



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

(11) PI 0813441-3 B1

(22) Data do Depósito: 04/06/2008

(45) Data de Concessão: 16/10/2018



* B R P I 0 8 1 3 4 4 1 B 1 *

(54) Título: DISPOSITIVO DE IGNIÇÃO POR MICROONDAS, E, MÉTODO PARA DIAGNOSTICAR UM ESTADO DE INCRUSTAÇÃO DOS ELETRODOS DE IGNIÇÃO

(51) Int.Cl.: H01T 13/58; F02P 17/12; F02P 23/04; H01T 13/60

(30) Prioridade Unionista: 12/06/2007 FR 0704190

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

(72) Inventor(es): DELORAINE, FRANCK; COUILLAUD, JULIEN; JAFFREZIC, XAVIER

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/12/2009

"DISPOSITIVO DE IGNIÇÃO POR MICROONDAS, E, MÉTODO PARA DIAGNOSTICAR UM ESTADO DE INCRUSTAÇÃO DOS ELETRODOS DE IGNIÇÃO"

A presente invenção refere-se, em geral, aos sistemas para gerar plasma entre dois eletrodos de uma vela de ignição, usada notavelmente para ignição por microondas controlada de uma mistura de gás em câmaras de combustão de um motor de combustão interna.

A invenção refere-se mais particularmente a um dispositivo de ignição por microondas compreendendo:

- 10 - um meio de controle capaz de gerar um sinal de comando de ignição,
- um circuito de alimentação, controlado pelo sinal de comando de ignição, a fim de aplicar uma tensão de alimentação a uma interface de saída do circuito de alimentação na frequência definida pelo sinal de comando,
- 15 - pelo menos um ressonador de geração de plasma conectado à interface de saída do circuito de alimentação e capaz de gerar uma centelha entre dois eletrodos de referido ressonador durante um comando de ignição.

Para uma aplicação em ignição por geração de plasma de veículo automotivo, uso é feito de bobinas sobre velas (descrito em detalhes nos seguintes pedidos de patente depositados em nome do Requerente, FR 03-10766, FR 03-10767 e FR 03-10768), modelados por um ressonador 1 (ver figura 1), cuja frequência de ressonância F_c é maior do que 1 MHz, e tipicamente em torno de 5 MHz. O ressonador compreende, em série, um resistor R, um indutor L e um capacitor C. Eletrodos de ignição 10 e 12 da bobina sobre vela são conectados aos terminais do capacitor C do ressonador, tornando possível gerar descargas de multifilamento a fim de iniciar a combustão da mistura nas câmaras de combustão do motor, quando o ressonador é alimentado.

Especificamente, quando o ressonador é alimentado por uma alta tensão em sua frequência de ressonância F_c ($1/(2n\sqrt{L*C})$), a amplitude nos terminais do capacitor C é amplificada de modo que descargas de multifilamento se desenvolvem entre os eletrodos, sobre distâncias da ordem de um centímetro, em pressão elevada e para tensões de pico abaixo de 20 kV.

O termo então usado é "centelhas ramificadas", porque elas implicam na geração simultânea de, pelo menos, várias linhas de ionização ou trajetos em um dado volume, suas ramificações também sendo onidirecionais.

Esta aplicação para ignição por microondas requer o uso de uma alimentação, capaz de gerar pulsos de tensão tipicamente da ordem de 100 ns, que são capazes de alcançar amplitudes da ordem de 1 kV, em uma frequência muito próxima à frequência de ressonância do ressonador de geração de plasma da bobina sobre vela por microondas. Quanto menor a diferença entre a frequência de ressonância do ressonador e a frequência de operação da alimentação, maior o coeficiente de sobretensão do ressonador (a relação entre a amplitude de sua tensão de saída e sua tensão de entrada).

Figura 2 ilustra esquematicamente tal alimentação, também apresentada em detalhes em pedido de patente FR 03-10767. Convencionalmente, a alimentação usa uma montagem chamada um "amplificador de Potência Classe E ". Este tipo de conversor CC/CA torna possível criar os pulsos de tensão com as características supracitadas.

De acordo com a forma de realização da figura 2, tal circuito de alimentação 2 tem um transistor MOSFET de potência M e um circuito ressonante paralelo 4 compreendendo um indutor L_p em paralelo com um capacitor C_p . O transistor M é usado como um comutador a fim de controlar as comutações nos terminais do circuito ressonante paralelo e do ressonador de geração de plasma 1 projetado para ser conectado a uma interface de saída OUT do circuito de alimentação.

Meios 5 para controlar o circuito de alimentação são apropriados para gerar um sinal de comando lógico VI, projetado para ser aplicado à grade do transistor M, em uma frequência que deve ser substancialmente fixada na frequência de ressonância do ressonador 1.

5 O dispositivo de ignição como foi descrito acima é alimentado por uma tensão Vinter prevalecendo nos terminais de um capacitor Cb do circuito de alimentação. A tensão Vinter pode vantajosamente ser alimentada por uma fonte de alimentação de alta tensão conectada ao capacitor Cb, tipicamente um conversor DC/DC.

10 Portanto, próximo à sua frequência de ressonância, o ressonador paralelo 4 converte a tensão de alimentação Vinter de corrente contínua em uma tensão periódica amplificada Va, correspondendo à tensão de alimentação multiplicada pelo coeficiente de sobretensão do ressonador paralelo e aplicado à interface de saída do circuito de alimentação no dreno do
15 transistor de comutação M.

O comutador M então aplica a tensão amplificada de alimentação Va à fonte de alimentação de saída, na frequência definida pelo sinal de comando VI, que o usuário está procurando para tornar tão próximo quanto possível da frequência de ressonância da bobina sobre vela. Especificamente,
20 quando há um comando de ignição, a fim de estar apto a configurar um dispositivo de ignição por microondas ressonando e maximizar a tensão nos terminais dos eletrodos da bobina sobre vela a fim de obter a centelha esperada, a bobina sobre vela deve ser controlada substancialmente em sua frequência de ressonância.

25 No contexto de ignição controlada em um cilindro de um motor de combustão, a bobina sobre vela é aparafusada no motor e seu eletrodo central é alojado na câmara de combustão do cilindro correspondente do motor. À medida que as descargas de plasma geradas pela bobina sobre vela ocorrem,

pode ocorrer um fenômeno da vela de ignição ficar sujo, o que é caracterizado pelo depósito de refugo de combustão na forma de fuligem no eletrodo central e na cerâmica em volta do último. Este fenômeno, depois de um determinado nível de incrustação, degrada a operação da bobina sobre vela e causa falhas de ignição.

Até agora, a maneira mais comum de diagnosticar o estado de incrustação dos eletrodos da bobina sobre vela consistia em remover a última de sua localidade na câmara de combustão e de verificar, através de uma análise visual, seu estado de incrustação.

O objeto da presente invenção é para melhorar o diagnóstico do estado de incrustação dos eletrodos da bobina sobre vela por microondas.

O dispositivo de acordo com a invenção, ademais de acordo com a definição dada também pelo preâmbulo acima, é essencialmente caracterizado na medida em que compreende:

- meios para medir um parâmetro elétrico representativo de uma variação na tensão de alimentação do ressonador, e

- um módulo para determinar um estado de incrustação dos eletrodos, como uma função do parâmetro elétrico medido e de um valor de referência pré-determinado.

Preferivelmente, o parâmetro elétrico é a tensão nos terminais de um capacitor de armazenamento do circuito de alimentação, apropriado para ser carregado à tensão de alimentação antes de um comando de ignição. De acordo com uma forma de realização, o circuito de alimentação compreende um comutador controlado pelo sinal de comando de ignição a fim de aplicar a tensão de alimentação à interface de saída na frequência definida pelo sinal de comando.

Vantajosamente, a frequência de comando é substancialmente igual à frequência de ressonância do ressonador de geração de plasma.

O ressonador de geração de plasma usado é apropriado para efetuar uma ignição em uma das seguintes aplicações: ignição controlada de um motor de combustão, ignição em um filtro de partícula, ignição de descontaminação em um sistema de condicionamento de ar.

5 Vantajosamente, o dispositivo de acordo com a invenção compreende um meio de fornecer informação do estado de incrustação dos eletrodos, referidos meios sendo instalados em uma interface homem-máquina de um veículo automotivo.

10 A invenção também refere-se a um método para diagnosticar um estado de incrustação dos eletrodos de ignição de pelo menos um ressonador de geração de plasma por microondas conectado a uma interface de saída de um circuito de alimentação configurado para liberar a partir da referida interface de saída uma tensão de alimentação em uma frequência de comando durante um comando de ignição, referido ressonador sendo capaz de gerar
15 uma centelha entre os dois eletrodos durante o comando de ignição, referido método sendo caracterizado na medida em que compreende as etapas de:

- medir, durante o comando de ignição, uma variação em um parâmetro elétrico representativo da variação na tensão de alimentação,
- comparar a variação medida com um valor de referência pré-determinado;
- determinar o estado de incrustação dos eletrodos como uma função da diferença entre a variação medida e o valor de referência.

25 Preferivelmente, a variação na tensão nos terminais de um capacitor de armazenamento do circuito de alimentação é medida, referido capacitor sendo carregado à tensão de alimentação antes do comando de ignição.

De acordo com uma forma de realização, a variação medida aparece da diferença entre a medição da tensão nos terminais do capacitor de armazenamento no início e no final do comando de ignição.

Vantajosamente, o valor de referência corresponde à referida variação antes da formação da incrustação.

Preferivelmente, o método compreende uma etapa consistindo em informar a um usuário sobre o estado de incrustação. Vantajosamente, tal informação fornecida ao usuário torna possível notificá-lo sobre uma falha de ignição futura.

Outros aspectos e vantagens da presente invenção aparecerão mais claramente da leitura da seguinte descrição dada como um exemplo ilustrativo e não limitante e apresentado com referência às figuras anexas em que:

10 - Figura 1 é um diagrama de um ressonador modelando uma bobina sobre vela por microondas de geração de plasma;

- Figura 2 é um diagrama ilustrando uma fonte de alimentação usada para comandar o ressonador da bobina sobre vela de figura 1;

15 - Figura 3 é um fluxograma ilustrando uma aplicação exemplar do método para diagnosticar o estado de incrustação dos eletrodos de uma bobina sobre vela;

- Figura 4 é um diagrama ilustrando o efeito da incrustação dos eletrodos de ignição na variação em tensão nos terminais do capacitor C_b da fonte de alimentação durante um comando de ignição.

20 O dispositivo de ignição de acordo com a invenção compreende meio 6 para medir um parâmetro elétrico representativo de uma variação na tensão de alimentação do ressonador de geração de plasma durante um comando de ignição, e um módulo 7 capaz de determinar um estado de incrustação dos eletrodos de ignição, como uma função do parâmetro elétrico
25 medido e de um valor de referência pré-determinado.

O parâmetro elétrico em questão é, por exemplo, a tensão T_{cb} nos terminais do capacitor de armazenamento C_b do circuito de alimentação, medida em, pelo menos, dois momentos determinados do comando de

ignição.

Portanto, em dois momentos determinados do comando de ignição, escolhidos por exemplo no início e no final ou logo após o último, uma medição é tomada do declínio na tensão nos terminais de Cb, por exemplo usando o voltímetro 6 medindo a tensão T_{cb} . O módulo 7, que pode, por exemplo, ser incorporado no meio de controle 5, então lê essa medição elétrica através de uma interface de recepção 51 e então determina um estado de incrustação dos eletrodos de ignição como uma função desta medição elétrica de tensão de variação e do valor de referência pré-determinado, como será explicado em maiores detalhes abaixo.

A escolha da medição da tensão nos terminais do capacitor Cb em um momento determinado em um comando de ignição a fim de diagnosticar o estado de incrustação dos eletrodos de ignição origina-se dos seguintes cálculos:

$T_{cb}(t)$ sendo a tensão nos terminais do capacitor Cb como uma função de tempo;

$V_m(t)$ sendo a tensão nos terminais do capacitor C como uma função de tempo;

No momento $t=0$, o sinal de comando V1 é aplicado à grade de comando do comutador M, assim permitindo a aplicação da alta tensão aos terminais do ressonador da bobina sobre vela, na frequência definida pelo sinal de comando V1.

No momento $t=D$, seguindo a aplicação do sinal de comando de ignição para o período D, a centelha é gerada entre os eletrodos de ignição e 12.

Um equilíbrio energético da bobina sobre vela mostra:

$$\frac{1}{2} \times Cb \times ([Tcb(t=0)]^2 - [Tcb(t=D)]^2) = K \times \frac{1}{2} \times C \times ([Vm(t=D)]^2 - [Vm(t=0)]^2)$$

onde $V_m(t=0) = 0$

$$V_m(t=D) = \sqrt{\frac{Cb}{K \times C} ([T_{cb}(t=0)]^2 - [T_{cb}(t=D)]^2)}$$

assim:

5 $T_{cb_n}(t)$ sendo a tensão nos terminais do capacitor C_b como uma função de tempo durante um comando de ignição, quando a bobina sobre vela é nova, isto é, antes da incrustação dos eletrodos de ignição;

$T_{cb_c}(t)$ sendo a tensão nos terminais do capacitor C_b como uma função de tempo durante um comando de ignição, quando os eletrodos de ignição da bobina sobre vela estão sujos;

10 $V_{m_n}(t)$ sendo a tensão nos terminais do capacitor C do ressonador como uma função de tempo durante um comando de ignição, quando a bobina sobre vela é nova, isto é, antes de incrustação dos eletrodos de ignição, e

15 $V_{m_c}(t)$ sendo a tensão nos terminais do capacitor C do ressonador como uma função de tempo durante um comando de ignição, quando os eletrodos de ignição da bobina sobre vela estão sujos, isto dá, de acordo com a equação precedente:

$$V_{m_n}(t=D) = \sqrt{\frac{Cb}{C} ([T_{cb_n}(t=0)]^2 - [T_{cb_n}(t=D)]^2)}$$

e

20
$$V_{m_c}(t=D) = \sqrt{\frac{Cb}{C} ([T_{cb_c}(t=0)]^2 - [T_{cb_c}(t=D)]^2)}$$

Conseqüentemente, onde $V_{m_c}(t) < V_{m_n}(t)$, é possível deduzir disto a seguinte equação do diagnóstico do estado de incrustação dos eletrodos de ignição para $T_{cb_n}(t=0) = T_{cb_c}(t=0)$:

$$T_{cb_c}(t=D) > T_{cb_n}(t=D)$$

25 Em outras palavras, como ilustrado na figura 4, o declínio na tensão nos terminais do capacitor C_b durante um comando de ignição (caracterizado

pela diferença entre o valor da tensão nos terminais de Cb tomada no momento $t=D$ e o valor desta tensão tomada no momento $t=0$) diminui conforme aumenta a incrustação dos eletrodos de ignição.

O equilíbrio energético especificado acima pode ser obtido para uma frequência de comando substancialmente igual à frequência de ressonância do ressonador. Especificamente, o declínio de tensão nos terminais do capacitor Cb durante um comando de ignição sendo máximo quando o ressonador da bobina sobre vela por microondas é controlado em sua frequência de ressonância, a tensão medição tomada nos terminais do capacitor Cb durante um comando de ignição, usado para diagnosticar o estado de incrustação dos eletrodos de ignição, é de todos o mais significativo.

Figura 3 ilustra um exemplo de um algoritmo para diagnosticar o estado de incrustação dos eletrodos de ignição, baseado na medição do declínio na tensão nos terminais do capacitor Cb da fonte de alimentação durante um comando de ignição.

Uma primeira etapa 100 consiste em determinar um valor de referência de declínio de tensão $\Delta T_{cb,Ref}$ nos terminais do capacitor Cb para uma nova vela de ignição, isto é antes de incrustação dos eletrodos de ignição, entre dois momentos determinados de um comando de ignição, em dadas condições de ignição, sendo o valor da tensão de alimentação que tem de ser aplicado, a duração D de aplicação do sinal de comando V1 e sua frequência de comando, escolhida, por exemplo, para ser substancialmente igual à frequência de ressonância do ressonador.

Durante uma etapa 101, um valor de tensão idêntico é aplicado e um sinal de comando V1 de uma duração D idêntica é gerado na mesma frequência de comando, e é aplicado ao circuito de comando do transistor M a fim de comandar o ressonador de geração de plasma.

Durante uma etapa 102, a variação na tensão nos terminais do

capacitor C_b é medida nos mesmos momentos determinados do comando de ignição como aqueles escolhidos para determinar o valor de referência. Por exemplo, estes momentos correspondem ao momento $t=0$ e $t=D$ da aplicação do comando de ignição, em que o declínio na tensão nos terminais do capacitor C_b é o mais significativo. O declínio na tensão $T_{cb}(t=0)-T_{cb}(t=D)$ é medido, correspondendo à variação na tensão nos terminais de C_b no início e no final do comando de ignição, no momento $t=0$ e $t=D$ de aplicação do sinal de comando V_I .

Sendo os aspectos iguais, o principal é que o valor de variação medido e o valor de referência são representantes dos mesmos momentos de um comando de ignição, ademais em condições idênticas de aplicação.

Então, durante uma etapa 103, este valor de variação medido $T_{cb}(t=0)-T_{cb}(t=D)$ é comparado com o valor de referência pré-determinado ΔT_{cbRef} .

Durante uma etapa 104, o estado de incrustação dos eletrodos de ignição é determinado dependendo se a diferença calculada entre o valor da variação medida e o valor de referência excedem um certo limiar.

Neste caso, como uma função notavelmente do tipo de bobina sobre vela usada e das condições de operação do motor, os versados na técnica estarão aptos a identificar vários limiares além dos quais respectivamente a diferença calculada é, por exemplo, característica de um estado levemente sujo, um estado sujo ou então um estado elevadamente sujo dos eletrodos de ignição.

Como uma variante, tomar medições da tensão nos terminais do capacitor C_b em cada momento de um comando de ignição poderia ser considerado. Estas medições sucessivas do declínio na tensão nos terminais de C_b durante um comando de ignição poderiam então ser usadas otimamente pelos versados na técnica para diagnosticar o estado de incrustação dos

eletrodos de ignição.

Em uma aplicação para ignição por geração de plasma de veículo automotivo, é proposto usar o diagnóstico do estado de incrustação das velas de ignição deste modo obtido para notificar ao motorista sobre uma futura falha no sistema de ignição. Também, um meio de fornecer informação do estado de incrustação das velas de ignição é instalado pelo menos parcialmente dentro do compartimento de passageiros do veículo automotivo. Por exemplo, um diodo emissor de luz de falha acende na interface homem-máquina do veículo para advertir ao motorista sobre uma falha de ignição no futuro no sistema de ignição, dependendo do estado de incrustação diagnosticado.

Também poderia ser prevista a aplicação de um modo degradado de bobinas sobre velas para que o diagnóstico do estado de incrustação dos eletrodos indicasse uma falha futura, em que a bobina sobre vela é controlada em uma tensão específica, programando sua amplitude, sua frequência e sua duração, de modo a diminuir a degradação do componente.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de ignição por microondas compreendendo:

- um meio de controle (5) capaz de gerar um sinal de comando de ignição (V1),

5 - um circuito de alimentação (2), controlado pelo sinal de comando de ignição (V1), a fim de aplicar uma tensão de alimentação a uma interface de saída (OUT) do circuito de alimentação na frequência definida pelo sinal de comando,

10 - pelo menos um ressonador de geração de plasma (1) conectado à interface de saída do circuito de alimentação e capaz de gerar uma centelha entre dois eletrodos de ignição (10, 12) de referido ressonador durante um comando de ignição;

referido dispositivo sendo caracterizado pelo fato de que compreende:

15 - meio (6) para medir um parâmetro elétrico representativo de uma variação na tensão de alimentação do ressonador de geração de plasma durante um comando de ignição,

20 - um módulo (7) para determinar um estado de incrustação dos eletrodos de ignição, como uma função do parâmetro elétrico medido e de um valor de referência pré-determinado.

2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o parâmetro elétrico é a tensão nos terminais de um capacitor de armazenamento (Cb) do circuito de alimentação, apropriado para ser carregado à tensão de alimentação antes de um comando de ignição.

25 3. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o circuito de alimentação compreende um comutador (M) controlado pelo sinal de comando de ignição (V1) a fim de aplicar a tensão de alimentação à interface de saída na frequência definida pelo sinal de

comando.

4. Dispositivo de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a frequência de comando é substancialmente igual à frequência de ressonância do ressonador de geração de plasma.

5. Método para diagnosticar um estado de incrustação dos eletrodos de ignição (10, 12) de, pelo menos, um ressonador de geração de plasma por microondas conectado a uma interface de saída (OUT) de um circuito de alimentação (2) configurado para fornecer à referida interface de saída uma tensão de alimentação em uma frequência de comando durante um comando de ignição, referido ressonador sendo capaz de gerar uma centelha entre os dois eletrodos durante o comando de ignição, referido método sendo caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

- medir (102), durante o comando de ignição, uma variação em um parâmetro elétrico representativo da variação na tensão de alimentação,
- comparar (103) a variação medida com um valor de referência pré-determinado (100);
- determinar (104) o estado de incrustação dos eletrodos como uma função da diferença entre a variação medida e o valor de referência.

6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a variação na tensão nos terminais de um capacitor de armazenamento (Cb) do circuito de alimentação é medida, referido capacitor sendo carregado para a tensão de alimentação antes do comando de ignição.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a variação medida aparece da diferença entre a medição da tensão nos terminais do capacitor de armazenamento (Cb) no início e no final do comando de ignição.

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7,

caracterizado pelo fato de que o valor de referência corresponde à referida variação antes da formação da incrustação.

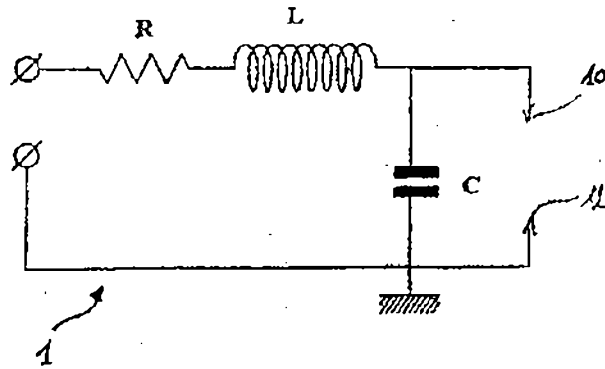


FIG. 1

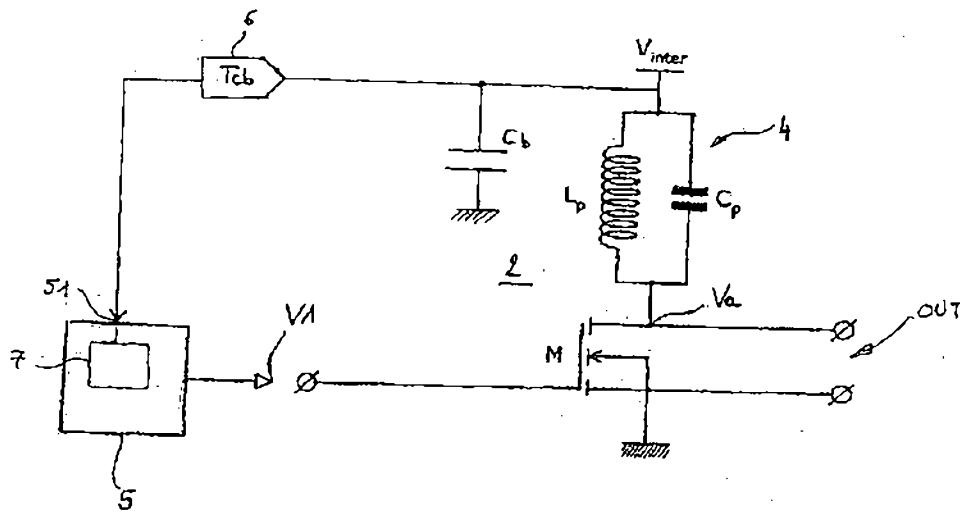


FIG. 2

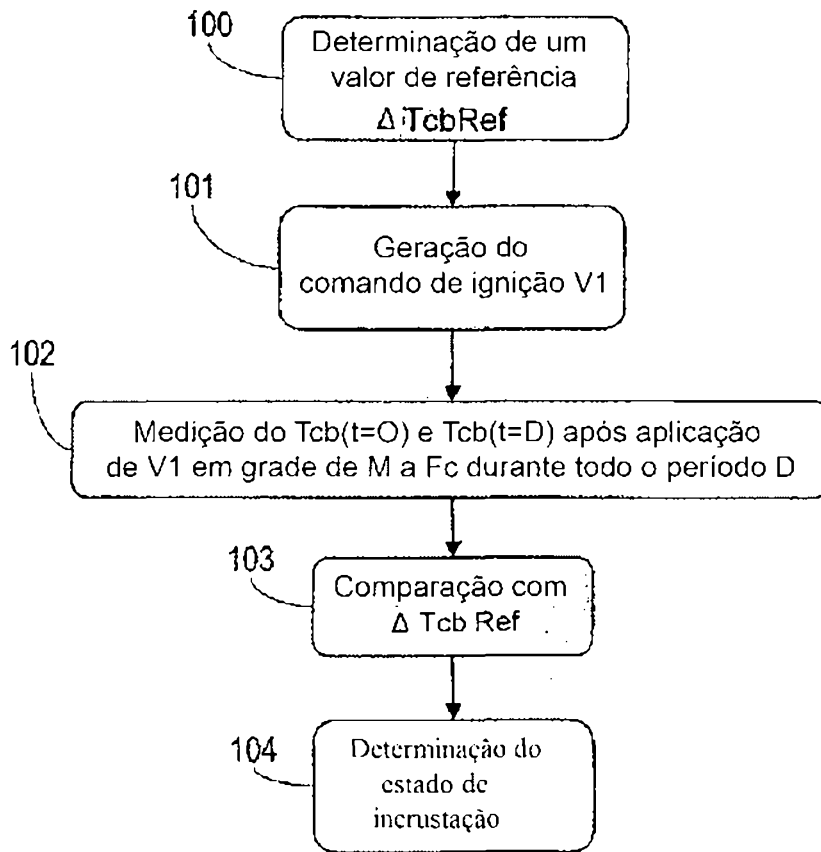


Fig. 3

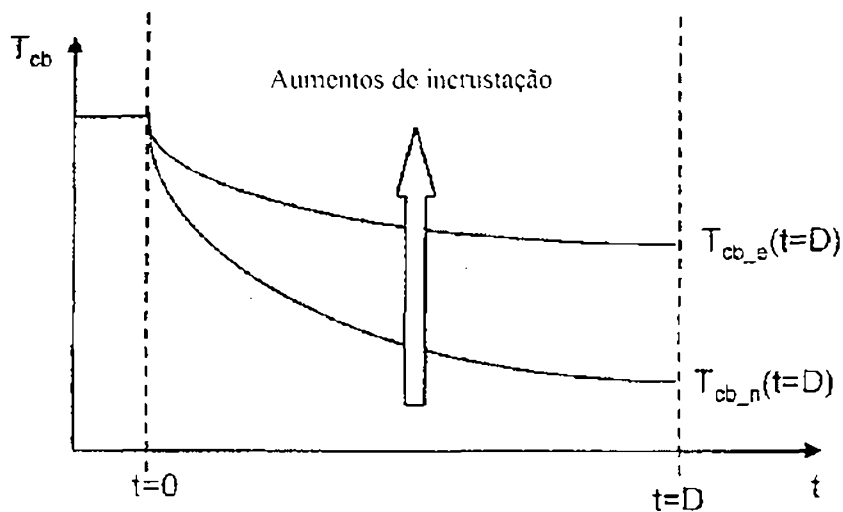


Fig. 4