



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 350 812**

51 Int. Cl.:
F02P 9/00 (2006.01)
F02P 17/12 (2006.01)
F02P 23/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08762077 .9**
96 Fecha de presentación : **13.02.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2126341**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.12.2009**

54 Título: **Optimización de la generación de una chispa de encendido de radiofrecuencia.**

30 Prioridad: **01.03.2007 FR 07 01498**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.01.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.01.2011

73 Titular/es: **RENAULT S.A.S.**
13-15, quai Alphonse le Gallo
92100 Boulogne-Billancourt, FR

72 Inventor/es: **Agneray, Andre;**
Jaffrezic, Xavier y
Nouvel, Clement

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 350 812 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

La presente invención concierne al pilotaje de la alimentación de un resonador de generación de plasma, en particular en una aplicación de encendido de automóvil por plasma mediante sollicitación de radiofrecuencia del resonador de una bujía multichispa.

5 En el dominio del encendido del automóvil moderno, la bujía multichispa BMC presenta una innovación apreciable y una geometría diferente de las bujías de encendido convencionales. Una BMC como tal está descrita en detalle en las siguientes publicaciones de las sollicitudes de patente en nombre de la sollicitante FR 2 859 830, FR 2 859 869, FR 2 859 831, FR 2 878 086 y FR 2 881 281.

10 Una BMC comprende un resonador cuya frecuencia de resonancia F_c se sitúa en el rango de las altas frecuencias, típicamente entre 4 y 6 MHz, para asegurar la alimentación de la bujía con una tensión amplificada mediante resonancia. La aplicación, por el resonador a los electrodos de la bujía, de una tensión alterna en la gama de las radiofrecuencias, permite desarrollar unas descargas multifilamentosas
15 entre los electrodos de la bujía, sobre distancias del orden del centímetro, a alta presión y para tensiones de cresta inferiores a 20 kV.

Se habla en tal caso de chispas ramificadas, en la medida en que éstas implican la generación simultánea de por lo menos varias líneas o caminos de ionización en un volumen dado, siendo además esas ramificaciones omnidireccionales.

20 El pilotaje de alimentación de una BMC como tal requiere la utilización de un generador de alta tensión cuya frecuencia de funcionamiento está muy próxima a la frecuencia de resonancia del resonador de radiofrecuencia. Cuanto más reducida sea la diferencia entre la frecuencia de resonancia del resonador y la frecuencia de funcionamiento del generador, más elevado será el coeficiente de sobretensión del resonador (razón entre la amplitud de su tensión de salida y su tensión de entrada).
25

Un generador de tensión como tal, detallado en la sollicitud de patente FR 03 – 10767, consiste principalmente en utilizar una frecuencia de comando del resonador lo más próxima posible a la frecuencia de resonancia del resonador, con el fin de beneficiarse de un coeficiente de sobretensión lo más alto posible.

30 Se constata sin embargo que, si la amplitud total de la tensión aplicada a la salida del resonador hacia los electrodos de la bujía es demasiado elevada, existe un riesgo de ver la chispa concentrarse en un único filamento. Este fenómeno, que se describirá bajo el término de “puenteo” a lo largo de la descripción, localiza la energía en una pequeña zona filamentosa, volviéndose entonces la descarga mucho menos

eficaz para iniciar el encendido de la mezcla aire – combustible entre los electrodos, con respecto a una chispa ramificada.

La presente invención pretende remediar este inconveniente, permitiendo maximizar en tiempo real el volumen de la chispa generada a la vez que se reduce la
5 ocurrencia de puentes, es decir, la aparición de descargas filamentosas.

Con este objetivo a la vista, la invención tiene como objeto un procedimiento de comando de un generador de plasma de radiofrecuencia, que comprende:

- un circuito de alimentación, que presenta un interruptor comandado por una señal de comando bajo la forma de por lo menos un tren de impulsos de comando, que
10 aplica una tensión intermedia sobre una salida del circuito de alimentación a la frecuencia definida por la señal de comando,

- un resonador, conectado a la salida del circuito de alimentación y apto para generar una chispa entre dos electrodos cuando un nivel alto de tensión es aplicado a la salida del circuito de alimentación, estando caracterizado dicho procedimiento
15 porque éste comprende:

- la recepción de unas primeras señales de medida representativas del funcionamiento de un motor de combustión,

- la recepción de unas segundas señales de medida eléctrica representativas del tipo de chispa generada, y

- la regulación en tiempo real, en función de la primera y de la segunda señal de medida recibidas, de por lo menos un parámetro tomado entre por lo menos el nivel de la tensión intermedia, la frecuencia de comando, la duración del tren de impulsos de comando, con el fin de favorecer una ramificación de la chispa generada, y

- la regulación conjunta del nivel de la tensión intermedia y de la duración del
25 tren de impulsos de comando.

Ventajosamente, siendo generada la señal de comando bajo la forma de una pluralidad de trenes de impulsos de comando, la regulación concierne al número de dichos trenes y al tiempo entre trenes.

Ventajosamente, el procedimiento comprende la memorización de relaciones
30 entre las señales de medida y el valor de los parámetros a regular, consistiendo la regulación en determinar y aplicar el valor de por lo menos el parámetro a regular en función de las señales de medida recibidas y de las relaciones memorizadas.

Con preferencia, las primeras señales de medida son elegidas dentro del grupo que comprende la temperatura de aceite del motor, la temperatura del líquido de refrigeración del motor, el par motor, el régimen del motor, el ángulo de encendido, la
35

temperatura del aire de admisión, la presión al nivel del colector, la presión atmosférica, la presión en la cámara de combustión o el ángulo de presión máxima.

Con preferencia, las segundas señales de medida comprenden por lo menos una medida de la tensión en los bornes de un condensador de almacenamiento que proporciona la tensión intermedia a la entrada del resonador y / o por lo menos una medida de corriente en el resonador.

Según un modo de realización, se realiza una primera medida de la tensión en los bornes del condensador de almacenamiento antes o al principio del tren de impulsos de comando y una segunda medida de dicha tensión después o al final del tren de impulsos de comando.

Según una variante, se realiza una pluralidad de medidas durante la duración del tren de impulsos de comando.

Con preferencia, el procedimiento comprende la regulación de la frecuencia de comando en un valor de consigna sensiblemente igual a la frecuencia de resonancia del resonador.

La invención concierne igualmente a un dispositivo de generación de plasma de radiofrecuencia que comprende:

- un circuito de alimentación que presenta un interruptor comandado por una señal de comando bajo la forma de por lo menos un tren de impulsos de comando, aplicando el interruptor una tensión intermedia sobre una salida del circuito de alimentación a la frecuencia definida por la señal de comando,

- un resonador conectado a la salida del circuito de alimentación y apto para generar una chispa entre dos electrodos cuando un nivel alto de tensión es aplicado sobre la salida del circuito de alimentación,

estando caracterizado dicho dispositivo porque comprende un módulo de control adaptado para poner en práctica el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

Otras características y ventajas de la presente invención se harán evidentes más claramente con la lectura de la descripción que sigue, dada a título de ejemplo ilustrativo y no limitativo, y hecha con referencia a las figuras anexas, en las cuales:

- la figura 1 ilustra un modo de realización de un dispositivo de generación de plasma;
- la figura 2 ilustra un modelo eléctrico utilizado por el resonador;
- la figura 3 ilustra un esquema del principio de encendido de radiofrecuencia.

- la figura 4 ilustra un dispositivo de generación de la tensión intermedia que interviene en el encendido de radiofrecuencia que integra un módulo de control según la invención.

5 Con referencia a la figura 1, un dispositivo de generación de plasma comprende principalmente tres subconjuntos funcionales:

- una alimentación 2, prevista para hacer resonar una estructura LC a una frecuencia superior a 1 MHz con una tensión en los bornes del condensador superior a 5 kV, con preferencia superior a 6 kV;

10 - un resonador 6, conectado a la salida del circuito de alimentación, que presenta un factor de sobretensión superior a 40 y una frecuencia de resonancia superior a 1 MHz;

- una cabeza de bujía 110, que comprende dos electrodos 103 y 106 separados por un aislante 100, que permite generar un plasma ramificado durante la aplicación de la excitación de radiofrecuencia en los bornes de sus electrodos.

15 El circuito de alimentación 2 comprende ventajosamente:

- una alimentación de baja tensión 3 (que genera una tensión continua inferior a 1000 V);

20 - un amplificador de radiofrecuencia 5, que amplifica la tensión continua y genera una tensión alterna a la frecuencia comandada por el comando de conmutación 4.

La tensión alterna generada por el amplificador 5 es aplicada sobre el resonador LC 6. El resonador LC aplica la tensión alterna entre los electrodos 103 y 106 de la cabeza de la bujía.

25 La tensión proporcionada por la alimentación 3 es inferior a 1000 V y la alimentación presenta con preferencia una potencia limitada. Se puede prever así que la energía aplicada entre los electrodos esté limitada a 300 mJ por encendido, por razones de seguridad. Se modera así igualmente la intensidad en el generador de tensión 2 y su consumo eléctrico. Para generar tensiones continuas superiores a 12 V en una aplicación automovilística, la alimentación 3 puede comprender un convertidor
30 de 12 Volts a Y Volts, siendo Y la tensión proporcionada por la alimentación al amplificador. Se puede generar así el nivel de tensión continua deseado a partir de una tensión de batería. No siendo *a priori* la estabilidad de la tensión continua generada un criterio determinante, se puede prever utilizar una alimentación por conmutación para alimentar al amplificador, por sus cualidades de robustez y
35 simplicidad.

El circuito de alimentación 2 permite concentrar las tensiones más elevadas sobre el resonador 6. El amplificador 5 trata de este modo tensiones mucho más reducidas que las tensiones aplicadas entre los electrodos de la bujía.

El amplificador 5 permite acumular la energía en el resonador 6 en cada alternancia de su tensión. Se utilizará con preferencia un amplificador 5 de clase E, tal como el detallado en la patente US – 5 187 580. Un amplificador como tal permite maximizar el factor de sobretensión. El experto en la técnica asociará por supuesto un dispositivo de conmutación adaptado al amplificador elegido, para soportar las exigencias de subidas de tensión y presentar una velocidad de conmutación adecuada.

La figura 2 ilustra un modelo eléctrico del resonador 6. Así, la bobina en serie 65 presenta en serie una inductancia L_s y una resistencia R_s teniendo en cuenta el efecto piel en el dominio de las radiofrecuencias. El condensador 119 presenta en paralelo una capacidad C_s y una resistencia R_p . Los electrodos de encendido 106 y 103 están conectados a los bornes del condensador de capacidad C_s .

La resistencia R_p se añade para modelizar la descarga y corresponde, llegado el caso, a la disipación en la cerámica de la bujía. Cuando el resonador es alimentado por una tensión a su frecuencia de resonancia f_0 ($1 / 2\pi\sqrt{L * C}$), la amplitud en los bornes del condensador de capacidad C_s es amplificada en el coeficiente de sobretensión Q definido por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{1}{\frac{\sqrt{L_s}}{R_p} + \frac{R_s}{\sqrt{C_s}}}$$

El dispositivo de generación de plasma que ha sido descrito puede comprender un resonador de generación de plasma adaptado para realizar un encendido comandado de un motor de combustión, un encendido en un filtro de partículas, o un encendido de descontaminación en un sistema de climatización.

La figura 3 ilustra un esquema del principio de encendido de radiofrecuencia según un modo de realización de un amplificador 5, que presenta un transistor MOSFET de potencia como interruptor comandando las conmutaciones en los bornes del resonador 6.

Así, un generador de señal de comando 8 aplica una señal de comando V_1 a una frecuencia de comando sobre la rejilla de un MOFSET de potencia 9, por medio de un dispositivo de amplificación 10 representado esquemáticamente. Con el fin de

controlarse la producción de chispas entre los electrodos de la bujía cuando su resonador es excitado por medio de la señal de comando V_1 , esta última no es permanente pero está presente bajo la forma de trenes de impulsos de comando a la frecuencia de comando.

5 Como se describe en la solicitud de patente EP – A – 1 515 594, un circuito resonante en paralelo 62 está conectado entre una fuente de tensión intermedia V_{inter} y el drenador del transistor 9. Este circuito 62 comprende una inductancia L_p en paralelo con una capacidad C_p .

10 El resonador en paralelo transforma la tensión intermedia V_{inter} en una tensión amplificada V_a , que es proporcionada sobre el drenador del transistor 9 unido a la entrada del resonador 6.

El transistor 9 actúa entonces como un interruptor y transmite (respectivamente, bloquea) la tensión V_a a la entrada del resonador 6 cuando la señal de comando V_1 está en el estado lógico alto (respectivamente bajo).

15 La tensión intermedia V_{inter} , proporcionada a la entrada del circuito resonante en paralelo 62, es generada típicamente por medio de un elevador de tensión, representado esquemáticamente en la figura 4.

20 El circuito elevador de tensión es, por ejemplo, alimentado a partir de una tensión de batería V_{bat} y está compuesto por una inductancia L_{elev} , por un transistor MOSFET K que sirve de interruptor pilotado por un módulo de control 20, por un diodo D_{elev} , y por un condensador C_{elev} . El módulo de control libera una señal de comando V_2 bajo la forma de un tren de impulsos de alta frecuencia, de forma tal que el interruptor K se vuelve conductor periódicamente. Cuando K está cerrado, la inductancia L_{elev} se carga con la tensión V_{bat} en sus bornes. Cuando K está abierto, el diodo D_{elev} se hace
25 conductor y la energía almacenada en la inductancia genera una corriente que se va a dirigir hacia la salida y hacia el condensador C_{elev} para cargarlo.

El condensador de almacenamiento C_{elev} es cargado de este modo hasta que se alcance el valor deseado V_{inter} . Para ello, un bucle de regulación, no representado, mide en todo momento el valor de la tensión en los bornes del condensador C_{elev} y
30 ordena al módulo de control la detención de la elevación de tensión a la salida cuando se alcanza el valor deseado.

El proceso de elevación de tensión es inhibido en todos los casos al principio y durante el tren de comando de encendido.

35 Para generar la descarga de la bujía, una cierta cantidad de energía es retenida en el condensador C_{elev} para ser proporcionada, después de la amplificación por el

circuito resonante 62, a la entrada del resonador 6, con el fin de permitir la aplicación de un alto nivel de tensión entre los bornes de los electrodos a una frecuencia definida por la señal de comando aplicada al interruptor 9. Durante el encendido, la tensión V_{inter} en los bornes del condensador C_{elev} disminuye. Por lo tanto, es necesario
5 recargarlo a la vista de la próxima descarga. Así, entre dos descargas, se repite el proceso de elevación de tensión explicado anteriormente.

La invención prevé actuar sobre un cierto número de parámetros de funcionamiento del sistema, o sobre al menos un de ellos, con el fin de limitar al máximo el fenómeno de puenteo durante la descarga de la bujía, en particular: la
10 tensión de alimentación del resonador prevista para aplicar la alta tensión en los bornes de los electrodos, la frecuencia de excitación del resonador, la duración del tren de comando, la eventualidad de realizar varios trenes y su número, así como el tiempo entre los trenes. Estos parámetros pueden ser ventajosamente regulables durante el tiempo de funcionamiento del sistema y su ajuste en tiempo real, como será explicado
15 más en detalle a continuación, debe permitir obtener una ramificación óptima de la descarga limitando la ocurrencia de puenteos.

En la medida en que el nivel de tensión aplicada entre los bornes de los electrodos interviene en primer lugar en el desarrollo de la descarga (y por lo tanto en la eventualidad de la aparición del puenteo), se puede por consiguiente, en un primer
20 momento, tomar en consideración limitar el mismo durante la descarga con el fin de evitar el fenómeno de puenteo.

Para hacer esto, se puede tomar en consideración utilizar un nivel reducido de tensión intermedia en los bornes del condensador C_{elev} antes del encendido, con respecto al nivel de tensión V_{inter} utilizado durante la generación de plasma con
25 puenteo, definiendo una consigna de tensión a proporcionar en los bornes de la capacidad de almacenamiento C_{elev} ajustable en tiempo real. Se entiende por tiempo real, la puesta al día de esta consigna entre un encendido y el siguiente sobre el mismo cilindro. En efecto, la tensión en los bornes de C_{elev} antes del encendido determina al final la amplitud de la tensión en los bornes de los electrodos del resonador durante la
30 descarga.

La consigna de tensión aplicada debe ser tal que permita situar el sistema en condiciones óptimas desde el punto de vista de la combustión, a saber: una ramificación de la chispa de volumen máximo para una amplitud de tensión aplicada en los bornes de los electrodos justo por debajo del límite de alta tensión a partir del cual
35 se produce el puenteo.

La regulación en tiempo real del valor de tensión intermedia a proporcionar en los bornes de C_{elev} tiene en cuenta las señales de medida de los parámetros de funcionamiento del motor de combustión.

5 Ventajosamente, la regulación en tiempo real del valor de tensión intermedia óptima a proporcionar en los bornes del condensador C_{elev} , puede ser ajustada teniendo igualmente en cuenta las señales de medida eléctrica de la alimentación del resonador 6, representativos del tipo de chispa realizada.

10 En efecto, el análisis de ciertas señales permite conocer con más o menos precisión el tipo de chispa realizada y el tipo de combustión que ha resultado. El tratamiento de estas señales permite entonces realizar una regulación sobre el valor de la tensión a proporcionar en los bornes del condensador C_{elev} antes del encendido, con el fin de optimizar el tipo de chispas desarrolladas en la cámara de combustión, en particular su volumen.

15 El proceso de regulación determina entonces el valor de la consigna de la tensión a proporcionar antes del encendido en los bornes de C_{elev} , en función de las relaciones memorizadas entre estas señales de medida y el valor de tensión a aplicar en los bornes de C_{elev} .

20 Adaptando así en tiempo real el valor de la tensión a aplicar en los bornes del condensador C_{elev} antes del encendido, en función de parámetros de funcionamiento del motor, por una parte, y de medidas eléctricas de la alimentación del resonador representativas del tipo de chispa generada, por otra parte, será posible mantener esta tensión de forma muy precisa en un valor a la vez suficiente para generar una chispa entre los electrodos y así iniciar el encendido, cuando ésta es aplicada mediante el resonador a los bornes de los electrodos, a la vez que es inferior al límite de alta
25 tensión a partir del cual se produce el puenteo.

Una regulación como tal en tiempo real de la tensión intermedia en los bornes de C_{elev} antes del encendido es realizada mediante el módulo de control 20.

30 Este último comprende así una interfaz 21 de recepción de señales de medida de los parámetros de funcionamiento del motor de combustión. Entre los parámetros de funcionamiento del motor medidos, se pueden considerar la temperatura de aceite del motor, la temperatura del líquido de refrigeración del motor, el par motor, el régimen del motor, el ángulo de encendido, la temperatura del aire de admisión, la presión al nivel del colector, la presión atmosférica, la presión en la cámara de combustión o el ángulo de presión máxima o cualquier magnitud característica del funcionamiento del

motor. Estos tipos de media pueden ser efectuados de forma conocida en sí por el experto en la técnica.

Ventajosamente, el módulo de control 20 comprende igualmente una interfaz 22 de recepción de señales de medida eléctrica representativas del tipo de chispa generada.

El módulo de control 20 comprende un módulo de memoria 26 en el cual son almacenadas las relaciones entre las señales de medida y el valor de tensión a proporcionar en los bornes del condensador C_{elev} antes del encendido. Estas relaciones pueden ser establecidas en función de pruebas previas. El módulo de memoria 26 puede memorizar las relaciones bajo la forma de una función que asocia las señales de medida predeterminadas con una única consigna de tensión a proporcionar. Por ejemplo, se puede extrapolar una función lineal o una función polinómica en función de los resultados de pruebas previas sobre un resonador haciendo variar los diferentes parámetros tenidos en cuenta. El módulo de memoria puede memorizar igualmente las relaciones bajo la forma de una tabla multidimensional que tiene como entrada las señales de medida.

El módulo de control 20 comprende un módulo 25 que determina la consigna de tensión a proporcionar en función de las señales de medida recibidas y de las relaciones memorizadas en la memoria 26. La consigna es proporcionada por el módulo 25 a un módulo 27, que aplica una señal de comando V_2 sobre una interfaz de salida 24 adaptada para comandar el proceso de elevación de tensión como se explicó anteriormente, hasta que el valor de tensión en los bornes del condensador C_{elev} alcance el valor de consigna. El módulo 27 es, por ejemplo, un generador de reloj elegido de forma adecuada por el experto en la técnica.

Se puede prever una interfaz de programación 23 que permite recibir y ejecutar comandos de modificación de las relaciones o de los parámetros memorizados en el módulo de memoria 26. La interfaz de programación 23 puede, en particular, ser una interfaz de comunicación inalámbrica. Así, se puede considerar poner al día las relaciones memorizadas en el módulo 26 con el fin de optimizar el funcionamiento del sistema de encendido después de su entrega.

La interfaz de recepción 22 recibe, con preferencia, una o varias medidas del valor de la tensión intermedia en los bornes de la capacidad de almacenamiento C_{elev} y / o una o varias medidas de la corriente que entra en el resonador 6 y esto, durante la duración de (o de los) tren(es) de impulsos de comando V_1 que comandan la generación de la chispa.

En efecto, como se verá con más precisión a continuación, la medida de la evolución de la tensión en los bornes de C_{elev} durante un comando de encendido es portadora de numerosa información a propósito de la ramificación de la chispa.

En cuanto a la corriente entrante en el resonador, se trata de una imagen de la alta tensión en los bornes de los electrodos del resonador. Esta señal modulada a la frecuencia de resonancia (típicamente 5 MHz), presenta una envolvente característica de los fenómenos de descarga ramificada y de puenteo. El análisis de la envolvente de la señal de corriente durante la duración de un comando de encendido, requiere la utilización de un dispositivo de tipo detector de cresta, conocido en sí, que proporciona a la salida sólo los valores de cresta de la sinusoide modulada de la señal de corriente.

El estudio de estas señales de medida permite diagnosticar el tipo de descarga o de chispa producida y modificar, en consecuencia, según las leyes predeterminadas memorizadas en el módulo de control, el o los parámetros elegidos, en este caso, el valor de la tensión intermedia a proporcionar en los bornes de C_{elev} antes del encendido, según el ejemplo de realización descrito anteriormente.

La realización de la regulación basada en las medidas eléctricas descritas anteriormente puede ser puesta en práctica de diversas maneras.

Según un primer modo, se puede considerar tomar en cuenta una medida única característica del tipo de chispa generada, realizada en el instante más representativo del desarrollo de la chispa, ya sea después o al final del tren de comando de generación de la chispa.

Si la medida elegida es la medida de corriente en el resonador, se puede entonces determinar un valor umbral M_1 tal que:

- si la medida realizada al final del tren de comando es inferior a este valor umbral, se deduce que se ha producido un puenteo;

- si la medida realizada es superior a este valor umbral, se deduce que no se ha producido el puenteo.

En el caso en que se utilice la medida de la tensión en los bornes del condensador de almacenamiento C_{elev} , es necesario entonces considerar la diferencia entre la tensión en los bornes de esta capacidad antes (o al principio) y después (o al final) del tren de comando de generación de la chispa. En efecto, la observación en particular de la tensión en los bornes del condensador de almacenamiento C_{elev} antes del encendido (se trata entonces de la consigna de tensión regulada en los bornes de este condensador) y después del encendido (medida realizada al final del tren de comando), permite reducir la energía consumida por el resonador durante el encendido.

Se puede así deducir el tipo de descarga realizada, entre nada de chispa, ramificación y puenteo, según la cantidad de energía que haya sido consumida por el resonador durante la descarga.

En efecto, se puede mostrar que cuando ha tenido lugar un puenteo, la cantidad de energía absorbida se minimiza. Se puede entonces determinar, de la misma manera que la mostrada anteriormente, un valor umbral M_2 para el cual:

- si la medida realizada al final del tren de comando implica una energía consumida inferior a este valor umbral, se deduce que se ha producido un puenteo (el cual disminuye en efecto el valor de energía transmitida al resonador);

- si la medida realizada implica una energía consumida superior a este valor umbral, se deduce que no se ha producido puente.

Sin embargo, se advierte que una regulación basada, como acaba de explicarse, en una sola medida (de corriente en el resonador o de la tensión en la capacidad de almacenamiento) por tren de comando, realizada con preferencia al final del tren de comando, no es suficientemente robusta. En efecto, la medida realizada no es únicamente representativa del tipo de chispa producida, sino también de la coincidencia frecuencial entre el circuito de alimentación y el resonador, de la suciedad de la bujía y de otros fenómenos independientes del desarrollo de la chispa.

También, según otro modo de realización, para realizar una regulación robusta, se realizan con preferencia medidas eléctricas múltiples durante y / o antes y /o después del tren de comando. El análisis de la evolución de estas medidas múltiples permite extraer más fácilmente parámetros pertinentes para la calificación del desarrollo de la chispa y así realizar una regulación, en particular del valor de la tensión intermedia a proporcionar en los bornes de C_{elev} antes del encendido, más eficaz.

En particular, la medida de la evolución de la tensión en los bornes de C_{elev} durante y / o antes y /o después de la duración del tren de comando es portadora de numerosa información a propósito de la ramificación de la chispa. Durante el desarrollo de la descarga, el consumo energético del resonador se traduce, en efecto, en una disminución de la tensión en los bornes del condensador C_{elev} , al que se puede hacer un seguimiento. Se constata que una ramificación óptima de la chispa generada es muy consumidora de energía mientras que la fase de puenteo limita considerablemente el consumo. El análisis de las pendientes de las disminuciones de tensión en los bornes de C_{elev} permite, de este modo, detectar el puenteo y su instante de aparición.

Se ha visto igualmente que el análisis de la ocurrencia de los puentes puede basarse en el análisis de la envolvente de corriente a la entrada del resonador.

Realizando medidas eléctricas múltiples durante y / o antes y /o después de la duración del tren de comando, se puede entonces hacer el seguimiento de la evolución de esta envolvente de corriente. Un puenteo se traduce sistemáticamente en una disminución drástica en la envolvente de corriente, mientras que en el caso de una descarga ramificada, la envolvente de corriente muestra un ligero descenso o una evolución de la envolvente menos rápida. De este modo, es posible detectar los fenómenos de puenteo utilizando herramientas matemáticas del tipo “derivada” aplicadas a las medidas múltiples de corriente a la entrada del resonador durante y / o antes y /o después de la duración del tren de comando.

10 La regulación mencionada hasta ahora con vistas a favorecer una ramificación óptima de la chispa evitando al máximo el fenómeno de puenteo, actúa con preferencia sobre el valor de la tensión intermedia a proporcionar en los bornes del condensador de almacenamiento C_{elev} para cada encendido. El proceso de regulación permite así definir una consigna de tensión a alcanzar al inicio de cada encendido en función, por 15 una parte, de las señales de medida representativas del funcionamiento del motor y, por otra parte, de las señales de medida eléctrica representativas del tipo de chispa generada.

Sin embargo, pueden tomarse en cuenta igualmente otros parámetros de comando del sistema en el proceso de regulación en tiempo real y así ser ajustados durante el tiempo de funcionamiento del sistema, de la misma manera que se explicó anteriormente con referencia a la regulación del valor de la tensión intermedia en los bornes de C_{elev} para cada encendido.

Los otros parámetros de funcionamiento del sistema que intervienen en el desarrollo de la chispa y que son susceptibles de ser modificados en el transcurso del funcionamiento para regular en tiempo real el sistema, son la frecuencia de comando del resonador, la duración del tren de impulsos de comando de la generación de la chispa, o incluso, según una variante consistente en realizar encendidos múltiples, el número de tales trenes de comando y la separación entre cada tren.

Según un modo de realización preferido, la regulación según la invención concierne conjuntamente al valor de la tensión intermedia en los bornes de C_{elev} para cada encendido y la duración del tren de impulsos de comando V_1 , que comanda la generación de la chispa.

Para hacer esto, el módulo de control 20, o un módulo similar, es utilizado igualmente para generar el tren V_1 de impulsos de comando del encendido, cuya

duración es entonces ajustada en función de las señales de medida recibidas y de las relaciones memorizadas.

En efecto, el fenómeno de puenteo que se produce en el transcurso del tren de comando y que, generalmente, comienza por producirse al final del tren de comando, se puede evitar acortando la duración del tren de impulsos de comando de manera tal que se éste detenga justo antes del puenteo (o justo después según el efecto deseado sobre la combustión).

Sin embargo, para esto es necesario que el puenteo no se produzca en el inicio del tren de comando y, por otra parte, es necesario saber prever el instante de aparición del puenteo con el fin de ajustar en consecuencia la duración óptima del tren de comando.

Por estas razones, esta técnica de limitación de las probabilidades de puenteo mediante reducción de la duración del tren de comando del encendido puede tenerse en cuenta conjuntamente con la técnica de regulación de la tensión de alimentación del resonador. En efecto, la regulación de la tensión de alimentación del resonador, que consiste en definir un nivel reducido de tensión intermedia en los bornes de la capacidad C_{elev} antes del encendido, permite ventajosamente aplazar el fenómeno de puenteo lo más lejos posible del inicio del tren de comando.

Según una variante, se propone comandar el resonador durante el encendido por medio de una señal de comando bajo la forma de una pluralidad de trenes de impulsos de comando, teniendo cada tren una duración muy escasa, por ejemplo del orden de 5 a 10 μs , de manera tal que no tenga tiempo de producirse ningún puenteo. En esta variante consistente en realizar encendidos múltiples, es necesario reproducir los trenes de comando un cierto número de veces, del orden de 2 a 50 veces por ejemplo, para garantizar una transferencia de energía suficiente a la mezcla en la cual se busca iniciar la combustión. Además, para permitir una buena disociación entre los trenes y evitar así el puenteo, la separación entre los diferentes trenes de impulsos de la señal de comando podrá ser regulada en el sentido de un aumento. No obstante, la duración del encendido se encuentra aumentada, lo que puede ser desfavorable en las condiciones de iniciación de la mezcla.

Igualmente, durante el encendido, la frecuencia de la señal de comando del resonador es con preferencia elegida del orden de magnitud de la frecuencia de resonancia del resonador 6. En efecto, la adecuación entre la frecuencia de resonancia del resonador y la frecuencia a la cual éste es comandado (es decir, la frecuencia de la señal de comando), determina la relación entre la amplitud de tensión a la entrada y a

la salida del resonador. Así, utilizando con preferencia una frecuencia de comando sensiblemente igual a la frecuencia de resonancia del resonador, se favorece el rendimiento del resonador, en la medida en que su coeficiente de sobretensión Q es, en tal caso, el más elevado posible.

- 5 Sin embargo, con vistas a limitar la tensión aplicada entre los electrodos del resonador y, de este modo, limitar las probabilidades de aparición de los fenómenos de puenteo, se puede tomar en consideración disminuir el coeficiente de sobretensión, desplazando, para lograr esto, la frecuencia de comando alrededor de la frecuencia de resonancia del resonador. Así, el valor de la frecuencia de comando puede ser
- 10 igualmente el objeto de la regulación antipuenteo, tal como se explicó anteriormente, determinando un valor óptimo de frecuencia de comando desplazada con respecto a la frecuencia de resonancia, en función de las medidas recibidas (del funcionamiento del motor y eléctricas). Este parámetro puede ser regulado solo, o bien conjuntamente con el valor de la tensión intermedia, la duración del tren de comando, o bien, incluso,
- 15 conjuntamente con los dos últimos parámetros.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de comando de un generador de plasma de radiofrecuencia, que comprende:

5 - un circuito de alimentación (2), que presenta un interruptor (9) comandado por una señal de comando (V_1) bajo la forma de por lo menos un tren de impulsos de comando, que aplica una tensión intermedia (V_{inter}) sobre una salida del circuito de alimentación a la frecuencia definida por la señal de comando,

10 - un resonador (6), conectado a la salida del circuito de alimentación y apto para generar una chispa entre dos electrodos (103, 106) cuando un nivel alto de tensión es aplicado a la salida del circuito de alimentación, estando caracterizado dicho procedimiento porque éste comprende:

- la recepción de unas primeras señales de medida representativas del funcionamiento de un motor de combustión,

15 - la recepción de unas segundas señales de medida eléctrica representativas del tipo de chispa generada, y

- la regulación conjunta y en tiempo real, en función de la primera y de la segunda señales de medida recibidas, del nivel de la tensión intermedia y de la duración del tren de impulsos de comando.

20

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizada porque, siendo generada la señal de comando bajo la forma de una pluralidad de trenes de impulsos de comando, la regulación concierne al número de dichos trenes y al tiempo entre trenes.

25

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque éste comprende la memorización de relaciones entre las señales de medida y el valor de los parámetros a regular, consistiendo la regulación en determinar y aplicar el valor de los parámetros a regular en función de las señales de medida recibidas y de las relaciones memorizadas.

30

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las primeras señales de medida son elegidas dentro del grupo que comprende la temperatura de aceite del motor, la temperatura del líquido de refrigeración del motor, el par motor, el régimen del motor, el ángulo de encendido,

35

la temperatura del aire de admisión, la presión al nivel del colector, la presión atmosférica, la presión en la cámara de combustión o el ángulo de presión máxima.

5 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las segundas señales de medida comprenden por lo menos una medida de la tensión en los bornes de un condensador de almacenamiento (C_{elev}) que proporciona la tensión intermedia a la entrada del resonador y / o por lo menos una medida de corriente en el resonador (6).

10 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizada porque se realiza una primera medida de la tensión en los bornes del condensador de almacenamiento (C_{elev}) antes o al principio del tren de impulsos de comando y una segunda medida de dicha tensión después o al final del tren de impulsos de comando.

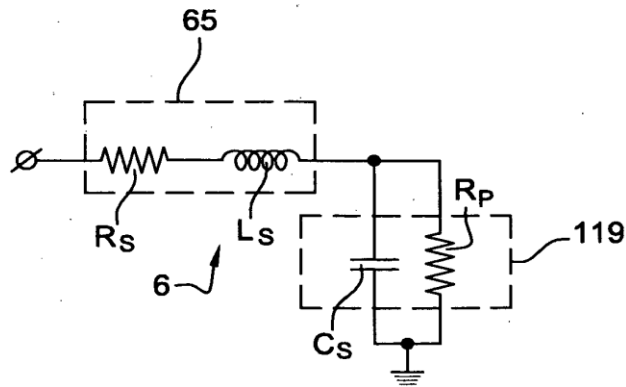
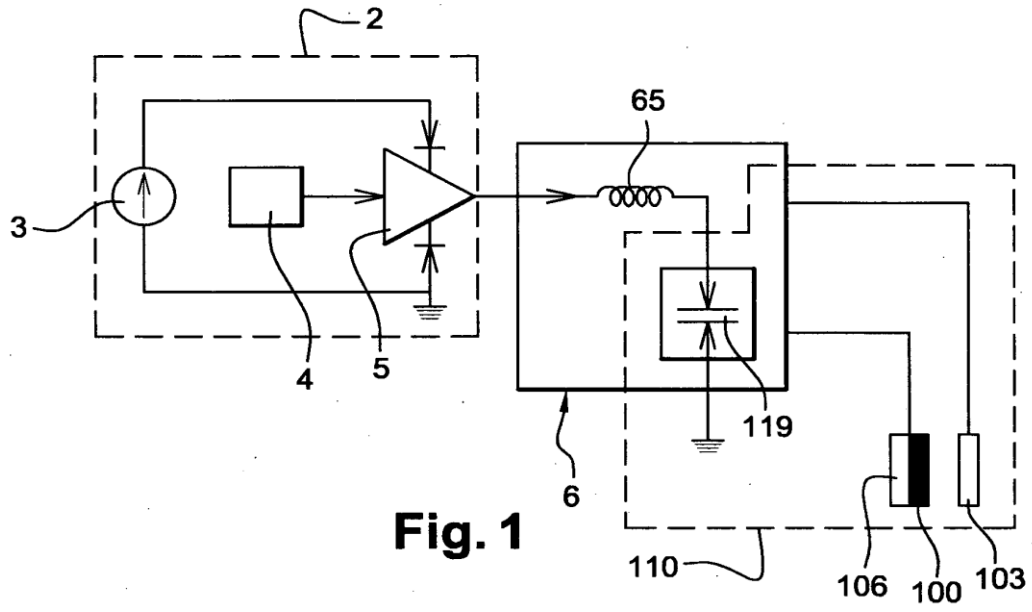
15 7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque se realiza una pluralidad de medidas durante la duración del tren de impulsos de comando.

20 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque éste comprende la regulación de la frecuencia de comando en un valor de consigna sensiblemente igual a la frecuencia de resonancia del resonador.

25 9. Dispositivo de generación de plasma de radiofrecuencia que comprende:
- un circuito de alimentación (2) que presenta un interruptor (9) comandado por una señal de comando (V_1) bajo la forma de por lo menos un tren de impulsos de comando, aplicando el interruptor una tensión intermedia (V_{inter}) sobre una salida del circuito de alimentación a la frecuencia definida por la señal de comando,

30 - un resonador (6), conectado a la salida del circuito de alimentación y apto para generar una chispa entre dos electrodos (103, 106) cuando un nivel alto de tensión es aplicado sobre la salida del circuito de alimentación,

estando caracterizado dicho dispositivo porque comprende un módulo de control (20) adaptado para poner en práctica el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.



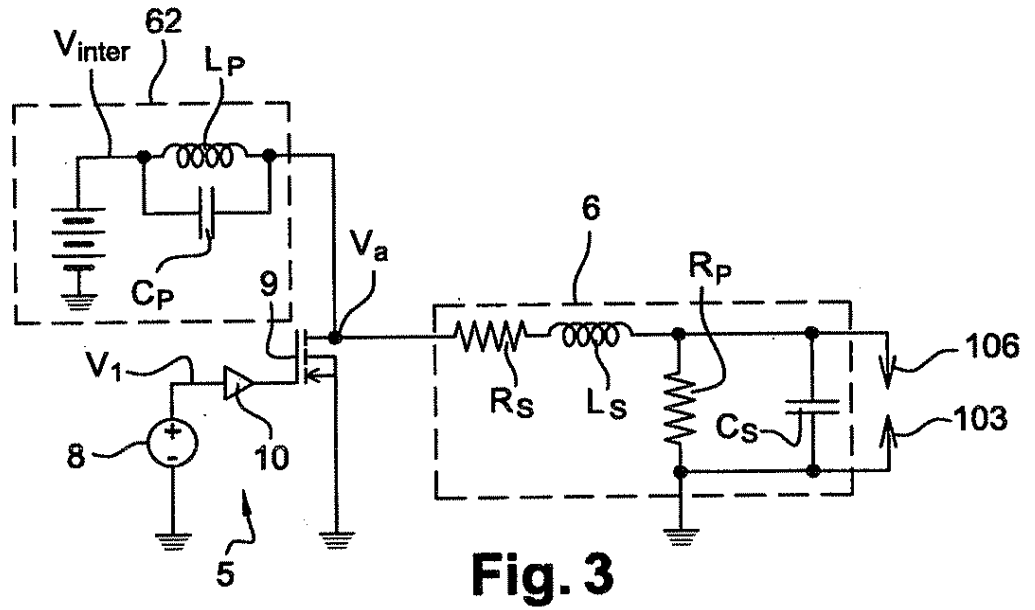


Fig. 3

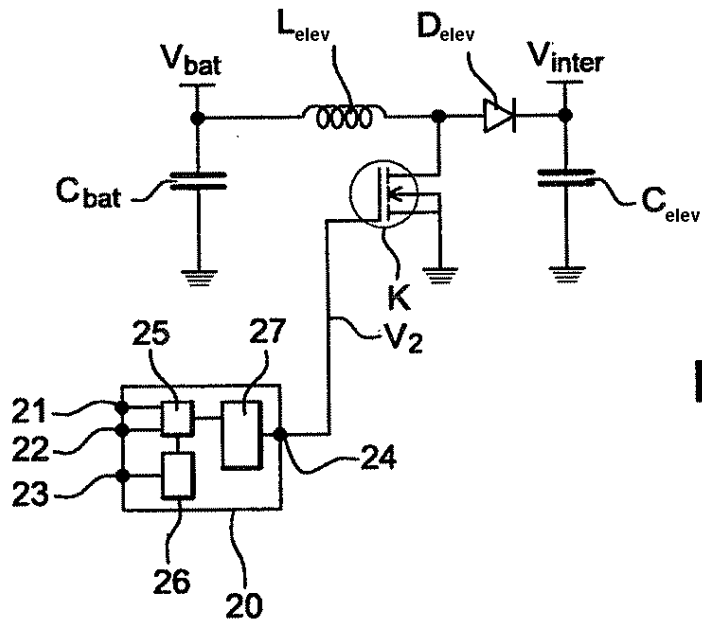


Fig. 4