



República Federativa do Brasil
Ministério de Desenvolvimento, Indústria,
e Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0808178-6 A2



* B R P I 0 8 0 8 1 7 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 13/02/2008
(43) Data da Publicação: 23/09/2014
(RPI 2281)

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

(54) Título: PROCESSO DE CONTROLE DE UM GERADOR DE PLASMA RADIOFREQUÊNCIA, E, DISPOSITIVO PARA GERAÇÃO DE PLASMA RADIOFREQUÊNCIA.

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 01/03/2007 FR 0701498

(73) Titular(es): Renault S.A.S.

(72) Inventor(es): Agneray, André, Jaffrezic, Xavier, Nouvel, Clément

(74) Procurador(es): Custódio de Almeida & Cia

(86) Pedido Internacional: PCT FR2008050227 de 13/02/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2008/110726 de 18/09/2008

"PROCESSO DE CONTROLE DE UM GERADOR DE PLASMA RADIOFREQUÊNCIA, E, DISPOSITIVO PARA GERAÇÃO DE PLASMA RADIOFREQUÊNCIA"

5 A presente invenção refere-se ao controle de alimentação de um ressonador de geração de plasma, particularmente em uma aplicação de ignição automotiva a plasma por solicitação radiofrequência do ressonador de uma vela de múltiplas centelhas.

10 No domínio das ignições automotivas modernas, a vela de múltiplas centelhas BME apresenta uma inovação apreciável e uma geometria diferente das velas de ignição convencionais. Tal BME é descrita em detalhes nos pedidos de patente seguintes, em nome do Requerente, FR 03-10766, FR 03-10767, FR 03-10768, FR 04-12153 e FR 05-00777.

15 Uma BME comporta um ressonador cuja frequência de ressonância F_c está situada em altas frequências, tipicamente entre 4 e 6 MHz, para assegurar a alimentação da vela com uma tensão amplificada por ressonância. A aplicação pelo ressonador aos eletrodos da vela de uma tensão alternativa na gama das radiofrequências, permite desenvolver descargas multifilamentares entre os eletrodos da vela, sobre distâncias da ordem do centímetro, com frequência pressão e para tensões de pico inferiores a 20 kV.

20 Faz-se referência, então, a centelhas ramificadas, na medida em que elas implicam a geração simultânea de pelo menos várias linhas ou trajeto de ionização em um volume dado, suas ramificações sendo, por outro lado, omnidirecionais.

25 O controle da alimentação de tal BME necessita a utilização de um gerador alta tensão cuja frequência de funcionamento é muito próxima da frequência de ressonância do ressonador radiofrequência. Mais a diferença entre a frequência de ressonância do ressonador e a frequência de funcionamento do gerador é reduzida, mais o coeficiente de sobretensão do

ressonador (relação entre a amplitude de sua tensão de saída e sua tensão de entrada) é elevado.

5 Tal gerador de tensão, detalhado no pedido de patente FR 03-10767, consiste principalmente em utilizar uma frequência de controle do ressonador a mais próxima possível da frequência de ressonância do ressonador, a fim de se beneficiar de um coeficiente de sobretensão o mais elevado possível.

10 Constata-se, no entanto, que se a amplitude total da tensão aplicada na saída do ressonador aos eletrodos da vela for muito elevada, existe um risco de ver a centelha se concentrar em um único filamento. Este fenômeno, que será descrito sob o termo de "ligação de ponte" na sequência da descrição, localiza a energia em uma pequena zona filamentosa, tornando, então, a descarga bem menos eficaz para iniciar a ignição da mistura ar-combustível entre os eletrodos, em relação a uma centelha ramificada.

15 A presente invenção visa a remediar este inconveniente, permitindo maximizar, em tempo real, o volume da centelha gerada e ao mesmo tempo reduzindo a ocorrência das ligações de ponte, isto é, o aparecimento de descargas filamentosas.

20 Com este objetivo em vista, a invenção tem por objeto um processo de controle de um gerador de plasma radiofrequência, compreendendo:

25 - um circuito de alimentação, apresentando um interruptor controlado por um sinal de controle sob a forma de, pelo menos, um trem de pulsos de controle, aplicando uma tensão intermediária sobre uma saída do circuito de alimentação na frequência definida pelo sinal de controle,

- um ressonador, conectado à saída do circuito de alimentação e apto a gerar uma centelha entre dois eletrodos quando um nível alta tensão é aplicado sobre a saída do circuito de alimentação, o referido processo sendo

caracterizado em que ele compreende:

- a recepção dos primeiros sinais de medição representativos do funcionamento de um motor de combustão,

5 - a recepção de segundos sinais de medição elétrica representativos do tipo de centelha gerada, e

- a regulação em tempo real, em função dos primeiro e segundo sinais de medição recebidos de, pelo menos, um parâmetro tomado dentre, pelo menos, o nível da tensão intermediária, a frequência de controle, a duração do trem de pulsos de controle, de modo a favorecer uma ramificação
10 da centelha gerada.

De acordo com uma forma de realização, o processo compreende a regulação conjunta do nível da tensão intermediária e da duração do trem de pulsos de controle.

15 Com vantagem, o sinal de controle sendo gerado sob a forma de uma pluralidade de trens de pulsos de controle, a regulação refere-se ao número dos referidos trens e o tempo inter-trens.

20 Com vantagem, o processo compreende o armazenamento de relações entre sinais de medição e o valor dos parâmetros a regular, a regulação consistindo em determinar e aplicar o valor de, pelo menos, o parâmetro a regular em função dos sinais de medição recebidos e as relações armazenadas.

25 Preferivelmente, os primeiros sinais de medição são selecionados no grupo compreendendo a temperatura do óleo do motor, a temperatura do líquido de resfriamento do motor, o torque do motor, a velocidade do motor, o ângulo de ignição, a temperatura do ar de admissão, a pressão ao nível do coletor, a pressão atmosférica, a pressão na câmara de combustão ou o ângulo de pressão máxima.

Preferivelmente, os segundos sinais de medição compreendem,

pelo menos, uma medição da tensão nos terminais de um capacitor de armazenamento fornecendo a tensão intermediária na entrada do ressonador e/ou pelo menos uma medição da corrente no ressonador.

5 De acordo com uma forma de realização, realiza-se uma primeira medição da tensão nos terminais do capacitor de armazenamento antes ou no início do trem de pulsos de controle e uma segunda medição da referida tensão após ou no final do trem de pulsos de controle.

De acordo com uma variante, realiza-se uma pluralidade de medições durante a duração do trem de pulsos de controle.

10 Preferivelmente, o processo compreende a regulação da frequência de controle a um valor especificado sensivelmente igual à frequência de ressonância do ressonador.

A invenção refere-se igualmente a um dispositivo gerador de plasma radiofrequência, compreendendo:

15 - um circuito de alimentação apresentando um interruptor controlado por um sinal de controle sob a forma de, pelo menos, um trem de pulsos de controle, o interruptor aplicando uma tensão intermediária sobre uma saída do circuito de alimentação na frequência definida pelo sinal de controle,

20 - um ressonador, conectado à saída do circuito de alimentação e apto a gerar uma centelha entre dois eletrodos quando um nível alta tensão é aplicado sobre a saída do circuito de alimentação,

O referido dispositivo sendo caracterizado em que ele compreende um módulo de monitoração adaptado a realizar o processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes.

25 Características e vantagens da presente invenção aparecerão mais claramente na leitura da descrição seguinte dada a título de exemplo ilustrativo e não limitativo e feita com referência às figuras anexas, em que:

- a figura 1 ilustra uma forma de realização de um dispositivo gerador de plasma;

- a figura 2 ilustra um modelo elétrico utilizado para o ressonador;

5 - a figura 3 ilustra um esquema de princípio de ignição radiofrequência;

- a figura 4 ilustra um dispositivo gerador da tensão intermediária intervindo na ignição radiofrequência integrando um módulo de monitoração de acordo com a invenção.

10 Com referência à figura 1, um dispositivo gerador de plasma compreende principalmente três subconjuntos funcionais:

- uma alimentação 2, prevista para fazer ressonar uma estrutura L-C a uma frequência superior a 1MHz com uma tensão nos terminais do condensador superior a 5 kV, preferivelmente superior a 6kV;

15 - um ressonador 6, conectado em saída do circuito de alimentação, apresentando um fator de sobretensão superior a 40 e uma frequência de ressonância superior a 1 MHz;

- uma cabeça de vela 110, compreendendo dois eletrodos 103 e 106, separados por um isolante 100, permitindo gerar um plasma ramificado quando da aplicação de excitação radiofrequência nos terminais de seus eletrodos.

O circuito de alimentação 2 compreende com vantagem:

- uma alimentação baixa tensão 3 (gerando uma tensão contínua inferior a 1000 V);

25 - um amplificador radiofrequência 5, amplificando a tensão contínua e gerando uma tensão alternativa à frequência controlada pelo controle de comutação 4.

A tensão alternativa gerada pelo amplificador 5 é aplicada sobre

o ressonador LC6. O ressonador LC 6 aplica a tensão alternativa entre os eletrodos 103 e 106 da cabeça da vela.

5 A tensão fornecida pela alimentação 3 é inferior a 1000V e a alimentação apresenta, preferivelmente, uma potência limitada. Pode-se, assim, prever que a energia aplicada entre os eletrodos seja limitada a 300 mJ por ignição, por razões de segurança. Limita-se, assim, igualmente, a intensidade no gerador de tensão 2 e seu consumo elétrico. Para gerar tensões contínuas superiores a 12 V em uma aplicação automotiva, a alimentação 3 pode compreender um conversor 12 Volts para Y Volt, Y sendo a tensão fornecida pela alimentação ao amplificador. Pode-se, assim, gerar o nível de tensão contínua desejada a partir de uma tensão de bateria. A estabilidade da tensão contínua gerada não sendo, a priori, um critério determinante, pode-se prever utilizar uma alimentação com modo comutado para alimentar o amplificador, devido às suas qualidade de robustez e simplicidade.

10 O circuito de alimentação 2 permite concentrar as tensões as mais elevadas sobre o ressonador 6. O amplificador 5 trata, assim, de tensões bem mais reduzidas do que as tensões aplicadas entre os eletrodos da vela.

15 O amplificador 5 permite acumular energia no ressonador 6 em cada alternância de sua tensão. Utiliza-se, preferivelmente, um amplificador 5 em classe E, como detalhado na patente US 5 187 580. Tal amplificador permite maximizar o fator de sobretensão. O versado como evidente saberá associar um dispositivo de comutação adaptado ao amplificador selecionado, para suportar as exigências de subidas de tensão e apresentar uma velocidade de comutação apropriada.

20 A figura 2 ilustra um modelo elétrico do ressonador 6. Assim, a indutância série 65 apresenta, em série, uma indutância L_s e uma resistência R_s levando em conta o efeito de pele no domínio radiofrequência. O condensador 119 apresenta, em paralelo, uma capacitância C_s e uma

resistência R_p . Os eletrodos de ignição 106 e 103 são conectados aos terminais da capacitância C_s .

A resistência R_p vem se acrescentar para configurar a descarga e corresponde, conforme o caso, à dissipação na cerâmica da vela. Quando o ressonador é alimentado por uma tensão em sua frequência de ressonância f_0 ($1/(2\pi\sqrt{L*C})$), a amplitude nos terminais da capacitância C_s é amplificada com o coeficiente de sobretensão Q definido pela fórmula seguinte:

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

O dispositivo gerador de plasma que foi descrito pode compreender um ressonador gerador de plasma adaptado para realizar uma ignição controlada de motor a combustão, uma ignição em um filtro de partículas, ou uma ignição de descontaminação em um sistema de climatização.

A figura 3 ilustra um esquema de princípio de ignição radiofrequência de acordo com uma forma de realização de um amplificador 5, apresentando um transistor MOSFET de potência, como interruptor controlando as comutações nos terminais do ressonador 6.

Assim, um gerador de sinal de controle 8 aplica um sinal de controle V_1 a uma frequência de controle sobre a porta de um MOSFET de potência 9, por intermédio de um dispositivo de amplificação 10 representado esquematicamente. A fim de controlar a produção de centelhas entre os eletrodos da vela quando seu ressonador é excitado por intermédio do sinal de controle V_1 , este último não é permanente mas está presente sob a forma de trens de pulsos de controle na frequência de controle.

Como descrito no pedido de patente EP-A-1 515 594, um circuito

ressonante paralelo 62 é conectado entre uma fonte de tensão intermediária V_{inter} e o dreno do transistor 9. Este circuito 62 compreende uma indutância L_p em paralelo com uma capacitância C_p .

5 O ressonador paralelo transforma a tensão intermediária V_{inter} em uma tensão amplificada V_a , que é fornecida sobre o dreno do transistor 9 ligado à entrada do ressonador 6.

O transistor 9 atua, portanto, como um interruptor e transmite (respectivamente bloqueia) a tensão V_a na entrada do ressonador 6 quando o sinal de controle V_1 está no estado lógico alto (respectivamente baixo).

10 A tensão intermediária V_{inter} , fornecida em entrada do circuito ressonante paralelo 62, é gerada tipicamente por intermédio de um elevador de tensão, representado esquematicamente na figura 4.

O circuito elevador de tensão é, por exemplo, alimentado a partir de uma tensão de bateria V_{bat} e é composto de uma indutância L_{boost} , de um MOSFET K , que serve de interruptor controlado por um módulo de monitoração 20, um diodo D_{boost} , e um condensador C_{boost} . O módulo de monitoração fornece um sinal de controle V_2 sob a forma de trem de pulsos alta frequência, de modo que o interruptor K é tornado periodicamente condutor. Quando K é fechado, a indutância L_{boost} se carrega com a tensão V_{bat} em seus terminais. Quando K é aberto, o diodo D_{boost} conduz e a energia armazenada na indutância dá lugar a uma corrente que será dirigida para a saída e o condensador C_{boost} para carregar o mesmo.

25 Um capacitor de armazenamento C_{boost} é carregado deste modo até que o valor desejado de V_{inter} seja atingido. Um circuito de regulação, não representado, mede, a qualquer instante, o valor da tensão aos terminais da capacitância C_{boost} e ordena ao módulo de monitoração a parada da elevação de tensão na saída quando o valor desejado é atingido.

O processo de elevação de tensão é incapacitado em todos os

casos no começo de e durante o trem de controle de ignição.

Para gerar a descarga da vela, uma determinada quantidade de energia é retirada da capacitância Cboost para ser fornecida, após amplificação pelo circuito ressonante 62, na entrada do ressonador 6, de modo a permitir a aplicação de um alto nível de tensão entre os terminais dos eletrodos a uma frequência definida pelo sinal de controle aplicado ao interruptor 9. Quando da ignição, a tensão Vinter nos terminais da capacitância Cboost cai. Portanto, é necessário recarregar a mesma tendo em vista a próxima descarga. Assim, entre duas descargas, o processo de elevação de tensão como explicado previamente é repetido.

A invenção prevê atuar sobre um determinado número de parâmetros de funcionamento do sistema, ou sobre pelo menos alguns dos mesmos, a fim de limitar, ao máximo, o fenômeno de ligação-ponte quando da descarga da vela, em particular: a tensão de alimentação do ressonador previsto para aplicar a alta tensão aos terminais dos eletrodos, a frequência de excitação do ressonador, a duração do trem de controle, a eventualidade de realizar vários trens e seu número, assim como o tempo entre os trens. Estes parâmetros podem ser reguláveis com vantagem durante o tempo de funcionamento do sistema e seu ajuste em tempo real, como será explicado em maiores detalhes na sequência, deve permitir obter uma ramificação ótima da descarga ao limitar a ocorrência das ligações-ponte.

Na medida em que o nível de tensão aplicado entre os terminais dos eletrodos intervém em primeiro lugar no desenvolvimento da descarga (e portanto na eventualidade do aparecimento da ligação-ponte), pode-se, portanto, em um primeiro tempo, visar limitar esta durante a descarga a fim de evitar o fenômeno de ligação-ponte.

Para tanto, pode-se visar utilizar um nível de tensão intermediária nos terminais da capacitância Cboost antes da ignição reduzida, em relação ao

nível de tensão Vinter utilizado quando da geração de plasma com ligação-ponte, ao definir um valor especificado de tensão a realizar nos terminais do capacitor de armazenamento Cboost ajustável em tempo real. Entende-se por tempo real, a atualização deste valor especificado entre uma ignição e a
5 seguinte sobre o mesmo cilindro. Com efeito, a tensão nos terminais de Cboost antes da ignição determina no final a amplitude da tensão nos terminais dos eletrodos do ressonador quando da descarga.

O valor especificado de tensão aplicado deve ser tal de modo a permitir colocar o sistema nas condições ótimas do ponto de vista da
10 combustão, a saber, uma ramificação da centelha de volume máximo para uma amplitude de tensão aplicada aos terminais dos eletrodos logo abaixo do limite de alta tensão a partir da qual se produz a ligação-ponte.

A regulação em tempo real do valor de tensão intermediária a realizar nos terminais de Cboost leva em conta sinais de medição de
15 parâmetros de funcionamento do motor de combustão.

Com vantagem, a regulação em tempo real do valor de tensão intermediária ótima a realizar nos terminais da capacitância Cboost pode ser refinada levando em conta também os sinais de medição elétrica da
alimentação do ressonador 6, representativos do tipo de centelha produzida.

Com efeito, a análise de alguns sinais permite conhecer, com
20 maior ou menor precisão, o tipo de centelha produzida e o tipo de combustão que resulta daí. O tratamento destes sinais permite, então, produzir um servo-controle sobre o valor da tensão a produzir nos terminais da capacitância Cboost antes da ignição, de modo a otimizar o tipo de centelhas
25 desenvolvidas na câmara de combustão, particularmente seu volume.

O processo de regulação determina então o valor do valor especificado da tensão a ser produzida antes da ignição nos terminais de Cboost, em função das relações armazenadas entre estes sinais de medição e o

valor de tensão a aplicar aos terminais de Cboost.

Adaptando-se assim, em tempo real, o valor da tensão a aplicar nos terminais da capacitância Cboost antes da ignição, em função de parâmetros de funcionamento do motor, de um lado, e as medições elétricas da alimentação do ressonador representativas do tipo de centelha gerada, por outro lado, será possível manter esta tensão muito precisamente em um valor tanto suficiente para gerar uma centelha entre os eletrodos e, assim, iniciar a ignição, quando ela é aplicada através do ressonador aos terminais dos eletrodos, tanto ao ser inferior ao limite de alta tensão a partir da qual ocorre a ligação-ponte.

Tal servo-controle em tempo real da tensão intermediária nos terminais Cboost antes da ignição é produzido via módulo de monitoração 20.

Este último compreende também uma interface 21 de recepção dos sinais de medição de parâmetros de funcionamento do motor de combustão. Dentre os parâmetros de funcionamento de motor medidos, pode-se visar a temperatura do óleo do motor, a temperatura do líquido de resfriamento do motor, o torque do motor, a velocidade do motor, o ângulo de ignição, a temperatura do ar de admissão, a pressão ao nível do coletor, a pressão atmosférica, a pressão na câmara de combustão ou o ângulo de pressão máxima ou qualquer grandeza característica do funcionamento do motor. Estes tipos de medição podem ser efetuados de modo conhecido pelo versado na técnica.

Com vantagem, o módulo de monitoração 20 também compreende uma interface 22 de recepção dos sinais de medição elétrica, representativos do tipo de centelha gerada.

O módulo de monitoração 20 compreende um módulo de memória 26 em que são armazenadas as relações entre os sinais de medição e o valor de tensão a realizar nos terminais da capacitância Cboost antes da

ignição. Estas relações podem ser estabelecidas em função de testes prévios. O módulo de memória 26 pode armazenar as relações sob a forma de uma função associando sinais de medição predeterminados a um único valor especificado de tensão a produzir. Pode-se, por exemplo, extrapolar uma
5 função linear ou uma função polinomial em função de resultados de testes anteriores sobre um ressonador fazendo-se variar os diferentes parâmetros considerados. O módulo de memória pode igualmente armazenar as relações sob forma de tabela multidimensional tendo, por entrada, sinais de medição.

O módulo de monitoração 20 compreende um módulo 25
10 determinando o valor especificado de tensão a produzir em função dos sinais de medição recebidos e das relações armazenadas na memória 26. O valor especificado é fornecido pelo módulo 25 a um módulo 27, aplicando um sinal de controle V2 sobre uma interface de saída 24 adaptado para controlar o processo de elevação de tensão, como explicado acima até que o valor de
15 tensão nos terminais da capacitância Cboost atinja o valor especificado. O módulo 27 é, por exemplo, um gerador de relógio selecionado de modo apropriado pelo versado na técnica.

Pode-se prever uma interface de programação 23 permitindo
20 receber e executar comandos de modificações das relações ou dos parâmetros armazenados no módulo de memória 26. A interface de programação 23 pode ser notadamente uma interface de comunicação sem fio. Assim, pode-se visar atualizar as relações armazenadas no módulo 26 a fim de otimizar o funcionamento do sistema de ignição após sua liberação.

A interface de recepção 22 preferivelmente recebe uma ou várias
25 medições do valor da tensão intermediária nos terminais do capacitor de armazenamento Cboost e/ou uma ou várias medições da corrente entrando no ressonador 6 e isto durante a duração do (ou dos) trem (ns) de pulsos de controle V1 controlando a geração da centelha.

Com efeito, como notado mais precisamente na sequência, a medição da evolução da tensão nos terminais de Cboost durante um comando de ignição transporta várias informações com relação à ramificação da centelha.

5 Quanto à corrente entrando no ressonador, trata-se de uma imagem da alta tensão nos terminais dos eletrodos do ressonador. Este sinal modulado na frequência de ressonância (tipicamente 5MHz) apresenta um envelope característico dos fenômenos de descarga ramificada e de ligação-ponte. A análise do envelope do sinal de corrente durante a duração de um
10 controle de ignição, necessita da utilização de um dispositivo de tipo detector de pico, já conhecido, que só fornece na saída os valores de pico da sinusóide modulada do sinal de corrente.

O estudo destes sinais de medição permite diagnosticar o tipo de descarga ou de centelha produzida e modificar, conseqüentemente, de acordo
15 com as leis predeterminadas armazenadas no módulo de monitoração, o ou os parâmetros selecionados, na ocorrência o valor da tensão intermediária a produzir nos terminais de Cboost antes da ignição, segundo o exemplo de realização acima.

A realização da regulação baseada nas medições elétricas
20 descritas acima pode ser implementada de vários modos.

De acordo com um primeiro modo, pode-se visar considerar uma medição única característica do tipo de centelha gerada, realizada no instante o mais representativo do desenvolvimento da centelha, seja após ou no final do trem de controle de geração de centelha.

25 Se a medição selecionada for a medição da corrente no ressonador, pode-se então determinar um valor limiar M1, tal que:

- se a medição realizada no final do trem de controle for inferior a este valor limiar, deduz-se que foi produzida uma ligação-ponte;

- se a medição realizada for superior a este valor limiar, deduz-se que não foi produzida uma ligação-ponte.

5 No caso onde se utiliza a medição da tensão nos terminais do capacitor de armazenamento Cboost, é necessário então considerar a diferença entre a tensão nos terminais desta capacitância antes (ou no começo) e após (ou no final) do trem de controle de geração de centelha. Com efeito, a observação particularmente da tensão nos terminais do capacitor de armazenamento Cboost antes da ignição (trata-se, então, do valor especificado em tensão regulada nos terminais desta capacitância) e após ignição (medição
10 realizada no final do trem de controle), permite deduzir a energia consumida pelo ressonador durante a ignição. Pode-se, assim, deduzir o tipo de descarga realizada, entre sem centelha de todo, ramificação e ligação-ponte, de acordo com a quantidade de energia que teria sido consumida pelo ressonador durante a descarga.

15 Com efeito, pode-se mostrar que, quando uma ligação-ponte ocorreu, a quantidade de energia absorvida é minimizada. Pode-se, então, determinar como acima, um valor limiar M2 para o qual:

- se a medição realizada no final do trem de controle implica uma energia consumida inferior a este valor limiar, deduz-se que se produziu uma
20 ligação-ponte (o que diminui com efeito o valor de energia transmitida ao ressonador);

- se a medição realizada implica uma energia consumida superior a este valor limiar, deduz-se que não foi produzida ligação-ponte.

25 Nota-se, no entanto, que uma regulação baseada, como acabou de ser explicado, sobre uma única medição (da corrente no ressonador ou da tensão sobre a capacitância de armazenamento) por trem de controle, realizada preferivelmente no final do trem de controle, não é suficientemente robusta. Com efeito, a medição realizada não é apenas representativa do tipo

de centelha realizada, mas também da sintonização frequencial entre o circuito de alimentação e o ressonador, do engordamento da vela e outros fenômenos independentes do desenvolvimento da centelha.

5 Também, de acordo com outra forma, para realizar uma regulação robusta, realizam-se, preferivelmente, medições elétricas múltiplas durante e/ou antes e/ou após o trem de controle. A análise da evolução destas medições múltiplas permite extrair mais facilmente parâmetros pertinentes para a qualificação do desenvolvimento da centelha e, assim, realizar uma regulação, particularmente do valor da tensão intermediária a realizar nos
10 terminais de Cboost antes da ignição, mais eficaz.

Notadamente, a medição da evolução da tensão nos terminais de Cboost durante e/ou antes e/ou após a duração do trem de controle transporta numerosas informações sobre a ramificação da centelha. Durante o desenvolvimento da descarga, o consumo energético do ressonador se traduz,
15 com efeito, por uma queda de tensão nos terminais da capacitância Cboost, que se pode seguir. Constata-se que uma ramificação ótima da centelha gerada é muito consumidora de energia, enquanto que a fase de ligação-ponte limita fortemente o consumo. A análise das curvas de queda de tensão nos terminais de Cboost permite, assim, detectar a ligação-ponte e seu instante de
20 aparecimento.

Notou-se, igualmente, que a análise da ocorrência das ligações-ponte pode ser baseada sobre a análise do envelope de corrente na entrada do ressonador. Realizando-se medições elétricas múltiplas durante e/ou antes e/ou após a duração do trem de controle, pode-se, então, seguir a evolução
25 deste envelope de corrente. Uma ligação-ponte se traduz sistematicamente por uma queda brutal sobre o envelope de corrente, enquanto que, no caso de uma descarga ramificada, o envelope de corrente mostra um leve decréscimo ou uma evolução do envelope menos rápida. Assim, é possível detectar os

fenômenos de ligação-ponte utilizando ferramentas matemáticas de tipo "derivativo" aplicadas sobre as medições múltiplas de corrente na entrada do ressonador durante e/ou antes e/ou após a duração do trem de controle.

5 A regulação evocada até agora a fim de favorecer ramificação ótima da centelha evitando-se, ao máximo, o fenômeno de ligação-ponte, atua preferivelmente sobre o valor da tensão intermediária a realizar nos terminais do capacitor de armazenamento Cboost para cada ignição. O processo de regulação permite, assim, definir um valor especificado de tensão a atingir no começo de cada ignição, em função, de um lado, dos sinais de medição
10 representativos do funcionamento do motor e, por outro lado, dos sinais de medição elétrica representativos do tipo de centelha gerada.

Todavia, outros parâmetros de controle do sistema podem ser igualmente considerados no processo de regulação tempo real e, assim, ser ajustados durante o tempo de funcionamento do sistema, do mesmo modo que
15 explicado previamente com referência à regulação do valor da tensão intermediária nos terminais de Cboost para cada ignição.

Os outros parâmetros e funcionamento do sistema intervindo no desenvolvimento da centelha e susceptíveis de serem modificados durante o funcionamento para regular, em tempo real, o sistema, são a frequência de
20 controle do ressonador, a duração do trem de pulsos de controle da geração de centelhas, ou ainda de acordo com uma variante consistindo em realizar múltiplas ignições, o número de tais trens de controle e o espaçamento entre cada trem.

De acordo com uma forma de realização preferida, a regulação
25 de acordo com a invenção refere-se, conjuntamente, ao valor da tensão intermediária nos terminais de Cboost para cada ignição e a duração do trem de pulsos de controle V1, controlando a geração da centelha.

Para isto, o módulo de monitoração 20, ou um módulo similar, é

igualmente usado para gerar o trem V1 de pulso de controle da ignição, cuja duração é, então, ajustada em função dos sinais de medição recebidos e das relações armazenadas.

5 Com efeito, o fenômeno de ligação -ponte ocorre durante um trem de controle e, geralmente, começa por ocorrer no final do trem de controle, pode-se evitar este fato ao encurtar a duração do trem de pulsos de controle de tal modo a partir este logo antes da ligação-ponte (ou logo após segundo o efeito desejado sobre a combustão).

10 No entanto, para isto, é necessário que a ligação-ponte não ocorra em qualquer início de trem de controle e, além disso, é necessário saber prever o instante do aparecimento da ligação-ponte a fim de ajustar, como uma consequência, a duração ótima do trem de controle.

15 Por estas razões, esta técnica de limitação das probabilidades de ligação-ponte por redução da duração do trem de controle da ignição pode ser visada conjuntamente com a técnica de regulação da tensão de alimentação do ressonador. Com efeito, a regulação da tensão de alimentação do ressonador, consistindo em definir um nível reduzido de tensão intermediária nos terminais da capacitância Cboost antes da ignição, permite, com vantagem, empurrar o fenômeno de ligação-ponte para o mais longe possível do início do trem de controle.

20 De acordo com uma variante, propõe-se controlar o ressonador durante a ignição por intermédio de um sinal de controle sob a forma de uma pluralidade de trens de pulsos de controle, cada trem tendo uma duração muito baixa, por exemplo da ordem de 5 a 10 μ s, de modo que nenhuma
25 ligação-ponte tenha o tempo de ocorrer. Nesta variante consistindo em realizar múltiplas centelhas, é necessário reproduzir os trens de controle um certo número de vezes, da ordem de 2 a 50 vezes, por exemplo, para garantir uma transferência de energia suficiente à mistura da qual se busca iniciar a

combustão. Por outro lado, para permitir uma boa dissociação entre os trens e evitar, assim, a ligação-ponte, o espaçamento entre os diferentes trens de pulsos do sinal de controle poderá ser regulado no sentido de um aumento. A duração da ignição se encontra, todavia, aumentada, o que pode ser
5 desfavorável às condições de iniciação da mistura.

Do mesmo modo, quando da ignição, a frequência do sinal de controle do ressonador é, preferivelmente, selecionada da ordem de grandeza da frequência de ressonância do ressonador 6. Com efeito, a adequação entre a frequência de ressonância do ressonador e a frequência em que este é
10 controlado (isto é, a frequência do sinal de controle), determina a relação entre a amplitude de tensão na entrada e na saída do ressonador. Assim, utilizando, preferivelmente, uma frequência de controle sensivelmente igual à frequência de ressonância do ressonador, favorece-se o rendimento do ressonador, na medida em que seu coeficiente de sobretensão Q é, então, a
15 mais elevada possível.

Todavia, tendo em vista limitar a tensão aplicada entre os eletrodos do ressonador e assim limitar as probabilidades do aparecimento dos fenômenos de ligação-ponte, pode-se visar degradar o coeficiente de sobretensão ao comutar, para tanto, a frequência de controle em torno da
20 frequência de ressonância do ressonador. Assim, o valor da frequência de controle pode igualmente fazer o objeto da regulação anti-ligação-ponte, como explicado previamente, determinando-se um valor ótimo de frequência de controle deslocado em relação à frequência de ressonância, em função das medições recebidas (funcionamento motor e elétricos). Este parâmetro pode
25 ser regulado sozinho, ou então conjuntamente com o valor da tensão intermediária, a duração do trem de controle, ou então ainda conjuntamente com estes dois últimos parâmetros.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de controle de um gerador de plasma radiofrequência, compreendendo:

5 - um circuito de alimentação (2), apresentando um interruptor (9) controlado por um sinal de controle (V1) sob a forma de, pelo menos, um trem de pulsos de controle, aplicando uma tensão intermediária (Vinter) sobre uma saída do circuito de alimentação na frequência definida pelo sinal de controle,

10 - um ressonador (6), conectado à saída do circuito de alimentação e apto a gerar uma centelha entre dois eletrodos (103, 106), quando um nível alta tensão é aplicado sobre a saída do circuito de alimentação, o referido processo sendo caracterizado pelo fato de compreender:

- a recepção de primeiros sinais de medição representativos do funcionamento de um motor de combustão;

15 - a recepção de segundos sinais de medição elétrica representativos do tipo de centelha gerada, e

- a regulação conjunta e em tempo real, em função dos primeiro e segundo sinais de medição recebidos, do nível da tensão intermediária e da duração do trem de pulsos de controle.

20 2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sinal de controle sendo gerado sob a forma de uma pluralidade de trens de pulsos de controle, a regulação refere-se ao número dos referidos trens e o tempo inter-trens.

25 3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que ele compreende o armazenamento de relações entre os sinais de medição e o valor dos parâmetros a regular, a regulação consistindo em determinar e aplicar o valor dos parâmetros a regular em função dos sinais de medição recebidos e das relações armazenadas.

4. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que os primeiros sinais de medição são selecionados no grupo compreendendo a temperatura do óleo do motor, a temperatura do líquido de resfriamento do motor, o torque do motor, a
5 velocidade do motor, o ângulo de ignição, a temperatura do ar de admissão, a pressão ao nível do coletor, a pressão atmosférica, a pressão na câmara de combustão ou o ângulo de pressão máxima.

5. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que os segundos sinais de medição
10 compreendem, pelo menos, uma medição da tensão nos terminais de um capacitor de armazenamento (Cboost) fornecendo a tensão intermediária em entrada do ressonador e/ou pelo menos uma medição da corrente no ressonador (6).

6. Processo de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo
15 fato de que se realiza uma primeira medição da tensão nos terminais do capacitor de armazenamento (Cboost) antes ou no início do trem de pulsos de controle e uma segunda medição da referida tensão graças ou no final do trem de pulsos de controle.

7. Processo de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado
20 pelo fato de que se realiza uma pluralidade de medições durante a duração do trem de pulsos de controle.

8. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que ele compreende a regulação da
frequência de controle a um valor especificado sensivelmente igual à
25 frequência de ressonância do ressonador.

9. Dispositivo para geração de plasma radiofrequência, compreendendo:

- um circuito de alimentação (2) apresentando um interruptor (9)

controlado por um sinal de controle (V1) sob a forma de pelo menos um trem de pulsos de controle, o interruptor aplicando uma tensão intermediária (Vinter) sobre uma saída do circuito de alimentação na frequência definida pelo sinal de controle,

5 - um ressonador (6), conectado à saída do circuito de alimentação e apto a gerar uma centelha entre dois eletrodos (103, 106) quando um nível alta tensão é aplicado sobre a saída do circuito de alimentação,

 o referido dispositivo sendo caracterizado pelo fato de que ele compreende um módulo de monitoração (20) adaptado a realizar o processo
10 de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes.

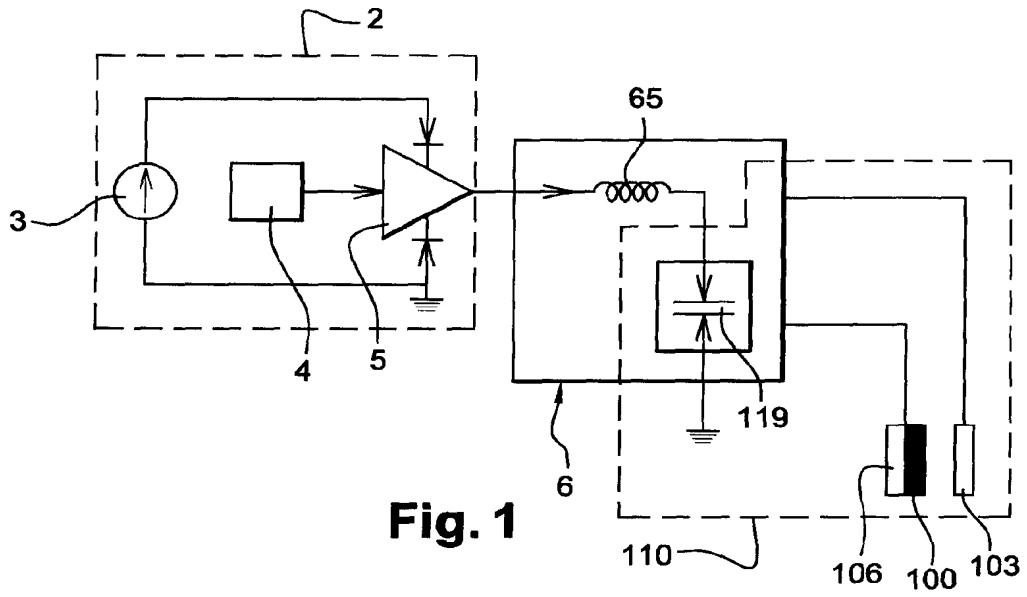


Fig. 1

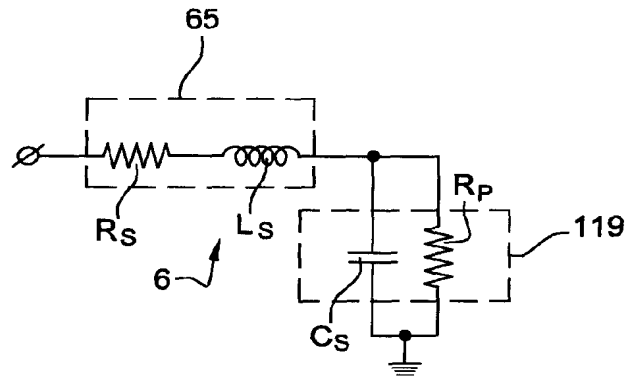


Fig. 2

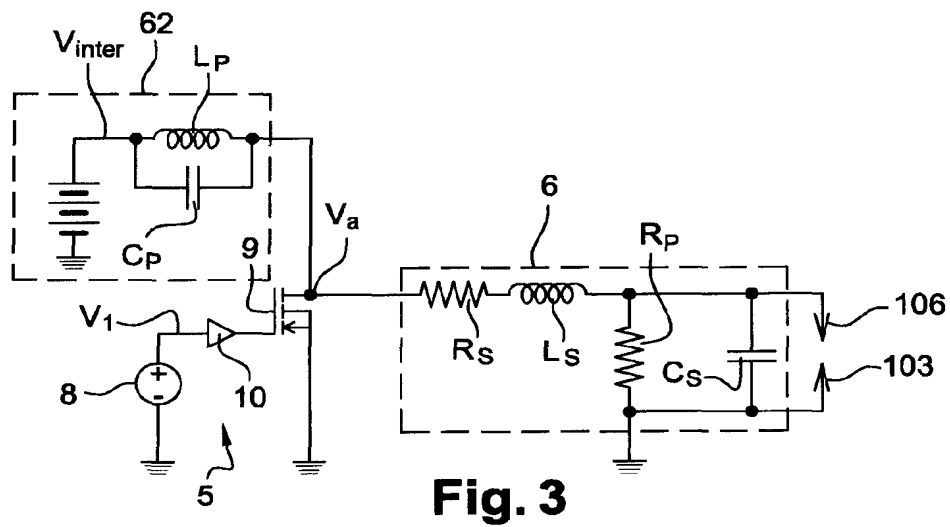


Fig. 3

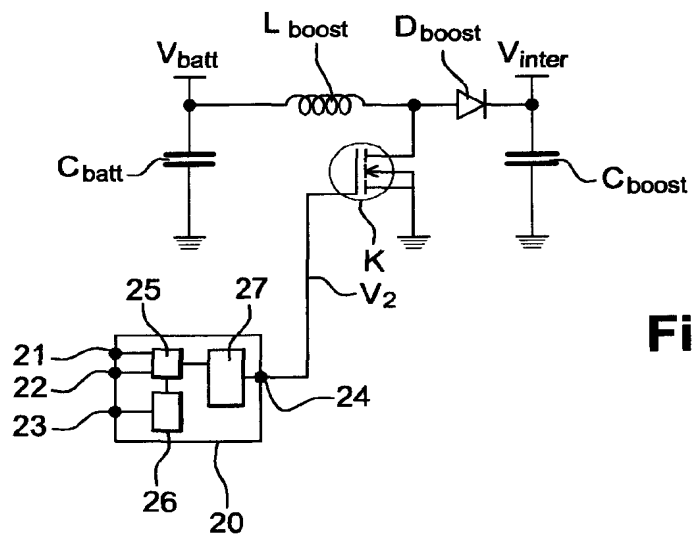


Fig. 4

RESUMO

"PROCESSO DE CONTROLE DE UM GERADOR DE PLASMA RADIOFREQUÊNCIA, E, DISPOSITIVO PARA GERAÇÃO DE PLASMA RADIOFREQUÊNCIA"

5 A invenção refere-se a um processo de controle de um gerador de plasma radiofrequência, compreendendo um circuito de alimentação (2), apresentando um interruptor (9) controlado por, pelo menos, um trem de pulsos de controle, aplicando uma tensão intermediária (V_{inter}) à frequência de controle sobre uma saída em que é conectado um ressonador (6) gerando
10 uma centelha entre dois eletrodos (103, 106) quando um nível alta tensão é aplicado sobre a saída, o referido processo sendo caracterizado em que ele compreende: - a recepção de primeiros e segundos sinais de medição representativos respectivamente do funcionamento de um motor de combustão e do tipo de centelha gerada, - a regulação, em tempo real, em
15 função dos sinais de medição recebidos, de pelo menos um parâmetro tomado dentre, pelo menos, o nível da tensão intermediária, a frequência de controle, a duração do trem de controle, de modo a favorecer a ramificação da centelha gerada.