

"DISPOSITIVO GERADOR DE PLASMA RADIOFREQUÊNCIA, E, PROCESSO DE CONTROLE DA ALIMENTAÇÃO DO MESMO"

A presente invenção refere-se, de modo geral, aos sistemas geradores de plasma entre dois eletrodos de uma vela, usados notadamente para a ignição radiofrequência controlada de uma mistura gasosa em câmaras de combustão de um motor de combustão interna.

Para tal aplicação à ignição automotiva com geração de plasma, os circuitos geradores de plasma integrantes dos conjuntos de bobina-vela são usados para gerar descargas multifilamentares entre seus eletrodos, permitindo iniciar a combustão da mistura nas câmaras de combustão do motor. A vela de múltiplas centelhas é descrita em detalhes nos pedidos de patente seguintes, depositados em nome da Requerente FR 03-10766, FR 03-10767 e FR 03-10768.

Tal conjunto de bobina-vela é classicamente configurado por um ressonador 1, cuja frequência de ressonância  $F_c$  é superior a 1 MHz, tipicamente próxima de 5 MHz. O ressonador compreende, em série, uma resistor R, um indutor L e um capacitor C. Eletrodos de ignição 10 e 12 do conjunto de bobina-vela são conectados aos terminais do capacitor C.

Quando o ressonador é alimentado com uma alta tensão em sua frequência de ressonância  $f_c$ ,  $(1/(2\pi\sqrt{L*C}))$ , a amplitude nos terminais do capacitor C é amplificada, permitindo desenvolver descargas multifilamentares entre os eletrodos da vela, sobre distâncias da ordem de centímetro, com forte pressão e para tensões de pico inferiores a 30 kV.

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

O controle da alimentação de tal conjunto de bobina-vela

necessita da utilização de um circuito de alimentação, capaz de gerar pulsos de tensão, tipicamente tempos de subida de 100 ns, e de amplitude da ordem de 1 kV, a uma frequência prevista para estar muito próxima da frequência de ressonância do ressonador radiofrequência do conjunto de bobina-vela. Mais a  
5 diferença entre a frequência de ressonância do ressonador e a frequência de funcionamento do gerador é reduzida, mais elevado é o coeficiente de sobretensão do ressonador (relação entre a amplitude de sua tensão de saída e sua tensão de entrada).

Tal circuito de alimentação, detalhado, aliás, no pedido de  
10 patente FR 03-10767, é representado esquematicamente na figura 2. Ele emprega, de modo clássico, uma montagem dita "amplificador de potência Classe E". Este tipo de conversor CC/CA permite criar pulsos de tensão com as características acima mencionadas.

De acordo com a forma de realização da figura 2, o amplificador  
15 2 compreende interruptor M para controlar as comutações nos terminais do ressonador 1, realizado, de acordo com este exemplo, sob a forma de um transistor MOSFET de potência.

Assim, um dispositivo de controle 5 gera e aplica um sinal de controle V1 a uma frequência de controle na porta do MOSFET de potência  
20 M, por intermédio de um estágio de controle 3, representado esquematicamente. A fim de controlar a produção de faíscas entre os eletrodos do conjunto de bobina-vela conectado em saída do amplificador, quando seu ressonador 1 é excitado por intermédio do sinal de controle V1, este último é ativado pelas diferentes ordens de ignição e se apresenta sob a  
25 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 4 é conectado entre uma fonte de tensão intermediária Vinter e o dreno do transistor M. Este circuito 4 compreende

um indutor  $L_p$  em paralelo com um capacitor  $C_p$ .

Na proximidade de sua frequência de ressonância, o ressonador paralelo transforma a tensão intermediária  $V_{inter}$  em uma tensão amplificada  $V_a$  (ilustrada na figura 5), correspondendo à tensão intermediária multiplicada pelo coeficiente de sobretensão do ressonador paralelo. Esta tensão amplificada é fornecida sobre o dreno do transistor  $M$  ligado, além disso, à entrada do ressonador 1.

O transistor  $M$  atua, portanto, como um interruptor e aplica (respectivamente bloqueia) a tensão  $V_a$  na entrada do ressonador 1 quando o sinal de controle  $V_1$  se encontra no estado lógico elevado (respectivamente baixo). O transistor  $M$  impõe, assim, uma frequência de comutação, determinada pelo sinal de controle  $V_1$ , que se procura tornar o mais próximo possível da frequência de ressonância do conjunto de bobina-vela conectado em saída (tipicamente 5MHz), a fim de manter e maximizar a transferência de energia entre o ressonador paralelo 4 e o ressonador série 1 formando o conjunto de bobina-vela.

Na frequência de ressonância do conjunto de bobina-vela, encontra-se, então, nos terminais do capacitor  $C$  do ressonador série 1, seja nos terminais dos eletrodos da vela, a tensão de saída  $V_a$  previamente dita, multiplicada pelo coeficiente de sobretensão do ressonador série 1.

Esta fase de transferência de energia da etapa de potência formada pelo amplificador para o ressonador do conjunto de bobina-vela deve ser realizada na frequência de ressonância do ressonador, para assegurar um bom rendimento. Com efeito, se o transistor  $M$  impor uma frequência de comutação diferente da frequência de ressonância do conjunto de bobina-vela, a transferência de energia se degrada, devido à estreiteza da banda de passagem do ressonador série usado para o conjunto de bobina-vela.

Em uma aplicação com ignição automotiva com geração de

plasma, cada câmara de combustão é equipada com um conjunto de bobina-vela como descrito previamente a fim de iniciar, sob comando, a combustão.

Conseqüentemente, para os motores de 4 cilindros por exemplo, é necessário poder dispor de quatro circuitos de alimentação do tipo amplificador classe E, como descrito previamente com referência à figura 2, para alimentar e controlar respectivamente os quatro conjuntos de bobina-vela.

Tal configuração baseada portanto sobre tantos trajetos de amplificação como se tem conjuntos de bobina-vela a serem controlados limita, então, o potencial de desenvolvimento deste tipo de ignição automotiva por geração de plasma, de um lado devido ao espaço provocado por esta instalação sob a capota do motor, mas igualmente, devido ao custo de instalação, que pode se revelar proibitivo para visar instalar este tipo de ignição em veículos de série.

A presente invenção visa remediar este inconveniente, permitindo controlar uma pluralidade de conjuntos de bobina-vela por intermédio de um mesmo e único trajeto de amplificação.

Com este objetivo em vista, a invenção tem por objeto um dispositivo gerador de plasma radiofrequência, caracterizado em que ele compreende:

- um circuito de alimentação, compreendendo um interruptor controlado por um sinal de controle para aplicar uma tensão intermediária sobre uma saída do circuito de alimentação a uma frequência definida pelo sinal de controle,
- pelo menos dois circuitos geradores de plasma conectados em paralelo sobre a saída do circuito de alimentação, cada circuito gerador de plasma apresentando uma frequência de ressonância que é própria do mesmo e sendo apto a gerar um plasma quando um nível alta tensão é aplicado sobre

a saída do circuito de alimentação a uma frequência sensivelmente igual à frequência de ressonância do circuito gerador de plasma,

5 - um dispositivo de controle do circuito de alimentação, determinando a frequência do sinal de controle dentre uma das frequências de ressonância dos circuitos geradores de plasma, de modo a controlar seletivamente cada circuito gerador de plasma de acordo com a frequência de controle usada.

10 De acordo com uma forma de realização, cada circuito gerador de plasma compreende um ressonador e cada ressonador compreende uma frequência de ressonância distinta.

15 De acordo com outra forma de realização, cada circuito gerador de plasma compreende um ressonador, cada ressonador apresentando uma frequência de ressonância idêntica e, pelo menos, um dos circuitos geradores de plasma compreende, por outro lado, meios de deslocamento da frequência de ressonância de seu ressonador.

Com vantagem, os meios de deslocamento em frequência compreendem um circuito adaptador da impedância disposto em série entre a saída do circuito de alimentação e o ressonador.

20 Preferivelmente, o circuito adaptador da impedância compreende uma indutância.

25 De acordo com uma variante, o circuito adaptador da impedância é constituído por um cabo de ligação impedante assegurando a conexão entre a saída do circuito de alimentação e cada ressonador, o comprimento da porção de cabo entre os ressonadores definindo o deslocamento de frequência entre os ressonadores.

Com vantagem, cada circuito gerador de plasma é adaptado para realizar uma ignição em um dos empregos seguintes: ignição controlada em um cilindro de motor de combustão, ignição em um filtro de partículas,

ignição de descontaminação em um sistema de climatização.

A invenção refere-se igualmente a um processo de controle da alimentação de um dispositivo gerador de plasma compreendendo um circuito de alimentação apresentando um interruptor controlado por um sinal de controle para aplicar uma tensão intermediária a uma frequência definida pelo  
5 sinal de controle sobre uma saída do circuito de alimentação em que, pelo menos, dois circuitos geradores de plasma são conectados em paralelo, cada circuito gerador de plasma sendo previsto para ser controlado seletivamente a uma frequência de ressonância que é própria do mesmo,

10 o referido processo compreendendo as etapas de:

- recepção de uma solicitação de determinação de uma frequência de controle;

- determinação do circuito gerador de plasma a controlar,

15 - determinação de uma frequência de controle sensivelmente igual à frequência de ressonância do circuito gerador de plasma a controlar;

- geração do sinal de controle na frequência de controle determinada.

Outras características e vantagens da presente invenção aparecerão mais claramente na leitura da descrição seguinte dada a título de  
20 exemplo ilustrativo e não limitativo e feito com referência às figuras anexas em que:

- A figura 1 é um esquema ilustrando um modelo elétrico utilizado para o ressonador configurando um conjunto de bobina-vela de geração de plasma.

25 - A figura 2 é um esquema ilustrando um dispositivo gerador de uma alta tensão integrando um amplificador, usado para a alimentação e o controle de um conjunto de bobina-vela;

- A figura 3 ilustra uma primeira forma de realização de

distribuição das frequências de ressonância dos conjuntos de bobina-vela de acordo com a invenção,

5 - A figura 4 ilustra uma segunda forma de realização de distribuição das frequências de ressonância dos conjuntos de bobina-vela de acordo com a invenção,

- A figura 5 ilustra um esquema completo de uma ignição radiofrequência compreendendo N conjuntos de bobina-vela de acordo com a invenção;

10 - A figura 6 ilustra um fluxograma de um exemplo de realização do controle da ignição de acordo com a invenção.

A presente invenção propõe, portanto, controlar uma pluralidade de circuitos geradores de plasma de tipo de conjuntos de bobina-vela, usando um único trajeto de amplificação, em outras palavras, usando um único circuito de alimentação do tipo amplificador de potência Classe E, como  
15 descrito previamente na figura 2, para alimentar seletivamente a pluralidade de circuitos geradores de plasma conectados em paralelo na saída deste circuito de alimentação único.

O princípio sobre o qual repousa esta montagem particular consiste em explorar, ao nível do controle alta tensão e alta frequência gerada  
20 pelo circuito de alimentação, a frequência de ressonância própria em cada circuito gerador de plasma conectado na saída do circuito de alimentação.

Com efeito, nota-se que uma distribuição cuidadosa das frequências de ressonância dos circuitos geradores de plasma permite determinar naturalmente a transferência de potência desejada do circuito de  
25 alimentação em direção a um ou outro dos circuitos geradores de plasma. Assim, uma mesma alta tensão, aplicada simultaneamente em saída do circuito de alimentação aos terminais da pluralidade de circuitos geradores de plasma que são conectados ai, permite controlar seletivamente um dentre

estes circuitos geradores de plasma, desde que a frequência de controle utilizada ao nível do circuito de alimentação seja imitada sensivelmente sobre a frequência de ressonância própria do mesmo.

5 A condição para permitir controlar independentemente a pluralidade de circuitos geradores de plasma por intermédio de um único circuito de alimentação é, portanto, que cada um destes circuitos geradores de plasma apresente uma frequência de ressonância bem separada das outras. Trata-se, com efeito, de evitar as superposições dos domínios frequenciais de ressonância dos ressonadores formando cada circuito gerador de plasma e,  
10 assim, de superar os problemas de múltiplas ignições simultâneas.

A diferença de frequência de ressonância entre os múltiplos circuitos geradores de plasma conectados em paralelo em saída do circuito de alimentação único deve ser, preferivelmente, ao mínimo igual a um múltiplo da banda de passagem de cada ressonador. Pode-se, por exemplo, escolher  
15 deslocar a frequência de ressonância de cada circuito gerador de plasma umas com relação às outras em um valor igual a duas ou três vezes a banda de passagem de cada circuito.

Várias formas de realização são visáveis para realizar tal deslocamento de frequência entre as frequências de ressonância de cada  
20 circuito gerador de plasma.

Um primeiro modo consiste em utilizar, para cada circuito gerador de plasma, um conjunto de bobina-vela, como configurado na Figura 1, diferente por construção, de modo que os conjuntos de bobina-vela empregados apresentem frequências de ressonância suficientemente distintas  
25 conforme os princípios exposto acima.

Esta forma de realização onde cada circuito gerador de plasma é constituído por um ressonador tal como representado na figura 1, e onde cada ressonador apresenta uma frequência de ressonância distinta, não é todavia

ótimo tendo em vista sua integração a um processo industrial.

Com efeito, ela requer a adaptação do processo industrial à produção de uma pluralidade de tipos de conjuntos de bobina-vela distintos e necessita, então, o mesmo número de referências de conjuntos de bobina-vela como o dos trajetos a controlar.

Assim, com referência às figuras 3 e 4, uma forma de realização preferencial para realizar o deslocamento de frequência de ressonância entre a pluralidade de circuitos geradores de plasma a controlar, consiste em utilizar conjuntos de bobina-vela idênticos, cujos ressonadores configurando os mesmos apresentam frequências de ressonância idênticas, e em associar, a cada ressonador, meios de deslocamento de sua frequência de ressonância.

Como ilustrado na figura 3, os meios de deslocamento da frequência de ressonância de um circuito gerador de plasma compreendem um circuito adaptador da impedância 14, previsto para ser disposto em série entre a saída do circuito de alimentação 2 e o ressonador 1. Deste modo, o par impedância - ressonador, formando o circuito gerador de plasma, observa sua frequência de ressonância deslocada em relação à frequência de ressonância do ressonador 1 do conjunto de bobina-vela isolado.

Como ilustrado na figura 5, a inserção de tais circuitos de impedância, de valores respectivos diferentes, respectivamente  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  e  $Z_4$ , em série entre a saída do circuito de alimentação único e cada conjunto de bobina-vela, respectivamente BB1, BB2, BB3 e BB4, permite então realizar a distribuição desejada das frequências de ressonância dos circuitos geradores de plasma conectados em paralelo em saída do circuito de alimentação único, de acordo com os princípios expostos acima.

Os valores de impedância dos circuitos 14 são, então, selecionados para que a diferença de frequência de ressonância entre cada circuito gerador de plasma constitua cada um por um par impedância -

ressonador, seja igual a, pelo menos, um múltiplo da banda de passagem de cada ressonador .

Pode-se, por exemplo, utilizar, para os circuitos de impedância acrescentados, indutâncias tais que a frequência de ressonância de cada circuito gerador de plasma seja deslocada do valor desejado.

Na óptica de um rendimento ótimo do circuito de alimentação assim como um funcionamento ótimo dos conjuntos de bobina-vela, pode-se utilizar conjuntos de bobina-vela idênticos, cuja frequência de ressonância é mais elevada do que a frequência de ressonância em que se deseja controlar os conjuntos de bobina-vela. Neste caso, se os circuitos de impedância acrescentados são indutâncias, o efeito deste acréscimo deve corresponder a baixar o valor da frequência de ressonância global de cada par indutância/conjunto de bobina-vela.

Na variante, pode-se usar, para um dos trajetos a controlar, uma conexão simples sem acréscimo de elemento passivo suplementar, como uma indutância, em série com o conjunto de bobina-vela.

De acordo com outra forma de realização ilustrada na figura 4, os meios de deslocamento da frequência de ressonância de um circuito gerador de plasma em relação a um outro, utilizando o cabo de ligação assegurando a conexão entre a saída do circuito de alimentação e cada conjunto de bobina-vela como impedância série, os conjuntos de bobina-vela sendo, aliás, idênticos, a saber que seu ressonador apresenta uma frequência de ressonância idêntica. Neste caso, é o comprimento da porção de cabo, respectivamente L1, L2, L3, entre os conjuntos de bobina-vela, respectivamente entre BB1 e BB2, entre BB2 e BB3 e entre BB3 e BB4, que emprega a impedância, particularmente a indutância, e define, assim, o deslocamento de frequência de ressonador entre os ressonadores dos conjuntos de bobina-vela.

O fato de utilizar um cabo impedante entre os conjuntos de

bobina-vela permite, com vantagem, se desobrigar da utilização de componentes suplementares para o deslocamento de conjuntos de bobina-vela em frequência, como necessário para a forma de realização da figura 3.

5 As frequências de ressonância de diferentes trajetos sendo distribuídas de modo independente, de acordo com os princípios expostos previamente, o processo de controle do único circuito de alimentação deve, então, levar em conta a frequência adaptada ao trajeto a controlar para cada ignição.

10 Para isto, de acordo com uma forma de realização, o dispositivo de controle 5 do circuito de alimentação pode dispor de uma memória apta a conservar a ordem de classificação das frequências correspondendo a cada um dos trajetos a controlar.

15 Assim, de acordo com o exemplo da figura 6, que faz referência a uma aplicação de ignição automotiva para um motor de combustão de quatro cilindros, à recepção de um pedido de ignição, o dispositivo de controle é, logo a princípio, capaz de determinar o cilindro a controlar, numerado, por exemplo, de 1 a 4 na ordem de disposição sobre o motor. Em cada número de cilindro é, portanto, associada a frequência de ressonância, respectivamente F1, F2, F3 e F4, própria do circuito gerador de plasma  
20 correspondente que deve ser controlado.

O dispositivo de controle compreende, então, um módulo determinando a frequência do sinal de controle a gerar, dentre estas frequências F1, F2, F3 e F4, em função do número de cilindro a ignitar e da ordem de classificação das frequências previamente armazenada.

25 Uma vez a frequência de controle determinada, o dispositivo de controle aplica o sinal de controle à referida frequência sobre uma interface de saída, destinada ao controle do interruptor M.

A transferência de potência seletiva para o circuito gerador de

plasma a controlar para a ignição é então naturalmente gerada pela frequência de controle usada para esta ignição.

5 De acordo com uma forma de realização particular, a determinação das frequências de ressonância a obter na saída do circuito de alimentação único pode ser controlada pelos métodos de tabulação ou automáticos, como descrito nos pedidos de patentes francesas depositados em nome da Requerente FR 05-127669 e FR 05-12770.

10 Por exemplo, o dispositivo de controle pode ser dotado de uma interface de recepção dos sinais de medidas de parâmetros de funcionamento do motor (temperatura do óleo motor, torque do motor, velocidade do motor, ângulo de ignição, temperatura do ar de admissão, pressão na câmara de combustão, etc.). e/ou sinais de medidas dos parâmetros de funcionamento da alimentação, assim como de um módulo de memória particular armazenando as relações entre sinais de medidas e a frequência de um sinal de controle a gerar. O dispositivo de controle determina, então, a frequência de um sinal de controle a gerar em função dos sinais de medidas recebidos sobre a interface de recepção e das relações armazenadas no módulo de memória.

20 Outras aplicações diferentes da realização de uma ignição controlada para um motor de combustão podem ser visadas sem, no entanto, sair do quadro da presente invenção, como a realização de uma ignição em um filtro de partículas, ou de uma ignição de descontaminação em um sistema de climatização.

## REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo gerador de plasma radiofrequência, caracterizado pelo fato de compreender:

5 - um circuito de alimentação (2), compreendendo um interruptor (M) controlado por um sinal de controle (V1) para aplicar uma tensão intermediária (Vinter) sobre uma saída do circuito de alimentação a uma frequência definida pelo sinal de controle,

10 - pelo menos dois circuitos geradores de plasma (BB1, BB2, BB3, BB4) conectados em paralelo sobre a saída do circuito de alimentação, cada circuito gerador de plasma apresentando uma frequência de ressonância que é própria do mesmo, e sendo apto a gerar um plasma quando um nível alta tensão é aplicado sobre a saída do circuito de alimentação a uma frequência sensivelmente igual à frequência de ressonância do circuito gerador de plasma,

15 - um dispositivo de controle (5) do circuito de alimentação, determinando a frequência do sinal de controle dentre uma das frequências de ressonância (F1, F2, F3, F4) dos circuitos geradores de plasma, de modo a controlar seletivamente cada circuito gerador de plasma segundo a frequência de controle utilizada.

20 2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada circuito gerador de plasma compreende um ressonador (1), cada ressonador apresentando uma frequência de ressonância distinta.

25 3. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada circuito gerador de plasma compreende um ressonador (1), cada ressonador apresentando uma frequência de ressonância idêntica, e em que pelo menos um dos circuitos geradores de plasma compreende, por outro lado, meios de deslocamento da frequência de ressonância de seu ressonador.

4. Dispositivo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que os meios de deslocamento em frequência compreendem um circuito adaptador da impedância (14) disposto em série entre a saída do circuito de alimentação e o ressonador.

5 5. Dispositivo de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o circuito adaptador da impedância compreende um indutor.

6. Dispositivo de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o circuito adaptador da impedância é constituído por um cabo de ligação impedante assegurando a conexão entre a saída do circuito de alimentação e cada ressonador, o comprimento (L1, L2, L3) da porção de  
10 cabo entre os ressonadores definindo o deslocamento da frequência entre os ressonadores.

7. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que cada circuito gerador de plasma é  
15 adaptado para realizar uma ignição em um dos empregos seguintes: ignição controlada em um cilindro de motor de combustão, ignição em um filtro de partículas, ignição de descontaminação em um sistema de climatização.

8. Processo de controle da alimentação de um dispositivo gerador de plasma compreendendo um circuito de alimentação (2) apresentando um  
20 interruptor (M) controlado pelo sinal de controle (V1) para aplicar uma tensão intermediária (Vinter) a uma frequência definida pelo sinal de controle sobre uma saída do circuito de alimentação em que, pelo menos, dois circuitos geradores de plasma são conectados em paralelo, cada circuito gerador de plasma sendo previsto para ser controlado seletivamente a uma frequência de  
25 ressonância que é própria do mesmo,

o referido processo caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

- recepção de uma solicitação de determinação de uma frequência

de controle;

- determinação do circuito gerador de plasma a controlar,
- determinação de uma frequência de controle sensivelmente

igual à frequência de ressonância do circuito gerador de plasma a controlar;

- 5                    - geração do sinal de controle na frequência de controle determinada.

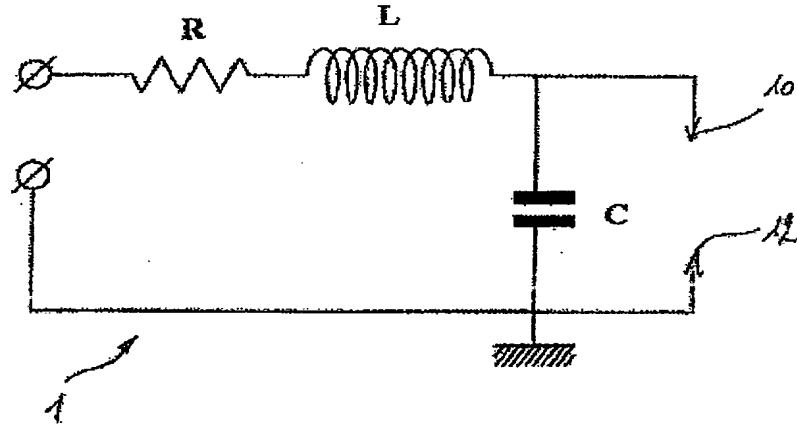


FIG. 1

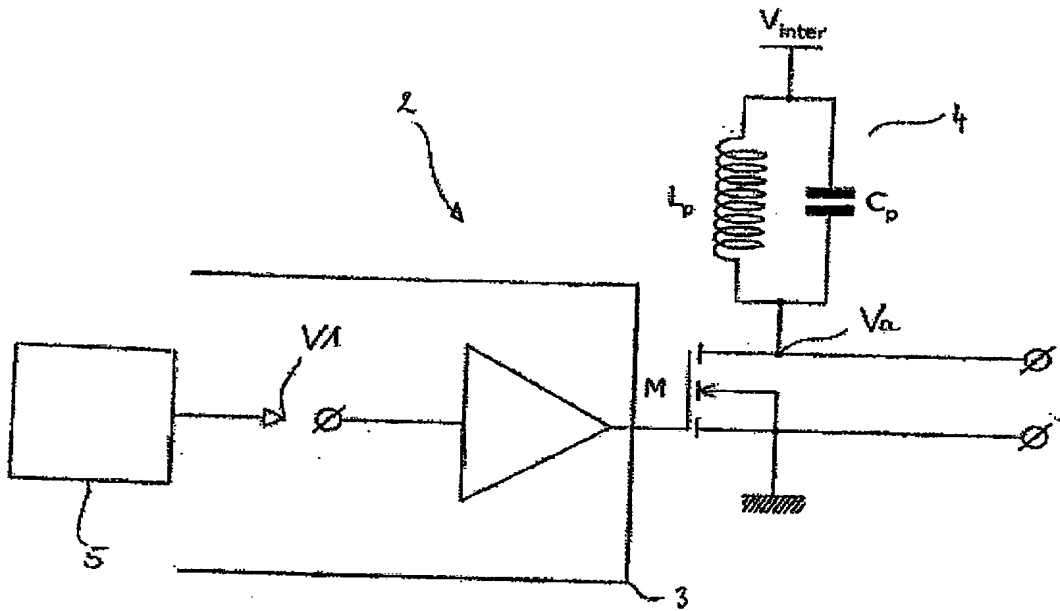


FIG. 2

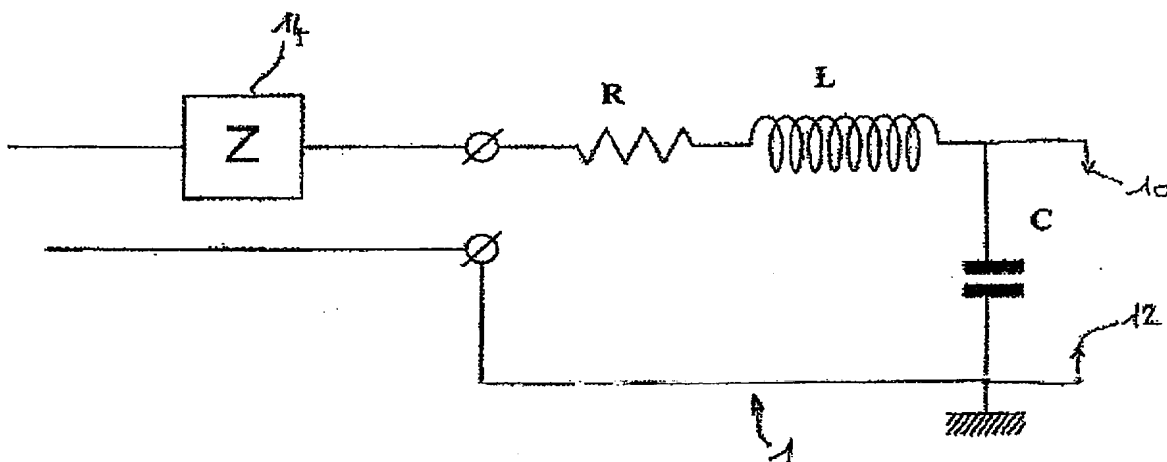


FIG. 3

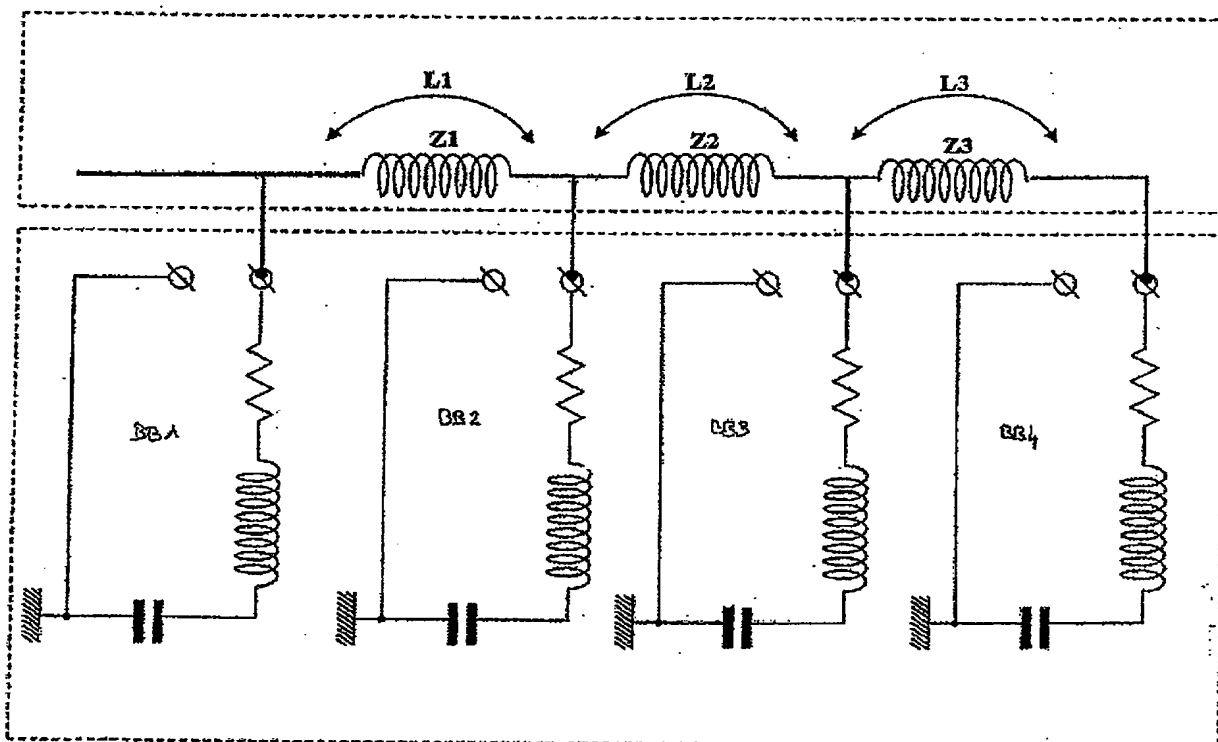


FIG. 4

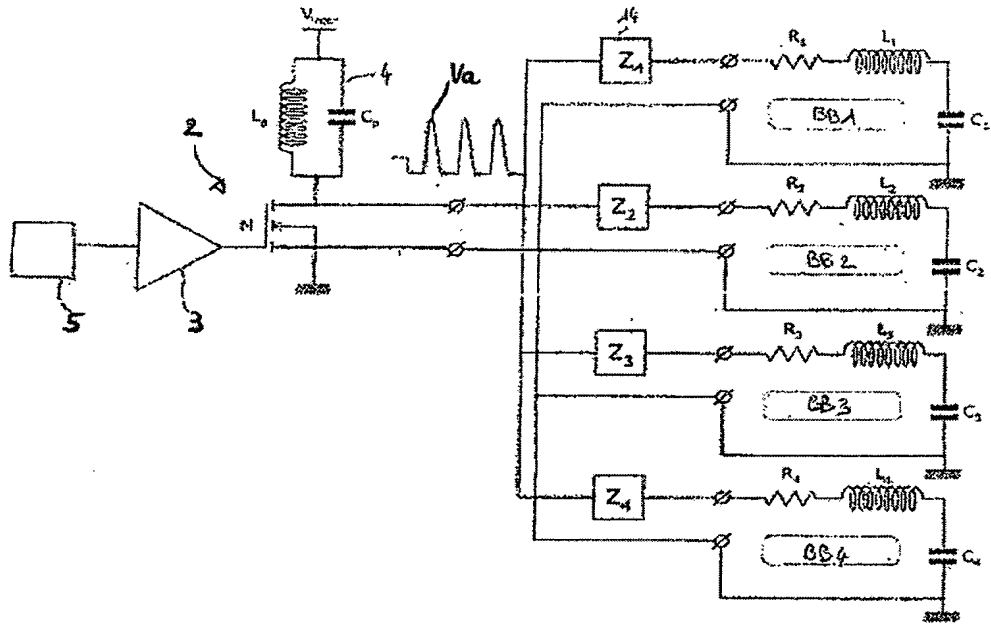


FIG. 5

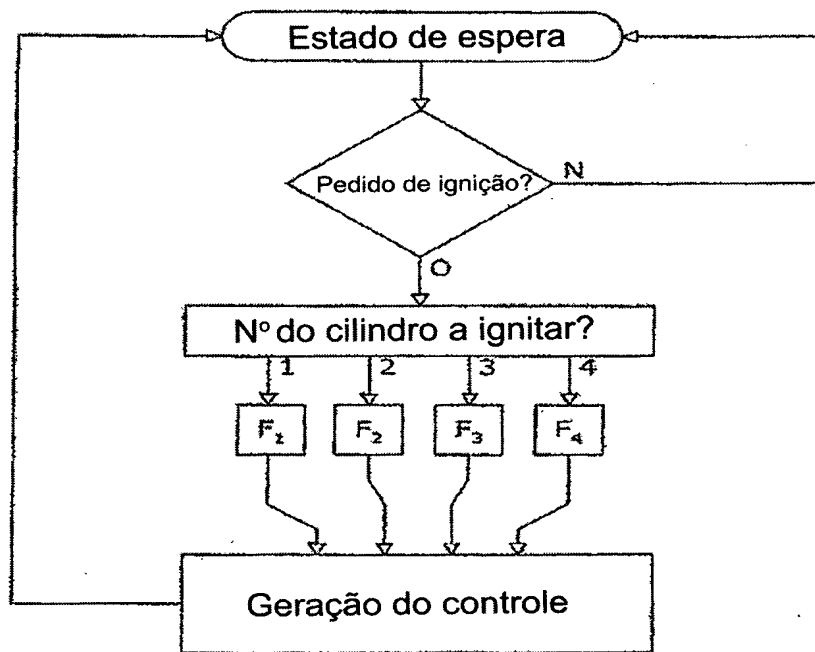


FIG. 6

RESUMO

"DISPOSITIVO GERADOR DE PLASMA RADIOFREQUÊNCIA, E, PROCESSO DE CONTROLE DA ALIMENTAÇÃO DO MESMO"

5 A invenção refere-se a um dispositivo gerador de plasma radiofrequência, compreendendo: um circuito de alimentação (2), compreendendo um interruptor (M) controlado por um sinal de controle (V1) para aplicar uma tensão intermediária (Vinter) sobre uma saída do circuito de alimentação a uma frequência de controle, pelo menos dois circuitos geradores de plasma (BB1, BB2, BB3, BB4) conectados em paralelo na saída  
10 do circuito de alimentação, cada circuito gerador de plasma apresentando uma frequência de ressonância própria, e sendo apto a gerar um plasma quando um nível alta tensão é aplicado sobre a saída do circuito de alimentação a uma frequência sensivelmente igual à frequência de ressonância do circuito gerador de plasma; um dispositivo de controle (5) da alimentação,  
15 determinando a frequência de controle dentre uma das frequências de ressonância (F1, F2, F3, F4) dos circuitos geradores de plasma, de modo a controlar seletivamente cada circuito segundo a frequência de controle utilizada.