

**[0006]** La Figura 1 ilustra a modo de ejemplo un diagrama de circuito de un sistema de encendido existente de un motor CI;

10   **[0007]** La Figura 2 ilustra a modo de ejemplo un diagrama de circuito del sistema de encendido existente de un motor CI conectado a un circuito de medición de corriente de iones;

**[0008]** La Figura 3 ilustra a modo de ejemplo un diagrama esquemático de un sistema de detección de fallos de encendido, según una realización de la presente invención;

**[0009]** La Figura 4 ilustra a modo de ejemplo el sistema de detección de fallos de encendido que comprende un circuito de medición de corriente de iones y un procesador de señal, según una realización de la presente invención;

20   **[00010]** Las Figuras 5-6 ilustran a modo de ejemplo diagramas de temporización para el voltaje primario en el devanado primario de la bobina de encendido y la corriente de iones durante una condición de fallo de encendido; y

**[00011]** Las Figuras 7-8 ilustran a modo de ejemplo diagramas de temporización para el voltaje primario en el devanado primario de la bobina de encendido y la corriente de iones durante una condición sin fallos de encendido.

25

## **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

**[00012]** Los eventos de fallo de encendido en un motor CI se pueden clasificar como parciales o completos, en función de la cantidad de combustión que se produce durante un ciclo de motor particular. En la mayoría de los vehículos, la identificación de fallos de encendido se realiza mediante el control de la aceleración angular del cigüeñal del motor. Sin embargo, los motores de un solo

cilindro con menor capacidad (menos de 200 centímetros cúbicos) presentan desafíos para identificar fallas de encendido debido a la baja inercia mecánica del motor CI que utiliza el mismo enfoque. El problema de la identificación de fallas de encendido para los motores CI de un solo cilindro resulta ser más desafiante debido a la presencia de varias perturbaciones de carga en el tren de potencia, cuando el motor se emplea en un vehículo.

[00013] Varias otras técnicas están diseñadas para la detección de fallos de encendido del motor para los motores de un solo cilindro. Dichas técnicas incluyen el análisis de la velocidad instantánea del cigüeñal, el análisis de la presión en el cilindro, el análisis del par instantáneo del cigüeñal, etc. La evaluación de la velocidad del cigüeñal para la detección de fallas de encendido enfrenta muchos desafíos debido a la baja inercia mecánica y las perturbaciones de carga en los motores. Las soluciones alternativas para abordar el problema de la detección de fallas de encendido en el motor utilizan la corriente de iones generada en un evento de chispas en el motor.

[00014] Cuando la mezcla de aire y combustible se enciende dentro del cilindro del motor CI, las partículas de aire se ionizan. Al aplicar un alto voltaje adecuado en la bujía, es posible medir la corriente de iones, ya que la cantidad de corriente de iones refleja el nivel de ionización de la mezcla de aire y combustible. Por lo tanto, el flujo de corriente de iones depende del evento de combustión. La señal de corriente de iones se puede capturar con la ayuda de un circuito de medición de corriente de iones. Para generar el flujo de corriente de iones, es necesario un circuito de "polarización de voltaje" para generar la diferencia de potencial entre los electrodos de la bujía después de que se dispara la chispa.

[00015] La figura 1 ilustra a modo de ejemplo un diagrama de circuito de un sistema de encendido existente **100** de un motor CI. El sistema de encendido **100** consta de una bobina de encendido **107** con un devanado primario **101** y un devanado secundario **103**, una bujía **106** y un circuito de control **105**, por ejemplo, una unidad de control electrónico (ECU) con un dispositivo de conmutación eléctrica **104** para producir un pico de alto voltaje requerido para generar una chispa en el cilindro del motor. El devanado primario **101** está conectado entre

una batería **102** y el dispositivo de conmutación eléctrica **104**. Cuando el dispositivo de conmutación eléctrica **104** está en un estado cerrado, el devanado primario **101** de la bobina de encendido **107** almacena energía. Tan pronto como el circuito de control **105** cambia el estado del dispositivo de conmutación eléctrica **104** a abierto, se genera un voltaje, por ejemplo 400V, en el devanado primario **101** de la bobina de encendido **107**, debido a la interrupción repentina del flujo de corriente en el circuito inductivo. Se genera un alto voltaje secundario de alrededor de 20-25 kV (dependiendo de la relación de giro de las bobinas primaria y secundaria) en el devanado secundario **103**. El voltaje secundario se aplica en la bujía **106**, lo que resulta en una ruptura de voltaje a través del espacio del bujía **106** y una corriente de chispa comienza a fluir hacia la bujía **106** a través de la conexión a tierra de la bujía **106**. Posteriormente, la corriente de chispa genera el flujo de una corriente de iones a través de la bujía **106** como se describe en la Fig. 2.

[00016] La figura 2 ilustra a modo de ejemplo un diagrama de circuito **200** del sistema de encendido **100** existente de un motor CI conectado a un circuito de medición de corriente de iones **201**. Como se ilustra a modo de ejemplo, el circuito de medición de corriente de iones **201** está conectado al devanado secundario **103** de la bobina de encendido **107** para proporcionar un voltaje de polarización a la bujía **106**, que a su vez genera el flujo de corriente de iones después del evento de chispa. Además, el circuito de medición de corriente de iones **201** existente consta de un condensador que se carga durante el disparo de la chispa. Una vez que se dispara la chispa, la carga retenida por el condensador genera una diferencia de potencial a través de los electrodos de chispa de la bujía **106**, lo que da como resultado el flujo de la corriente de iones.

[00017] Los diseños de las bobinas de encendido **107** en el sistema de encendido existente **100** ilustrado a modo de ejemplo en las Figuras 1-2 tienen una conexión a tierra separada para cada uno del devanado primario **101** y el devanado secundario **103** de la bobina de encendido **107**. Como se muestra en la Fig. 1, el terminal **101B** del lado primario **101** y el terminal **103B** del lado secundario **103** de la bobina de encendido **107** están eléctricamente aisladas. El circuito de

medición de corriente de iones **201** está conectado a el terminal **103B** para medir la corriente de iones y, posteriormente, detectar fallos de encendido en un motor CI, como se muestra en la Fig. 2.

[00018] Sin embargo, las bobinas de encendido de los motores de encendido por chispa están diseñadas para simplificar el proceso de producción de bobinas de encendido y reducir el coste de fabricación del sistema de encendido. En tales bobinas de encendido, los terminales **101B** y **103B** están conectados internamente a través de una conexión de devanado común y no hay posibilidad de conectar el circuito de medición de corriente de iones **201** al devanado secundario **103** por separado. Debido a la conexión eléctrica común de los terminales **101B** y **103B** del devanado primario **101** y el devanado secundario **103**, el circuito de medición de corriente iónica existente **201** se conecta a ambos devanados **101** y **103**. Como la resistencia eléctrica del devanado primario **101** es mucho menor en comparación con la resistencia eléctrica del devanado secundario **103**, el condensador del circuito de medición de corriente de iones **201** existente se descargaría del devanado primario **101** en lugar del devanado secundario **103** y, por lo tanto, no fluye corriente de iones en la bujía **106**.

[00019] En aplicaciones del motor de combustión, tales como vehículos, las siguientes son las desventajas de una condición de falla de encendido: debido a la ocurrencia de una falla de encendido en un evento de combustión, se desperdiciará combustible ya que no hay chispa para quemar el combustible. Esto degradará el rendimiento del vehículo debido a la reducción del kilometraje. El fallo de encendido tiene un impacto directo en la potencia/arranque del vehículo, ya que hay un evento de pérdida de combustión. El usuario puede sentir una sacudida repentina al conducir debido a un fallo de encendido. Estos pueden causar molestias al conductor. Además, debido a fallas de encendido, el combustible no quemado en el escape afecta la vida útil del catalizador en el convertidor y tiene un impacto directo en las emisiones. La detección y reducción de fallos de encendido tendrá un impacto en la durabilidad del vehículo. Por lo tanto, la técnica conocida adolece de fallos en la detección eficaz de fallos de encendido que conducen a una pobre fiabilidad del sistema de encendido y, finalmente, a

altas emisiones, incomodidad del conductor y reducción del kilometraje. Por lo tanto, existe la necesidad de un diseño de un sistema de detección de fallas de encendido que comprenda un circuito de medición de corriente de iones para detectar fallas de encendido, fallas de encendido completas y fallas de encendido  
5 parciales de manera efectiva en motores para una experiencia suave, durabilidad y cumplimiento de las normas de emisión por parte del motor. que supera los problemas anteriores y otros conocidos en la técnica.

**[00020]** Teniendo en cuenta los objetivos anteriores, la invención de prevención divulga un sistema de detección de fallos de encendido que comprende un circuito  
10 de medición de corriente de iones para detectar con precisión un fallo de encendido completo y un fallo de encendido parcial en un motor de encendido por chispa, donde un devanado primario y un devanado secundario de un bobina de encendido están conectados internamente.

**[00021]** Es un objeto de la presente invención restringir el flujo de corriente de iones a través del devanado primario de baja resistencia. Es otro objeto de la invención proporcionar un circuito de voltaje de polarización en el circuito de medición de corriente de iones que carga el capacitor en el circuito de medición de corriente de iones a un valor adecuado durante el disparo de una chispa en la bujía y aplica esta carga almacenada a la bujía para generar una diferencia de  
20 potencial entre los electrodos de la bujía, después de que se dispare la chispa. Esto da como resultado el flujo de corriente de iones a través del circuito de medición de corriente de iones y la medición de la corriente de iones ayudará a detectar la ocurrencia de un fallo de encendido o un fallo de encendido parcial. El tema actual permite superar los inconvenientes de la técnica conocida y asegura que el  
25 fallo de encendido se detecte con precisión, lo que permite un control fiable y una reducción de las emisiones para un motor, especialmente de pequeña capacidad.

**[00022]** En una realización, se describe un sistema de detección de fallos de encendido de un motor CI. El sistema de detección de fallos de encendido comprende un sistema de encendido, un circuito de medición de corriente de iones  
30 y un procesador de señales. El sistema de encendido comprende una bobina de encendido que comprende un devanado primario y un devanado secundario,

donde un primer extremo del devanado primario está conectado eléctricamente a un primer extremo del devanado secundario, y una bujía conectada eléctricamente en serie a un segundo extremo del devanado secundario. devanado secundario de la bobina de encendido. Un primer terminal de la bujía está conectado al segundo extremo del devanado secundario y un segundo terminal de la bujía está conectado a tierra. El circuito de medición de corriente de iones está conectado eléctricamente al primer extremo del devanado primario y al primer extremo del devanado secundario para medir una corriente de iones generada por la bujía después de un evento de chispa. El procesador de señal procesa y condiciona la corriente de iones medida por la medición de corriente de iones para determinar la ocurrencia de un fallo de encendido en el motor CI.

**[00023]** Un segundo extremo del devanado primario de la bobina de encendido está acoplado operativamente a una fuente de alimentación a través de un primer diodo. El primer extremo del devanado primario de la bobina de encendido está acoplado operativamente a un dispositivo de conmutación eléctrica para generar un voltaje primario en el devanado primario y un voltaje secundario en el devanado secundario de la bobina de encendido, y el dispositivo de conmutación eléctrica está controlado por una unidad de control. El primer diodo permite el flujo de una corriente primaria en el devanado primario para generar el voltaje primario e impide el flujo de la corriente de iones en el devanado primario a través del primer extremo del devanado secundario.

**[00024]** El circuito de medición de corriente de iones suministra un voltaje de polarización a la bujía para generar la corriente de iones. el circuito de medición de corriente de iones comprende una resistencia de polarización y un condensador de polarización conectado al primer extremo del devanado secundario para generar el voltaje de polarización para la bujía. Un primer terminal de la resistencia de polarización está conectado en serie al primer extremo del devanado secundario y el condensador de polarización está conectado en serie a un segundo terminal de la resistencia de polarización. El capacitor de polarización se carga usando una corriente de chispa durante el evento de chispa en la bujía y el capacitor de polarización se descarga después del evento de chispa para

proporcionar el voltaje de polarización para la bujía. El condensador de polarización y la resistencia de polarización definen la constante de tiempo del circuito de medición de corriente de iones y una velocidad de carga y descarga del condensador de polarización.

- 5 **[00025]** El circuito de medición de corriente iónica comprende además un elemento de control de tensión conectado en paralelo al condensador de polarización para limitar la tensión de polarización a través del condensador de polarización durante la carga. En una realización, el elemento de control de voltaje es un diodo zener. El circuito de medición de corriente de iones
- 10 comprende además una red de resistencias divisoras de tensión, que comprende una resistencia de detección, conectada en serie entre el condensador de polarización y tierra para medir la corriente de iones. El circuito de medición de corriente de iones comprende además un segundo diodo conectado en paralelo a la resistencia de detección para proporcionar un camino de baja impedancia para una
- 15 corriente de chispa e impedir el flujo de la corriente de iones.

- [00026]** En otra realización, se describe un circuito de medición de corriente de iones para medir una corriente de iones generada a partir de una bujía de encendido de un motor CI. En esta realización, el circuito de medición de corriente de iones comprende una resistencia de polarización conectada en serie
- 20 con un primer extremo de un devanado primario y un primer extremo de un devanado secundario de una bobina de encendido, un condensador de polarización conectado en serie a un segundo terminal del devanado de polarización resistencia para generar un voltaje de polarización para la bujía. Un primer terminal de la resistencia de polarización está conectado en serie al primer extremo del devanado
- 25 secundario. Un elemento de control de voltaje está operativamente conectado en paralelo al capacitor de polarización, para limitar el voltaje de polarización a través del capacitor de polarización durante un evento de chispa usando una corriente de chispa. Una red de resistencias divisoras de tensión, que comprende una resistencia de detección, está conectada en serie entre el condensador de
- 30 polarización y tierra para medir la corriente de iones. Un segundo diodo está conectado en paralelo a la resistencia de detección para proporcionar un camino

de baja impedancia para la corriente de chispa e impedir el flujo de la corriente de iones.

[00027] El condensador de polarización se carga usando la corriente de chispa durante el evento de chispa en la bujía y se descarga después del evento de chispa para proporcionar el voltaje de polarización. En esta realización, la bujía está conectada eléctricamente en serie a un segundo extremo del devanado secundario de la bobina de encendido, donde un primer terminal de la bujía está conectado al segundo extremo del devanado secundario y un segundo terminal de la bujía está conectado a tierra. Un segundo extremo del devanado primario de la bobina de encendido está acoplado operativamente a una fuente de alimentación a través de un primer diodo y el primer extremo del devanado primario de la bobina de encendido está acoplado operativamente a un dispositivo de conmutación eléctrica para generar un voltaje secundario en el devanado secundario de la bobina de encendido. El primer diodo permite el flujo de la corriente primaria en el devanado primario e impide el flujo de la corriente de iones en el devanado primario a través del primer extremo del devanado secundario. La corriente de iones medida es procesada y condicionada por un procesador de señales para determinar la ocurrencia de un fallo de encendido en el motor CI.

[00028] En una realización, se describe un sistema de encendido de un motor de combustión interna. El sistema de encendido comprende una bobina de encendido que comprende un devanado primario y un devanado secundario, una bujía conectada eléctricamente en serie a un segundo extremo del devanado secundario de la bobina de encendido, y un primer diodo conectado eléctricamente entre una fuente de alimentación y un segundo extremo del devanado primario. Un primer extremo del devanado primario está conectado eléctricamente a un primer extremo del devanado secundario. Un primer terminal de la bujía está conectado al segundo extremo del devanado secundario y un segundo terminal de la bujía está conectado a tierra. El primer diodo permite el flujo de una corriente primaria en el devanado primario e impide el flujo de una corriente de iones en el devanado primario a través del primer extremo del devanado secundario. El sistema de encendido comprende además un dispositivo de conmutación eléctrica conectado

eléctricamente en serie al primer extremo del devanado primario para generar un voltaje secundario en el devanado secundario de la bobina de encendido, en el que el dispositivo de conmutación eléctrica está controlado por una unidad de control.

[00029] En esta realización, el primer extremo del devanado primario y el primer extremo del devanado secundario están conectados eléctricamente a un circuito de medición de corriente de iones para medir la corriente de iones generada por la bujía después de un evento de chispa. El circuito de medición de corriente de iones suministra un voltaje de polarización a la bujía para generar la medición de la corriente de iones. La corriente iónica medida es procesada y condicionada por un procesador de señal para determinar la ocurrencia de un fallo de encendido en el motor CI.

[00030] El presente objeto describe así una interacción de la bobina de encendido con un circuito de medición de corriente de iones específico destinado a funcionar, cuando el lado primario y el lado secundario de la bobina de encendido tienen una conexión eléctrica común. El resumen proporcionado anteriormente explica las características básicas de la invención y no limita el alcance de la invención. La naturaleza y otras características de la presente invención quedarán más claras a partir de las siguientes descripciones hechas con referencia a los dibujos adjuntos.

[00031] La figura 3 ilustra a modo de ejemplo un diagrama esquemático de un sistema de detección de fallos de encendido 300, según una realización de la presente invención. Como se ilustra a modo de ejemplo, el sistema de detección de fallos de encendido 300 comprende un sistema de encendido 303 y un circuito de medición de corriente de iones 302. El diseño propuesto del sistema de encendido 303 con el circuito de medición de corriente de iones 302 se adapta a la restricción de conexión eléctrica común del devanado primario 101 y el devanado secundario 103 de una bobina de encendido 107. El sistema de encendido 303 comprende la bobina de encendido 107, una bujía 106, un primer diodo 301 y un dispositivo de conmutación eléctrica. La bobina de encendido 107 comprende un devanado primario 101 y un devanado secundario 103. La bobina de encendido 107 es un transformador configurado para transferir energía eléctrica en el

devanado primario **101** al devanado secundario **103** o viceversa. El voltaje en el devanado primario **101** es un voltaje primario y el voltaje en el devanado secundario **103** es un voltaje secundario. El voltaje secundario es sustancialmente mayor que el voltaje primario, y esto se logra mediante la relación de vueltas del devanado primario **101** y el devanado secundario **103**. Cada uno de los devanados primario **101** y secundario **103** comprende un primer extremo **101B** y **103B** y un segundo extremo **101A** y **103A** respectivamente. El primer extremo **101B** del devanado primario **101** está conectado al primer extremo **103B** del devanado secundario **103**. La bujía **106** está conectada eléctricamente en serie a un segundo extremo **103A** del devanado secundario **103**. Un primer terminal **106A** de la bujía **106**, es decir, un terminal de un electrodo de chispa está conectado al segundo extremo **103A** del devanado secundario **103** y el segundo terminal **106B** de la bujía **106**, un terminal de otro electrodo de chispa está conectado a tierra. Así, la bujía **106** es una bujía puesta a tierra.

**[00032]** El primer diodo **301** está conectado eléctricamente entre una fuente de alimentación **102** y un segundo extremo **101A** del devanado primario **101**. El primer diodo **301** permite el flujo de una corriente primaria en el devanado primario **101** y evita el flujo de una corriente iónica en el devanado primario **101** a través del primer extremo **103B** del devanado secundario **103**. El dispositivo de conmutación eléctrica está eléctricamente conectado en serie al primer extremo **101B** del devanado primario **101** para generar el voltaje secundario en el devanado secundario **103** de la bobina de encendido **107**. El dispositivo de conmutación eléctrica **104** está controlado por una unidad de control **105**. El dispositivo de conmutación eléctrica **104** puede ser un transistor, un interruptor, un relé o una combinación de los mismos. La unidad de control **105** puede ser una unidad de control del motor que genera una señal de activación de chispa para activar la generación de chispa en el espacio de chispa de la bujía **106** para la combustión de la mezcla de aire y combustible en el cilindro del motor.

**[00033]** En función de la señal de activación de la chispa, la unidad de control **105** controla la apertura y el cierre del dispositivo de conmutación eléctrica **104**. Cuando la señal de activación de la chispa es alta, el dispositivo de conmutación

eléctrica **104** se cierra conectando el terminal **101B** del devanado primario **101** al suelo. Esto da como resultado una polarización directa del primer diodo **301** y el flujo de corriente primaria desde la fuente de alimentación **102** a través del devanado primario **101**. La corriente primaria fluye desde la fuente de alimentación **102**, una batería a través del primer diodo **301** y el devanado primario **101** hacia el terreno. El devanado primario **101** almacena energía durante el tiempo de permanencia, es decir, el tiempo de duración del flujo de corriente primaria en el devanado primario **101**. La unidad de control **105** ahora puede transmitir una activación de chispa baja y el dispositivo de conmutación eléctrica **104** se abre. Tan pronto como el circuito de control **105** abre el dispositivo de conmutación eléctrica **104**, aparece un voltaje primario transitorio en el terminal **101B** del devanado primario **101** debido a la interrupción repentina del flujo de corriente primaria en el circuito inductivo del devanado primario **101**. Esto conduce a que se genere un voltaje secundario en el devanado secundario **103** al finalizar el tiempo de permanencia. El voltaje secundario se aplica a la bujía **106** y se produce una caída de voltaje en el espacio de la bujía **106**, por lo que se genera una chispa. Durante el evento de chispa, la chispa generada en el espacio de la bujía **106** enciende la mezcla de aire y combustible y la corriente de chispa fluyen a través del espacio en la bujía **106** a través del devanado secundario **103**. El primer diodo **301** tiene polarización inversa ya que el voltaje en el terminal **101B** es mucho más alto que el voltaje de la batería en el terminal **102**.

[00034] El primer extremo **101B** del devanado primario **101** y el primer extremo **103B** del devanado secundario **103** están conectados eléctricamente a un circuito de medición de corriente de iones **302**. El circuito de medición de corriente de iones **302** suministra un voltaje de polarización a la bujía **106** para generar una corriente de iones en el devanado secundario **103**. El circuito de medición de corriente de iones **302** también mide la corriente de iones generada por la bujía **106** después del evento de chispa. Dado que el primer diodo **301** conectado al devanado primario **101** de la bobina de encendido **107** tiene polarización inversa, el circuito de la batería al dispositivo de conmutación eléctrica **104** no está

completo. Por lo tanto, la corriente de iones no fluye a través del devanado primario **101**.

[00035] Además, la corriente de chispa generada durante el evento de chispa no fluye desde el devanado secundario **103** a través del devanado primario **101**, la  
5 batería en el terminal **102** y la conexión a tierra, aunque la resistencia del circuito conectado al devanado primario **101** es más bajo que el devanado secundario **103**. El devanado secundario **103** está provisto de una conexión a tierra a través del circuito de medición de corriente de iones **302** como se muestra en la Fig. 3. La corriente de chispa fluye desde tierra, a través del espacio de la bujía **106**, el  
10 devanado secundario **103**, el circuito de medición de corriente de iones **302** y la tierra. La corriente de chispa genera el voltaje de polarización en el circuito de medición de corriente de iones **302**. El circuito de medición de corriente de iones **302** suministra el voltaje de polarización a la bujía **106** e inicia el flujo de corriente de iones en el devanado secundario **103** a través del circuito de medición  
15 de corriente de iones **302** como se dará a conocer en la descripción detallada de la Fig. 4.

[00036] La figura 4 ilustra a modo de ejemplo el sistema de detección de fallos de encendido **300** que comprende el circuito de medición de corriente de iones **302** y el procesador de señal **401**, de acuerdo con una realización de la presente  
20 invención. Como se ilustra a modo de ejemplo, el circuito de medición de corriente de iones **302** comprende una red de un elemento de control de voltaje **302A**, un diodo **302D**, una red de resistencia divisora de voltaje de resistencias **302E** y **302F**, una resistencia de polarización **302B** y un condensador de polarización **302C**. La resistencia de polarización **302B** está conectada en serie  
25 con el primer extremo **101B** del devanado primario **101** y el primer extremo **103B** del devanado secundario **103** de la bobina de encendido **107**. Un primer terminal **302B1** de la resistencia de polarización **302B** está conectado en serie con el primer extremo **103B** del devanado secundario **103**. La resistencia de polarización **302C** está conectada en serie a un segundo terminal **302B2** de la resistencia de  
30 polarización **302B** para generar el voltaje de polarización para la bujía **106**. La resistencia de polarización **302C** carga usando la corriente de chispa durante el

evento de chispa en la bujía **106**, y se descarga después del evento de chispa para proporcionar el voltaje de polarización a la bujía **106**. La resistencia de polarización **302C** y la resistencia de polarización **302B** definen la constante de tiempo del circuito de medición de corriente de iones **302** y una tasa de carga y  
5 descarga de la resistencia de polarización **302C**.

[00037] La constante de tiempo del circuito de medición de corriente de iones **302** se basa en los valores de la resistencia de polarización **302B** y el condensador de polarización **302C**. Los valores de la resistencia de polarización **302B** y el condensador de polarización **302C** son tales que el condensador de polarización  
10 **302C** no se carga completamente durante el evento de chispa usando la corriente de chispa. Si la constante de tiempo del circuito de medición de corriente iónica **302** es baja (~10 ms) según los valores de resistencia y capacitancia de la resistencia de polarización **302B** y la resistencia de polarización **302C**, la corriente de chispa fluye a través del elemento de control de voltaje **302A** y no  
15 puede haber pérdida de energía de la chispa.

[00038] El elemento de control de voltaje **302A** está operativamente conectado en paralelo a la resistencia de polarización **302C**, para limitar el voltaje a través de la resistencia de polarización **302C** durante el evento de chispa. El elemento de control de voltaje **302A** puede ser una variedad de componentes, pero sin  
20 limitarse a ellos, un diodo zener, un transistor, un regulador de derivación o cualquier combinación de los mismos. El diodo zener **302A** está conectado en paralelo al condensador **302C** para mantener el voltaje de polarización adecuado requerido para producir la corriente de iones.

[00039] La red de resistencias divisoras de voltaje **302E** y **302F**, que comprende  
25 una resistencia de detección **302F**, está conectada en serie entre la resistencia de polarización **302C** y tierra para medir la corriente de iones. Un segundo diodo **302D** está conectado en paralelo a la resistencia de detección **302F** para proporcionar un camino de baja impedancia para la corriente de chispa y para impedir el flujo de la corriente de iones. Las resistencias **302E** y **302F** en la red de  
30 resistencias divisoras de voltaje ofrecen mayor resistencia a la corriente de chispa. El segundo diodo **302D** está polarizado directamente para permitir que la corriente

de la chispa fluya a tierra. La corriente de chispa generada fluye desde tierra, a través del espacio de la bujía **106**, el devanado secundario **103**, la resistencia de polarización **302B**, la resistencia de polarización **302C**, el segundo diodo **302D** y la tierra.

- 5    **[00040]** La resistencia de polarización **302C** del circuito de medición de corriente de iones **302** está configurada para proporcionar el voltaje de polarización a través del espacio de la bujía **106** a través del devanado secundario **103** para ionizar las partículas de aire y por lo tanto producir la corriente de iones. La corriente de iones fluye desde tierra a través de la red de resistencias divisoras de voltaje **302E** y **302F**, la resistencia de polarización **302C**, la resistencia de polarización **302B**,  
10    el devanado secundario **103** y el espacio de la bujía **106**, a tierra. La red de resistencias divisoras de voltaje con las resistencias **302E** y **302F** forma un circuito de detección para la corriente de iones. El voltaje medido a través de la resistencia de detección **302F** es indicativo de la corriente de iones. El flujo de la  
15    corriente de iones produce un voltaje negativo a través de la resistencia de detección **302F**. Este voltaje es una medida del flujo de corriente de iones y se detecta como una señal de corriente de iones. El procesador de señal **401** procesa y acondiciona la señal de corriente iónica medida para detectar la aparición de un fallo de encendido en el motor. Esta señal de corriente de iones se procesa  
20    adicionalmente a través del circuito de filtrado del procesador de señales **401** para extraer la información deseada. La resistencia de la resistencia de detección **302F** se selecciona para proporcionar una magnitud de voltaje adecuada para que el procesador de señal **401** detecte y procese la señal de corriente de iones. Es decir, la resistencia de detección **302F** puede seleccionarse para garantizar que el flujo  
25    de corriente de iones induzca un voltaje suficientemente grande para evitar la susceptibilidad al ruido o errores de detección. La resistencia de detección **302F** se emplea para reducir los niveles de voltaje del ruido eléctrico experimentado por el procesador de señal **401** mientras detecta y procesa la señal de corriente iónica. El voltaje a través de la resistencia de detección **302F** se obtiene aplicando un  
30    divisor de voltaje a través de las resistencias **302E** y **302F**. Por lo tanto, el voltaje

de la señal de corriente de iones está influenciado por la resistencia de ambas resistencias **302E** y **302F**.

[00041] La resistencia de polarización **302B** está conectada entre la bobina de encendido **107** y el condensador de polarización **302C** para definir la constante de tiempo del circuito de medición de corriente de iones **302**. El voltaje a través del condensador de polarización **302C** está restringido al voltaje nominal máximo del diodo zener **302A**. El voltaje de polarización a través de la resistencia de polarización **302C** también limita el valor máximo del voltaje primario en el devanado primario **101**. El valor de la resistencia de polarización **302B** es crítico para mantener el valor de voltaje primario en su condición deseada para que ocurra el evento de chispa.

[00042] Los valores de la resistencia de polarización **302B** y el condensador de polarización **302C** están configurados de tal manera que la constante de tiempo (T) del circuito es igual a 1,5 ms ( $\sim RC$ ). El condensador de polarización **302C** requiere una duración aproximada de  $5T$  ( $\sim 7,5$  ms) para cargarse completamente utilizando la corriente de chispa. El tiempo máximo para el disparo de la chispa es mayor que la constante de tiempo (t) y menor que el tiempo de carga ( $5T$ ) de la resistencia de polarización **302C**. Por tanto, la corriente de la chispa siempre fluiría a través del condensador de polarización **302C** ya que el condensador de polarización **302C** nunca se cargaría completamente y alcanzaría un estado de circuito abierto. El condensador de polarización cargado **302C** aplica el voltaje de polarización al espacio de la bujía **106** después del disparo de la chispa, lo que provoca el flujo de la corriente de iones a través de la resistencia de detección **302F**. La corriente de iones se mide a través de la resistencia de detección **302F** y se procesa adicionalmente a través del procesador de señales **401** para obtener la información deseada sobre la ocurrencia de un fallo de encendido o un fallo de encendido parcial en el motor. El procesador de señal **401** detecta la ocurrencia de un fallo de encendido basándose en la tendencia de la señal de corriente de iones durante una condición de fallo de encendido y sin fallo de encendido. En las Figs. **5-8**.

[00043] Las figuras 5-6 ilustran a modo de ejemplo diagramas de tiempo para el voltaje primario en el devanado primario 101 de la bobina de encendido 107 y la corriente de iones durante una condición de fallo de encendido. La figura 6 es una vista ampliada del diagrama de temporización ilustrado en la figura 5. La

5 condición de falla de encendido puede ser una condición de falla de encendido parcial o una condición de falla de encendido completa. Fluye cierta cantidad de corriente de iones debido a la combustión incompleta durante el fallo de encendido parcial. Durante una condición de fallo de encendido completo debido a la ausencia de chispa, no hay flujo de corriente de iones. Como puede verse, en

10 un instante en que finaliza el evento de chispa después de un tiempo de permanencia, la corriente de iones comienza a fluir en el circuito de medición de corriente de iones. Sin embargo, cuando hay un fallo de encendido en el circuito, los picos en la señal de corriente de iones están ausentes o suprimidos, como se muestra en las Figs. 5-6.

15 [00044] Las figuras 7-8 ilustran a modo de ejemplo diagramas de temporización para el voltaje primario en el devanado primario 101 de la bobina de encendido 107 y la corriente de iones durante una condición sin fallo de encendido. La Fig. 8 es una vista ampliada del diagrama de tiempo ilustrado en la Fig. 7. Como puede verse, en un instante en que finaliza el evento de chispas después de un tiempo de

20 permanencia, la corriente de iones comienza a fluir en el circuito de medición de corriente de iones. Durante el ciclo de combustión normal, cuando no hay fallos de encendido en el sistema de encendido 303, se observan algunas oscilaciones en la señal de corriente de iones al final del disparo de la chispa. Estas oscilaciones ocurren debido al proceso de ionización. El evento de combustión se identifica así

25 por la presencia de oscilaciones en la señal de corriente de iones. El fallo de encendido en el ciclo de combustión se detecta por la ausencia de oscilaciones en el circuito de corriente de iones. Aunque las oscilaciones no están ausentes en las Figs. 5-6, cierta cantidad de corriente de iones fluye a través del circuito de medición de corriente de iones 302. El procesador de señales 401 realiza un

30 análisis de las formas de onda para comprender las características de la señal de corriente de iones que deben extraerse y supervisarse para implementar un sistema

robusto. estrategia de detección de fallos de encendido. El procesador de señales **401** puede detectar la presencia y ausencia de oscilaciones en las formas de onda y la frecuencia de las oscilaciones para determinar la ocurrencia de un fallo de encendido, un fallo de encendido parcial y un fallo de encendido en el motor CI.

- 5 **[00045]** Las realizaciones del sistema de detección de fallos de encendido que se describen en el presente documento proporcionan un avance técnico en el campo del rendimiento del motor CI de la siguiente manera: La interacción del sistema de encendido con conexión común entre el devanado primario y el devanado secundario de la bobina de encendido, el ion circuito de medición de corriente, y
- 10 el procesador de señal detecta efectivamente la ocurrencia de fallos de encendido en los motores CI, con pérdidas de energía reducidas. El capacitor de polarización, si está completamente cargado, se comporta como un circuito abierto y no habría ningún camino para el flujo de la corriente de chispa a través del capacitor de polarización y habría pérdida de energía de chispa. Para evitar esto, los valores
- 15 para la resistencia de polarización y el condensador de polarización se seleccionan de manera que nunca carguen completamente el condensador de polarización. El segundo diodo proporciona un camino para la corriente de la chispa y limita el voltaje a través de la red de resistencias divisoras de voltaje para proteger la resistencia de polarización, el capacitor de polarización y el procesador de señal
- 20 de condiciones de sobrevoltaje.

- [00046]** Además, la capacitancia del condensador de polarización se elige para garantizar que el voltaje de polarización aplicado al espacio de chispa permanezca relativamente constante durante un ciclo del motor. Es decir, se garantiza que la velocidad de descarga del condensador de polarización no caiga drásticamente
- 25 cuando la resistencia de detección mide la corriente de iones. Si el voltaje primario es menor que un valor predeterminado, no podría generar chispa en el lado secundario. El valor de la resistencia de polarización se selecciona para mantener el valor del voltaje primario en su condición deseada para que tenga lugar el evento de chispa. La capacitancia del capacitor de polarización asegura
- 30 que se aplique un voltaje de polarización apropiado a la bujía. Durante la condición de operación normal (tiempo de permanencia), el primer diodo tiene

polarización directa y no afecta la operación de la bobina de encendido. Durante las chispas y el flujo de corriente de iones, el primer diodo se polariza inversamente ya que el voltaje en el primer extremo del devanado secundario es mucho más alto que el voltaje de la batería. Esto evita la descarga del condensador de polarización del devanado primario y permite el flujo de corriente de iones a través del devanado secundario.

**[00047]** Además, todos los componentes del circuito de medición de la corriente de iones están colocados muy cerca del sistema de encendido y del procesador de señales para evitar caídas de voltaje debido al largo cableado que corre entre ellos.

10 La red de resistencia divisora de voltaje limita la pérdida de corriente de chispa y asegura que la corriente de iones adecuada fluya a través de la resistencia de detección para medir el nivel de voltaje de la señal de corriente de iones. La magnitud y la forma de la señal de corriente de iones proporciona información sobre el evento de fallo de encendido. Por lo tanto, la medición de la corriente de iones es indicativa del evento de combustión así como de la calidad de la combustión.

**[00048]** La detección de fallos de encendido usando el sistema de detección de fallos de encendido informará al usuario del motor CI o un vehículo que emplea el motor CI sobre los eventos de fallos de encendido en el motor de encendido por chispa y al investigar y rectificar las causas del fallo de encendido, se mejora el rendimiento del vehículo, mejorando así la fiabilidad, la durabilidad, el kilometraje del vehículo y la comodidad ofrecida al usuario del vehículo. La detección de fallas de encendido informará al conductor sobre los eventos de fallas de encendido en el vehículo y al investigar y rectificar las causas de las fallas de encendido, el usuario puede mejorar el rendimiento del vehículo.

25 Además, la detección oportuna de fallos de encendido en el motor y la rectificación de la falla reducen la degradación del desempeño del catalizador y lambda en el vehículo. Además de detectar la ocurrencia de fallas de encendido, el sistema de detección de fallas de encendido de la presente invención puede detectar detonaciones, determinar la sincronización de las bujías y realizar mediciones de la duración de las chispas, realizar análisis de la calidad de la

30

combustión en el motor y ayudar en el mantenimiento de las bujías. el motor, utilizando el circuito de medición de corriente de iones.

**[00049]** Se pueden incorporar en este documento mejoras y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención.

## LISTA DE NUMERALES DE REFERENCIA

- 101- Devanado primario
- 101A- Segundo extremo del devanado primario
- 5 101B- Primer extremo del devanado primario
- 102- Fuente de alimentación
- 103- Devanado secundario
- 103A- Segundo extremo del devanado secundario
- 103B- Primer extremo del devanado secundario
- 10 104- Dispositivo de conmutación eléctrica
- 105- Unidad de control
- 106- Bujía
- 106A- Primer terminal
- 106B- Segundo terminal
- 15 107- Bobina de encendido
- 201-Circuito de medición de corriente de iones existente
- 300-Sistema de detección de fallos de encendido
- 301-primer diodo
- 302-Circuito de medición de corriente de iones (presente invención)
- 20 302A-Elemento de control de voltaje
- 302B-Resistencia de polarización
- 302B1-Primer terminal
- 302B2-Segundo terminal
- 302C-Condensador de polarización
- 25 302D-Segundo diodo
- 302F-Resistencia de detección
- 303-Sistema de encendido (presente invención)
- 401- Procesador de señal