

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 387**

51 Int. Cl.:

F02C 7/22 (2006.01)

F01D 17/08 (2006.01)

F02C 7/264 (2006.01)

F01D 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.02.2014 PCT/FR2014/050309**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO14125229**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2014 E 14710013 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2956632**

54 Título: **Procedimiento de vigilancia de un grado de atascamiento de inyectores de puesta en marcha de una turbo-máquina**

30 Prioridad:

18.02.2013 FR 1351359

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

24.07.2017

73 Titular/es:

**SAFRAN HELICOPTER ENGINES (100.0%)
64510 Bordes, FR**

72 Inventor/es:

**DEBBOUZ, NADIR CHRISTIAN;
DE BARBEYRAC, PHILIPPE PATRICK MARC;
ENGUEHARD, FLORIAN, ARNAUD, JONATHAN;
FAUPIN, FRANCOIS XAVIER MARIE y
LAMAZERE, FABIEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU SLP, .

ES 2 626 387 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

Procedimiento de vigilancia de un grado de atascamiento de inyectores de puesta en marcha de una turbo-máquina

Campo de la invención

5 El campo de la invención es el de la vigilancia del grado de atascamiento de inyectores de arranque o puesta en marcha en una turbo-máquina, y de las turbo-máquinas provistas de sistemas que permiten una tal vigilancia.

Estado de la técnica

Una turbo-máquina comprende usualmente una turbina que es accionada en rotación por los gases de escape resultantes de la combustión, en una cámara de combustión, de una mezcla compuesta de aire y de carburante.

10 A este respecto, una turbo-máquina comprende varios tipos de inyectores de carburante en la cámara de combustión, entre los cuales están los inyectores de arranque, que permiten iniciar la combustión encendiendo una mezcla de aire/carburante, y los inyectores principales, que mantienen la combustión una vez iniciada esta, y que presentan un caudal más importante que el de los inyectores de puesta en marcha. Los inyectores principales pueden ser reemplazados por una rueda de inyección que cumpla la misma función, y que pulverice el carburante en la cámara de combustión por centrifugación.

15 En referencia a las figuras 1a, y 1b, se ha representado en ellas un circuito usual de alimentación de carburante a los inyectores de una turbo-máquina.

El circuito 100 comprende un conducto 130 de distribución de carburante hacia un conducto de alimentación 110 de los inyectores de arranque 10, y un conducto de alimentación 120 de los inyectores principales o de la rueda de inyección centrífuga 20.

20 El conducto de alimentación 120 de la rueda de inyección comprende una válvula de nivel 121, que se abre cuando el caudal de carburante en el circuito excede de un umbral prefijado. De ese modo, en el transcurso de una fase de arranque de la turbo-máquina, el caudal de carburante en el circuito es pequeño, y solo son alimentados los inyectores de arranque. Después, cuando ha sido iniciada la combustión, el caudal del carburante puede aumentar para que los inyectores principales o la rueda de inyección sean alimentados igualmente (situación representada en la figura 1a).

25 Además, el circuito 100 comprende un circuito de purga 111 hacia la atmósfera de los inyectores de arranque vinculados al conducto 110 de alimentación de los citados inyectores. Estos conductos pueden estar aislados del conducto de distribución por medio de una electro-válvula 112, mandada o controlada eléctricamente.

30 En particular, la válvula 112 puede ser controlada para abrirse, con el fin de permitir la circulación de carburante hacia los inyectores, o para cerrarse, con el fin de permitir la purga de los inyectores de arranque.

35 Una vez iniciada la combustión, los dos tipos de inyectores son alimentados con carburante hasta que la electro-válvula 112 es accionada para cortar la alimentación de los inyectores de arranque. El carburante es entonces pulverizado en la cámara de combustión por la única rueda de inyección o por los inyectores principales, y los inyectores de arranque son ventilados por aire a presión de la cámara de combustión con el fin de evitar que se forme allí coque y que se atasquen los inyectores.

Sin embargo, parece que a pesar de las purgas de los inyectores de arranque, se llega a formar coque y de ello resulta un atascamiento progresivo de los inyectores de arranque.

40 En el momento actual, ninguna solución técnica permite suprimir o retrasar el fenómeno de atascamiento. Los inyectores de arranque son por tanto atascados progresivamente hasta alcanzar un grado de atascamiento tal que es difícil, incluso imposible, poner en marcha la turbo-máquina.

En el caso de dificultades de arranque, los operarios realizan operaciones de búsquedas de averías descritas en un manual de mantenimiento de la turbo-máquina. Estas búsquedas son generalmente largas y poco eficaces, ya que es necesario que pase un tiempo, a veces importante, antes de detectar la causa de las dificultades de arranque, en la clase de atascamiento de los inyectores (en efecto, se pueden contemplar otras numerosas causas).

45 Además, estas operaciones de búsqueda implican una no disponibilidad imprevista de la turbo-máquina, y por lo tanto de la aeronave en la cual está instalada, que pueden además necesitar anular una o varias misiones de vuelo previstas. Por lo tanto, estas operaciones representan un coste importante.

50 Para evitar tener que recurrir a este método, es igualmente sabido sustituir ocasionalmente y de manera preventiva los inyectores de arranque. Esto implica a veces costes inútiles, vinculados a la sustitución de los inyectores. Además, esta solución tropieza con dificultades de aprovisionamiento de las piezas.

El documento US 7 281 382 B2 describe un procedimiento de vigilancia.

Existe por lo tanto la necesidad de poder detectar el atascamiento de los inyectores de arranque, de preferencia antes de haber alcanzado un grado tal que se encuentren dificultades o una imposibilidad de poner en marcha una turbo-máquina.

Presentación de la invención

5 La invención tiene por objetivo paliar el problema presentado anteriormente, proponiendo un procedimiento de vigilancia o control del grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

Otro objetivo de la invención es el de prever y anticipar el momento en el que el grado de atascamiento de los inyectores de arranque alcanza un nivel tal que sea imposible poner en marcha la turbo-máquina.

10 A este respecto, la invención tiene por objeto un procedimiento de vigilancia de un grado de atascamiento de los inyectores de arranque de una turbo-máquina que comprende:

- una cámara de combustión, en la cual desemboca al menos un inyector de arranque alimentado con carburante, estando dichos inyectores de arranque adaptados para iniciar la combustión en la citada cámara por encendido del carburante, y

- 15 - una turbina, accionada en rotación por los gases resultantes de la combustión del carburante dentro de la cámara,

estando el procedimiento caracterizado por que comprende las etapas o pasos que consisten en:

- medir, en el transcurso de una fase de arranque de la turbo-máquina, la temperatura de los gases de escape en la salida de la turbina y,
- 20 - determinar, a partir de la evolución temporal de la temperatura así medida, un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

Ventajosamente, aunque facultativamente, el procedimiento según la invención puede comprender además al menos una de las características siguientes:

- la etapa de determinación del grado de atascamiento de los inyectores de arranque en función de la evolución temporal de la temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina comprende:

- 25 • la detección de una fase de caída de la temperatura en el transcurso de una fase de aumento de la citada temperatura,

correspondiendo la ausencia de detección de la citada caída a una ausencia del atascamiento de los inyectores de arranque,

- la medición de la amplitud de la citada caída.

- 30 - la variación de la amplitud de la caída de la temperatura de los gases a la salida de la turbina en el transcurso de los arranques sucesivos se compara con al menos un umbral predeterminado, y el grado de atascamiento de los inyectores de arranque se deduce del resultado de dicha comparación.

- 35 - El procedimiento comprende además, en el transcurso de una etapa de medición de la temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina, la medición de la velocidad de rotación de la turbina, y la deducción del grado de atascamiento de los inyectores de arranque se realiza a partir de la evolución temporal de la temperatura de los gases y de las mediciones de la velocidad de rotación de la turbina.

- La etapa de determinación del grado de atascamiento de los inyectores de arranque comprende:

- la medición del valor de la velocidad de rotación de la turbina en el momento del punto de inflexión de la temperatura de los gases a la salida de la turbina que inicia la caída de la citada temperatura,

- 40 • la comparación de la variación del citado valor en el transcurso de arranques sucesivos con un umbral predeterminado, y

- la deducción, a partir de las comparaciones de las variaciones de la amplitud de la caída de temperatura y del valor de la velocidad de la turbina con sus umbrales respectivos, del grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

- 45 - El procedimiento comprende además la deducción, a partir del grado de atascamiento de los inyectores de arranque, de un número de arranques de la turbina que quedan antes de que el grado de atascamiento de los inyectores de arranque alcance un nivel que dé lugar a una imposibilidad de poner en marcha la citada turbo-máquina.

- El procedimiento comprende la activación de una alerta para que sea realizado un mantenimiento o una sustitución de los inyectores de arranque antes de que el grado de atascamiento de los inyectores de arranque alcancen un nivel que dé lugar a una imposibilidad de poner en marcha la citada turbo-máquina.

5 La invención tiene igualmente por objeto un sistema de vigilancia del estado de funcionamiento de los inyectores de arranque de una turbo-máquina que comprende:

- una cámara de combustión, en la cual desemboca al menos un inyector de arranque alimentado con carburante, estando los citados inyectores de arranque adaptados para iniciar la combustión en la citada cámara por encendido del carburante, y
- 10 - una turbina, accionada en rotación por los gases resultantes de la combustión del carburante dentro de la cámara,

estando el sistema de vigilancia adaptado para poner en práctica el procedimiento de vigilancia descrito anteriormente, y que comprende:

- al menos un detector de temperatura de los gases a la salida de la turbina (5), y
- 15 - una unidad de tratamiento, que comprende una memoria y medios de tratamiento destinados a tratar las medidas de temperatura para determinar un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

Ventajosamente, aunque facultativamente, el sistema según la invención comprende además al menos una de las características siguientes:

- el sistema comprende además al menos un detector de la velocidad de rotación de la turbina, y los medios de tratamiento de la unidad de tratamiento están además destinados para tratar las medidas de la velocidad de rotación de la turbina, para determinar el grado de atascamiento de los inyectores de arranque;
- 20 - los detectores están adaptados para efectuar mediciones a una frecuencia superior o igual a 1 Hz.

La invención tiene también por objeto una turbo-máquina que comprende:

- una cámara de combustión, en la cual desemboca al menos un inyector de arranque alimentado con carburante, estando los citados inyectores de arranque adaptados para iniciar la combustión en la citada cámara por encendido del carburante, y
 - 25 - una turbina, accionada en rotación por los gases que resultan de la combustión del carburante en la cámara,
- comprendiendo la turbo-máquina además un sistema de vigilancia propuesto por la invención.

La invención tiene, finalmente, por objeto una aeronave que comprende al menos una turbo-maquina que incluye:

- una cámara de combustión, en la cual desemboca al menos un inyector de arranque alimentado con carburante, estando dichos inyectores de arranque adaptados para iniciar la combustión en la citada cámara por encendido del carburante, y
- 30 - una turbina, accionada en rotación por los gases que resultan de la combustión del carburante en la cámara,

comprendiendo además la aeronave un sistema de vigilancia propuesto por a invención.

35 El procedimiento de vigilancia así propuesto permite evaluar un grado de atascamiento de los inyectores de arranque, y deducir de ello si es necesario o no proceder a un mantenimiento, e incluso planificar este mantenimiento asegurando que la puesta en marcha de una turbo-máquina sea posible hasta el citado mantenimiento.

El circuito logístico de aprovisionamiento de las piezas para la sustitución de los inyectores está igualmente mejor organizado.

Descripción de las figuras

40 Otras características, objetivos y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción que sigue, que es puramente ilustrativa y no limitativa, y que debe ser leída con respecto a los dibujos adjuntos, en los cuales:

Las figuras 1a y 1b, ya descritas, representan esquemáticamente un circuito de alimentación con carburante de los inyectores de una turbo-máquina.

45 La figura 2 representa un turbo-motor provisto de un sistema de vigilancia de un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

La figura 3 representa las principales etapas del procedimiento de vigilancia de un grado de atascamiento de los

inyectores de arranque.

La figura 4a representa la evolución temporal de la temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina en el transcurso de una fase de puesta en marcha de una turbo-máquina y de la velocidad de rotación de la turbina para una turbo-máquina en buen estado.

- 5 La figura 4b representa las mismas evoluciones que la figura 4a para una turbo-máquina cuyos inyectores están pre-atascados.

La figura 5 representa una variante de puesta en práctica del procedimiento de la figura 3.

Descripción detallada de al menos un modo de puesta en práctica de la invención

- 10 En referencia a la figura 2, se ha representado una turbo-máquina 1 del tipo de turbo-motor que comprende sucesivamente, de aguas arriba a aguas abajo con respecto a un flujo de aire que circula en el citado turbo-motor, una vía 2 de admisión de aire, un compresor 3, una cámara de combustión 4, una turbina 5 y un tubo 6 de escape de los gases.

De manera en si conocida, el aire penetra en la turbo-máquina por la vía 2 de admisión de aire y es comprimido por el compresor 3.

- 15 Una pluralidad de inyectores de arranque 10 y de inyectores principales 20 (simbolizados por flechas en la figura 2) penetran en la cámara de combustión 4 para inflamar el carburante, siendo permitida la combustión por la aportación de aire desde el conjunto de compresión 3.

- 20 La inyección de carburante tiene lugar en la cámara de combustión 4, en primer lugar por medio de inyectores de arranque 10 para iniciar la combustión del aire aspirado y del carburante, a continuación por medio de una rueda de inyección o de inyectores principales, de acuerdo con los ilustrados en las figuras 1a y 1b.

La combustión acciona la turbina en rotación alrededor de un eje X-X de la turbo-máquina, representado por línea de trazos discontinuos en la figura, la cual acciona a su vez una hélice excéntrica con respecto al citado eje. Los gases resultantes de la combustión son evacuados por el tubo 6.

- 25 Además, como se ilustra esquemáticamente en la figura, la turbo-máquina 1 comprende un sistema de vigilancia 200 de un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

Este sistema comprende un primer detector de temperatura 210, que puede estar situado aguas abajo de la turbina 5 del generador de gas, para medir la temperatura de los gases de escape en la salida de la turbina.

- 30 El sistema puede comprender además al menos un segundo detector 212, destinado a medir la velocidad de rotación del árbol de la turbina. Este detector es, por ejemplo, del tipo electro-magnético, situado frente a una rueda fónica cuya velocidad de rotación es proporcional a la velocidad de rotación del árbol de la turbina.

El sistema comprende igualmente una unidad de tratamiento 220 configurada para controlar el detector de temperatura 210, para obtener, a una frecuencia determinada, la temperatura de los gases de escape. Esta frecuencia es ventajosamente superior o igual a 1 Hz.

- 35 A este respecto, la unidad de tratamiento 220 comprende medios de comunicación 221, que pueden ser de cables o a distancia, con los detectores, así como medios de tratamiento 222 de los datos adquiridos y una memoria 223, permitiendo los medios de tratamiento y la memoria establecer una evolución temporal de los datos medidos, y calcular los indicadores de un grado de atascamiento de los inyectores de arranque tales como los descritos posteriormente.

- 40 Los medios de tratamiento comprenden ventajosamente un ordenador en el cual está instalado un programa configurado para el tratamiento de los datos adquiridos.

Los medios de tratamiento 222 están ventajosamente configurados para permitir una normalización de las mediciones efectuadas, es decir, para obtener de las mediciones ciertas variaciones que pueden resultar del contexto de la adquisición, por ejemplo de las variaciones de orden meteorológicas.

Así, el sistema de vigilancia puede comprender además detectores suplementarios 230, entre los cuales están:

- 45
- un detector de la presión atmosférica ambiente,
 - un detector de la temperatura ambiente,
 - un detector de la presión del aire a la salida del conjunto de compresión, etc.

El sistema de vigilancia puede comprender además medios de medición 240 de la tensión en los bornes de un dispositivo de arranque de la turbo-máquina y de la corriente consumida por el citado dispositivo de arranque en el

transcurso de una puesta en marcha de la turbo-máquina, pudiendo estas magnitudes ser igualmente tenidas en cuenta durante la determinación de un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

5 Finalmente, el sistema de vigilancia puede comprender medios de comunicación 250 con un sistema a bordo de la aeronave o con una base distante, para comunicar las medidas adquiridas, el grado de atascamiento de los inyectores de arranque deducido de las citadas medidas, y para generar, dado el caso, una alerta de mantenimiento de la turbo-máquina, si el grado de atascamiento de los inyectores de arranque ha alcanzado, o está próximo a alcanzar, un nivel que dé lugar a una imposibilidad de poner en marcha la turbo-máquina.

10 Ventajosamente, en el caso de una aeronave que comprenda varias turbo-máquinas, el sistema de vigilancia es común a las citadas turbo-máquinas. Los detectores propios del funcionamiento de cada turbo-máquina (por ejemplo detectores de temperatura de los gases o de la velocidad de rotación) son entonces multiplicados para equipar cada turbo-máquina.

Además, el sistema 200 puede entonces comprender medios de detección del orden de arranque de las turbo-máquinas.

15 Se va a describir ahora, en referencia a la figura 3, un procedimiento 1000 de vigilancia de un grado de atascamiento de inyectores de arranque, puesto en práctica por el sistema 200 descrito anteriormente.

El procedimiento se describe para una turbo-máquina, pero es aplicable al caso en el que el sistema 200 realice la vigilancia de varias turbo-máquinas de una misma aeronave.

20 Este procedimiento comprende una primera etapa de medición 1100, en el transcurso de una fase de arranque de la turbo-máquina, y a una frecuencia predetermina, de la temperatura T de los gases de escape a la salida de la turbina, con el fin de obtener la evolución temporal de la temperatura durante la citada fase.

25 En la figura 4a se ha representado un ejemplo de una tal evolución temporal, ilustrada por la curva en trazo grueso, para una turbo-máquina « sana », es decir, en la cual los inyectores de arranque no están atascados, y en la figura 4b se muestra la misma evolución temporal (ilustrada igualmente por la curva en trazo grueso) cuando los inyectores de arranque están « pre-atascados », es decir, presentan un grado de atascamiento intermedio entre la ausencia total de atascamiento y un grado de atascamiento tal que sea imposible poner en marcha la turbo-máquina.

Se hace observar en la figura 4a que, en una turbo-máquina sana o en buen estado, la temperatura de los gases de escape presenta una primera fase de aumento rápido, hasta alcanzar un primer nivel, decreciendo a continuación la temperatura progresivamente hasta alcanzar un segundo nivel, inferior al primero.

La primera fase de aumento corresponde a la fase de puesta en marcha de la turbo-máquina.

30 En la figura 4b, la fase de aumento rápido de la temperatura de los gases de escape es interrumpida por una brusca caída, señalada en la figura entre dos puntos de inflexión, A, a partir del cual la temperatura disminuye, y B, a partir del cual se recupera la elevación de temperatura.

35 Estos puntos de inflexión A y B no aparecen prácticamente nunca cuando los inyectores de arranque no están atascados en absoluto (por ejemplo cuando son nuevos). Sin embargo, pueden aparecer en ciertas condiciones atmosféricas. Por esta razón, la simple existencia de una caída de temperatura no constituye un indicador fiable de un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

Por el contrario, en el caso en que la curva presenta esta caída, se ha descubierto que, cuanto más importante es el grado de atascamiento que presentan los inyectores de arranque, más brusca e importante es la caída de temperatura entre la temperatura en el punto de inflexión A y la del punto B.

40 De ello se deduce por tanto que el aumento progresivo, a medida que se producen los arranques, de la amplitud de una caída de temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina en el transcurso de una fase de arranque de la turbo-máquina, es un indicador del atascamiento de los inyectores.

En consecuencia, después de la etapa de medición 1100, el procedimiento comprende una etapa 1200 de determinación, a partir de las medidas adquiridas, de un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

45 Este procedimiento está presentado en la figura 3 bajo la forma de algoritmo de decisión puesto en práctica por los medios de tratamiento 222 de la unidad de tratamiento 220 y se desarrolla como se indica a continuación.

En el transcurso de una primera sub-etapa 1210, se detecta, en el transcurso de una fase de aumento general de la temperatura de los gases durante la fase de arranque de la turbo-máquina, que puede ser identificada por medio de una ventana temporal determinada, una caída de la citada temperatura.

50 La ventana temporal es ajustada para garantizar que la caída detectada de la temperatura de los gases corresponde a la caída descrita anteriormente, que comienza al nivel del punto de inflexión A. En efecto, después de esta primera caída de temperatura, la temperatura aumenta de nuevo y después presenta otra fase de disminución (a partir del

- punto C), que corresponde al final del ciclo de arranque y aparece usualmente cualquiera que sea el grado de atascamiento de los inyectores de arranque (comprendido cuando los inyectores no están atascados, como en la figura 4a). La ventana temporal está por lo tanto señalada por la fase de aumento general de la temperatura que precede a este punto C. Aquella es determinada por la persona experta en la técnica en función de las características de la turbo-máquina.
- 5 Si el punto de inflexión A no es detectado, entonces se deduce de ello, en el curso de una sub-etapa 1211, que los inyectores de arranque no están atascados.
- Si el punto de inflexión A es detectado, el procedimiento comprende además la detección 1220 del segundo punto de inflexión B, a partir del cual aumenta la temperatura de nuevo, para poder identificar el final de la fase de caída, y la medida de la amplitud de la caída de temperatura entre los puntos A y B, es decir, el valor absoluto de la diferencia de temperaturas entre los puntos A y B.
- 10 Las etapas que preceden son efectuadas de preferencia en cada arranque de la turbo-máquina, y la amplitud de la caída de temperatura entre los puntos A y B es registrada en el transcurso de una etapa 1221 con la fecha de la medición, con el fin de poder establecer la evolución temporal de la caída de temperatura.
- 15 Después, igualmente en cada arranque, al final de la etapa de medición, la variación de la amplitud de la caída de temperatura entre A y B con respecto al(los) arranque(s) precedente(s) se compara en el transcurso de una sub-etapa 1230 con al menos un umbral S_{Δ} predeterminado.
- Precisamente, anotando como Δ_{AB} la amplitud de la caída de temperatura de los gases de escape entre los puntos A y B, se puede calcular la variación $\Delta_{AB}(j)-\Delta_{AB}(j-1)$ de Δ_{AB} entre $\Delta_{AB}(j)$ en el día j de la medición, y $\Delta_{AB}(j-1)$ en la víspera de la medición, para obtener una variación en grados por días.
- 20 Alternativamente, si la turbo-máquina es puesta en marcha varias veces por día, se puede calcular la variación de la amplitud de la caída de temperatura de los gases de un arranque a otro, calculando $\Delta_{AB}(d)-\Delta_{AB}(d-1)$ entre $\Delta_{AB}(d)$ en el arranque d en el curso del cual se efectúa la medición y $\Delta_{AB}(d-1)$ en el arranque precedente.
- 25 El umbral S_{Δ} depende del tipo de variación calculada (por día o por arranque), y del grado de atascamiento que se quiere poder detectar a partir de la comparación. Por ejemplo, el umbral S_{Δ} puede ser de 30°C/día. Se hace observar que el umbral es positivo, ya que la amplitud de la caída de temperatura aumenta con el grado de atascamiento de los inyectores de arranque.
- Si la variación de la amplitud calculada de la caída de temperatura de los gases es negativa, se deduce de ello que los inyectores de arranque no están atascados, o que existe un error de medición.
- 30 Si la variación es positiva, se compara con el umbral S_{Δ} .
- En función del resultado de cada comparación, los medios de tratamiento deducen, en el curso de una etapa 1240, un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.
- Este grado de atascamiento puede ser más o menos preciso en función del número de umbrales utilizados para estudiar la diferencia de temperaturas entre A y B.
- 35 Por ejemplo, si se utiliza un solo umbral S_{Δ} , se puede distinguir solamente entre dos grados de atascamiento: si la variación de la amplitud de la caída de temperatura entre A y B está comprendida entre 0 y el umbral, se puede atribuir un grado « débil » de atascamiento a los inyectores, y, si la variación de la amplitud de la caída es superior al citado umbral S_{Δ} , se puede atribuir un grado « fuerte » de atascamiento a los inyectores.
- 40 Por supuesto, cuanto más elevado es el número de umbrales, más se puede cuantificar con precisión un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.
- Este grado de atascamiento se traduce ventajosamente en duración o en número de arranques que quedan antes de alcanzar un nivel de atascamiento que dé lugar a una imposibilidad de poner en marcha una turbo-máquina.
- En el ejemplo que precede, el grado « débil » de atascamiento puede corresponder a un riesgo de no arranque a medio plazo, por ejemplo después de 20 arranques suplementarios o después de dos semanas de utilización.
- 45 En cuanto al grado « fuerte » de atascamiento, corresponde a un riesgo de no arranque a corto plazo, es decir después de 6 arranques suplementarios o tres días suplementarios de utilización.
- Ventajosamente, el procedimiento puede comprender la generación de una alerta 1300, en función del grado de atascamiento detectado, o del número de días o de arranques que queden antes de que este grado de atascamiento alcance la imposibilidad de poner en marcha la turbo-máquina.
- 50 Retomando el ejemplo anterior, en caso de grado de atascamiento « fuerte » correspondiente a un riesgo de no arranque a corto plazo, se puede producir una alerta que indique la necesidad de sustituir los inyectores de arranque

lo antes posible.

Puede estar previsto otro tipo de alerta, por ejemplo en el caso de grado de atascamiento « débil », que indique la necesidad de sustituir los inyectores de arranque durante la próxima operación de mantenimiento planificada.

Una alerta puede igualmente desencadenar la planificación de un mantenimiento.

- 5 La alerta puede ser producida por los medios de comunicación 250 con un sistema a bordo de la aeronave o con una base distante, con el fin de que un operario pueda detectarla.

En el caso en que no se haya detectado ningún atascamiento de los inyectores de arranque, los medios de comunicación pueden igualmente alterar esta información a modo de medición de rutina o para efectuar un seguimiento en el tiempo de los inyectores.

- 10 Se va a describir ahora una variante de puesta en práctica del procedimiento, representada en la figura 5.

En esta variante, el sistema de vigilancia comprende, además del detector 210 de medición de la temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina, un detector 212 de la velocidad de rotación del árbol de la turbina.

- 15 El procedimiento 1000 comprende siempre una etapa de medición 1100, en el transcurso de una fase de puesta en marcha de la turbo-máquina, y a una frecuencia determinada, de la temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina, con el fin de obtener la evolución temporal de la temperatura durante la citada fase.

Además, esta etapa 1100 comprende también la medición, en el transcurso de la fase de arranque de la turbo-máquina, y a una frecuencia determinada, ventajosamente la misma que para la medición de la temperatura, de la velocidad de rotación de la turbina, para obtener la evolución temporal de la citada velocidad.

Esta evolución temporal es la segunda curva de las figuras 4a y 4b, en trazo discontinuo, no grueso.

- 20 Los inventores han constatado que cuanto más atascados están los inyectores, mejor es detectado el punto de inflexión A para una velocidad de rotación pequeña de la turbina.

- 25 Otro indicador del atascamiento de los inyectores de arranque es por tanto la medición de la evolución, a medida que se producen los arranques, del valor de la velocidad V de rotación de la turbina en el momento t_A en el que aparece el punto de inflexión A que inicia la caída de la temperatura de los gases de escape, estando anotada la velocidad como V_{IA} .

La estimación 1200 del grado de atascamiento de los inyectores de arranque es entonces realizada confrontando los dos indicadores.

Más particularmente, el procedimiento, puesto en práctica por los medios de tratamiento 222 de la unidad de tratamiento 220, se desarrolla como sigue.

- 30 En el curso de una sub-etapa 1210 se detecta como anteriormente, en el transcurso de una fase de aumento de la temperatura de los gases a la salida de la turbina, una caída de la citada temperatura, en una ventana temporal determinada.

Como anteriormente, la ventana temporal es ajustada para garantizar que la caída de la temperatura de los gases corresponde a la fase que comienza en el punto de inflexión A.

- 35 En el caso en que no es detectada ninguna caída en la citada ventana temporal, se deduce de ello, en el transcurso de una sub-etapa 1211, que los inyectores de arranque no están atascados.

- 40 Si es detectado el punto de inflexión A, el procedimiento comprende además, por una parte, la detección 1220 del segundo punto de inflexión B, a partir del cual la temperatura aumenta de nuevo, y la medición de la caída de temperatura entre los puntos A y B, y, por otra parte, la medición 1222 de la velocidad de rotación de la turbina en el momento del punto de inflexión que inicia la citada caída.

Además, los valores de la amplitud de la caída de la temperatura entre los puntos A y B y de la velocidad de rotación en t_A son registrados en el transcurso de una etapa 1221.

Después se compara 1230, como anteriormente, la variación de la amplitud de la caída de temperatura entre A y B, con al menos un umbral S_{Δ} predeterminado.

- 45 Por otra parte, se compara igualmente, en el transcurso de una sub-etapa 1231, la variación de la velocidad de rotación de la turbina al nivel del punto A con respecto al(los) arranque(s) precedente(s), con al menos un umbral de variación S_{Δ}' predeterminado.

Como para la variación de la amplitud de la caída de temperatura entre A y B, la variación de la velocidad de rotación de la turbina puede ser determinada de un arranque a otro o de un día a otro.

Precisamente, se puede calcular la variación $V_{IA}(j)-V_{IA}(j-1)$ de V_{IA} entre $V_{IA}(j)$ en el día j de la medición, y $V_{IA}(j-1)$ en la víspera de la medición, para obtener una variación de la velocidad de rotación de un día a otro.

5 Alternativamente, si la turbo-máquina es puesta en marcha varias veces al día, se puede calcular la variación de la velocidad de rotación en t_A , calculando $V_{IA}(d)-V_{IA}(d-1)$ entre $V_{IA}(d)$ en el arranque d , en el transcurso del cual se efectúa la medición, y $V_{IA}(d-1)$ en el arranque precedente.

Ventajosamente, la velocidad de rotación de la turbina se expresa en porcentaje de la velocidad nominal de rotación de la turbina, lo que permite hacer las magnitudes medidas y el umbral S_{Δ}' independientes de la turbo-máquina en la cual es puesto en práctica el procedimiento. En el primer caso, la variación de la velocidad de rotación es expresada en % por día, y en el segundo caso, en % con respecto a la última puesta en marcha.

10 Si la variación obtenida es positiva, ello significa que la velocidad de rotación en t_A ha aumentado con respecto a la medición precedente, y se deduce de ello que los inyectores de arranque no están atascados o que existe un error de medición.

Si la variación es negativa, se la compara con el umbral S_{Δ}' negativo.

15 El umbral S_{Δ}' depende de la manera de calcular la variación (por día o por arranque), y del grado de atascamiento que se quiere poder detectar a partir de la comparación. Por ejemplo, el umbral S_{Δ}' puede ser elegido de $-0,1\%/día$.

En función de los resultados de estas comparaciones se deduce el grado de atascamiento de los inyectores de arranque en el transcurso de una etapa 1240.

20 Se pueden contemplar varias posibilidades de atribución del nivel de atascamiento de los inyectores de arranque, en función del número de umbrales por cada indicador, de los valores de los umbrales y del nivel de seguridad buscado.

A modo de ejemplo no limitativo, se puede atribuir un grado « débil » de atascamiento si la variación de la amplitud de la caída de temperatura entre los puntos A y B es inferior al umbral S_{Δ} predeterminado, y si la variación de la velocidad de rotación de la turbina en el punto A es superior al umbral S_{Δ}' .

25 Si la variación de la amplitud de la caída de temperatura es superior al umbral S_{Δ} , y la variación de la velocidad de rotación de la turbina en t_A es inferior al umbral S_{Δ}' , se deduce de ello un grado de atascamiento « fuerte » de los inyectores.

30 Finalmente, si la variación de la amplitud de la caída de temperatura entre A y B es superior – respectivamente, inferior – al umbral S_{Δ} , y la variación de la velocidad de rotación de la turbina es superior – respectivamente, inferior – al umbral S_{Δ}' (es decir, que las indicaciones proporcionadas por los dos indicadores son contradictorias en el grado de atascamiento de los inyectores), se puede, por ejemplo, deducir de ello un grado « intermedio » de atascamiento, o relanzar el procedimiento 1000 de estimación.

Como anteriormente, el grado de atascamiento de los inyectores de arranque se traduce, ventajosamente, en una duración o en un número de arranques que queda antes de alcanzar un nivel de atascamiento tal que sea imposible poner en marcha la turbo-máquina.

35 Retomando los mismos valores que anteriormente para los grados « débil » y « fuerte » de atascamiento, un grado « intermedio » podría corresponder a una semana restante de utilización o aproximadamente a 12 arranques.

Como anteriormente, el procedimiento puede comprender una etapa 1300 de alerta, cuya naturaleza puede variar en función del grado de atascamiento detectado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de vigilancia de un grado de atascamiento de los inyectores de arranque de una turbo-máquina que comprende:
- 5 - una cámara de combustión (4), en la cual desemboca al menos un inyector de arranque(10) alimentado con carburante, estando los citados inyectores de arranque adaptados para iniciar la combustión en la citada cámara por encendido del carburante, y
- una turbina (5), accionada en rotación por los gases resultantes de la combustión del carburante en la cámara, estando el procedimiento caracterizado por que comprende las etapas o pasos consistentes en:
- 10 - medir (1100), en el transcurso de una fase de puesta en marcha de la turbo-máquina, la temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina, y
- determinar (1200), a partir de la evolución temporal de la temperatura así medida, un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.
2. Procedimiento de vigilancia según la reivindicación 1, en el cual la etapa de determinación (1200) del grado de atascamiento de los inyectores de arranque en función de la evolución temporal de la temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina comprende:
- 15 - la detección de una fase de caída de la temperatura en el transcurso de una fase de aumento de la citada temperatura,
- correspondiendo la ausencia de detección de la citada caída a una ausencia de atascamiento de los inyectores de arranque, y
- 20 - la medición de la amplitud de la citada caída.
3. Procedimiento de vigilancia según la reivindicación 2, en el cual la variación de la amplitud de la caída de la temperatura de los gases a la salida de la turbina en el transcurso de arranques sucesivos se compara (1220) con al menos un umbral predeterminado, y el grado de atascamiento de los inyectores de arranque se deduce (1240) del resultado de la citada comparación.
- 25 4. Procedimiento de vigilancia según la reivindicación 2 o la 3, que comprende además, en el transcurso de la etapa de medición (1100) de la temperatura de los gases de escape a la salida de la turbina, la medición de la velocidad de rotación de la turbina, y en el cual la deducción (1240) del grado de atascamiento de los inyectores de arranque se realiza a partir de la evolución temporal de la temperatura de los gases y de las mediciones de la velocidad de rotación de la turbina.
- 30 5. Procedimiento según la reivindicación 4 en combinación con la reivindicación 3, en el cual la etapa de determinación (1200) del grado de atascamiento de los inyectores de arranque comprende:
- la medición del valor de la velocidad de rotación de la turbina en el momento del punto de inflexión de la temperatura de los gases a la salida de la turbina que inicia la caída de la citada temperatura,
- 35 - la comparación de la variación del citado valor, en el curso de arranques sucesivos, con un umbral predeterminado, y
- la deducción, a partir de las comparaciones de las variaciones de la amplitud de la caída de temperatura y del valor de la velocidad de la turbina con sus umbrales respectivos, del grado de atascamiento de los inyectores de arranque.
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además la deducción, a partir del grado de atascamiento de los inyectores de arranque, de un número de arranques de la turbo-máquina que quedan antes de que el grado de atascamiento de los inyectores de arranque alcance un nivel que dé lugar a una imposibilidad de poner en marcha la citada turbo-máquina.
- 45 7. Procedimiento según la reivindicación 6, que comprende la activación de una alerta (1300) para que se realice un mantenimiento o una sustitución de los inyectores de arranque antes de que el grado de atascamiento de los inyectores de arranque alcance un nivel que dé lugar a una imposibilidad de poner en marcha la citada turbo-máquina.
8. Sistema de vigilancia (200) de un estado de funcionamiento de los inyectores de arranque de una turbo-máquina que comprende:
- 50 - una cámara de combustión (4), en la cual desemboca al menos un inyector de arranque (10) alimentado con carburante, estando dichos inyectores de arranque destinados a iniciar la combustión en la citada cámara por

encendido del carburante, y

- una turbina (5), accionada en rotación por los gases resultantes de la combustión del carburante en la cámara, estando el sistema de vigilancia (200) adaptado para poner en práctica el procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, y que comprende:

- 5 - al menos un detector (210) de la temperatura de los gases a la salida de la turbina (5), y
- una unidad de tratamiento (220), que comprende una memoria (223) y medios de tratamiento (222) adaptados para tratar las mediciones de temperatura para determinar un grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

10 9. Sistema de vigilancia (200) según la reivindicación precedente, que comprende además al menos un detector (212) de la velocidad de rotación de la turbina, y en el que los medios de tratamiento (222) de la unidad de tratamiento (220) están además destinados a tratar las medidas de la velocidad de rotación de la turbina, para determinar el grado de atascamiento de los inyectores de arranque.

10. Sistema de vigilancia (200) según una de las reivindicaciones 8 ó 9, en el cual los detectores (210, 220) están destinados a efectuar mediciones a una frecuencia superior o igual a 1 Hz.

15 11. Turbo-máquina (1) que comprende:

- una cámara de combustión (4), en la cual desemboca al menos un inyector de arranque (10) alimentado con carburante, estando los citados inyectores de arranque destinados a iniciar la combustión en la citada cámara por encendido del carburante, y

20 - una turbina (5), accionada en rotación por los gases resultantes de la combustión del carburante en la cámara, estando la turbo-máquina caracterizada por que comprende además un sistema de vigilancia (200) según una de las reivindicaciones 8 a 10.

12. Aeronave que comprende al menos una turbo-máquina (1) que comprende:

25 - una cámara de combustión (4), en la cual desemboca al menos un inyector de arranque (10) alimentado con carburante, estando los citados inyectores de arranque adaptados para iniciar la combustión en la citada cámara por encendido del carburante, y

- una turbina (5), accionada en rotación por los gases resultantes de la combustión del carburante en la cámara, estando caracterizada la aeronave por que comprende además un sistema de vigilancia (200) según una de las reivindicaciones 8 a 10.

30

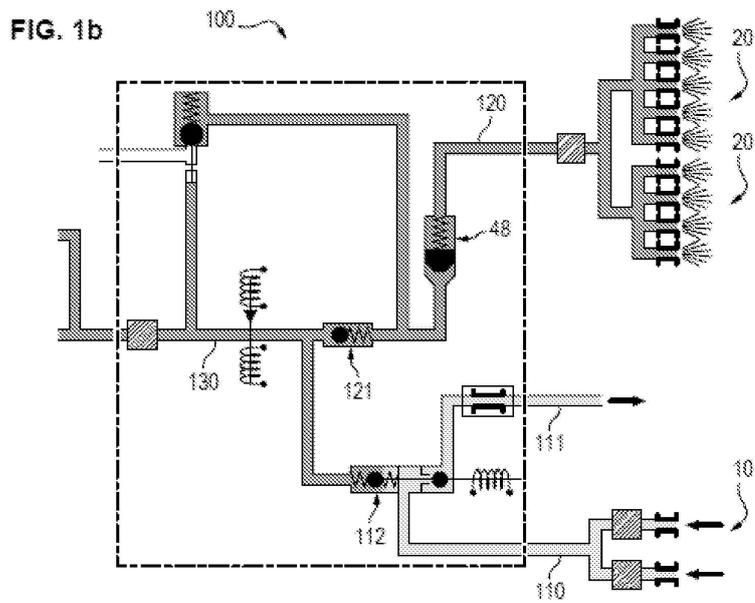
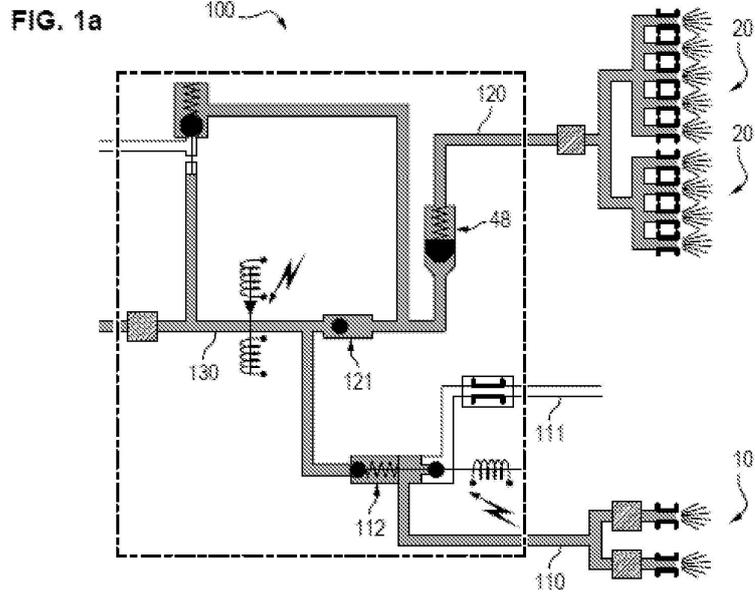


FIG. 2

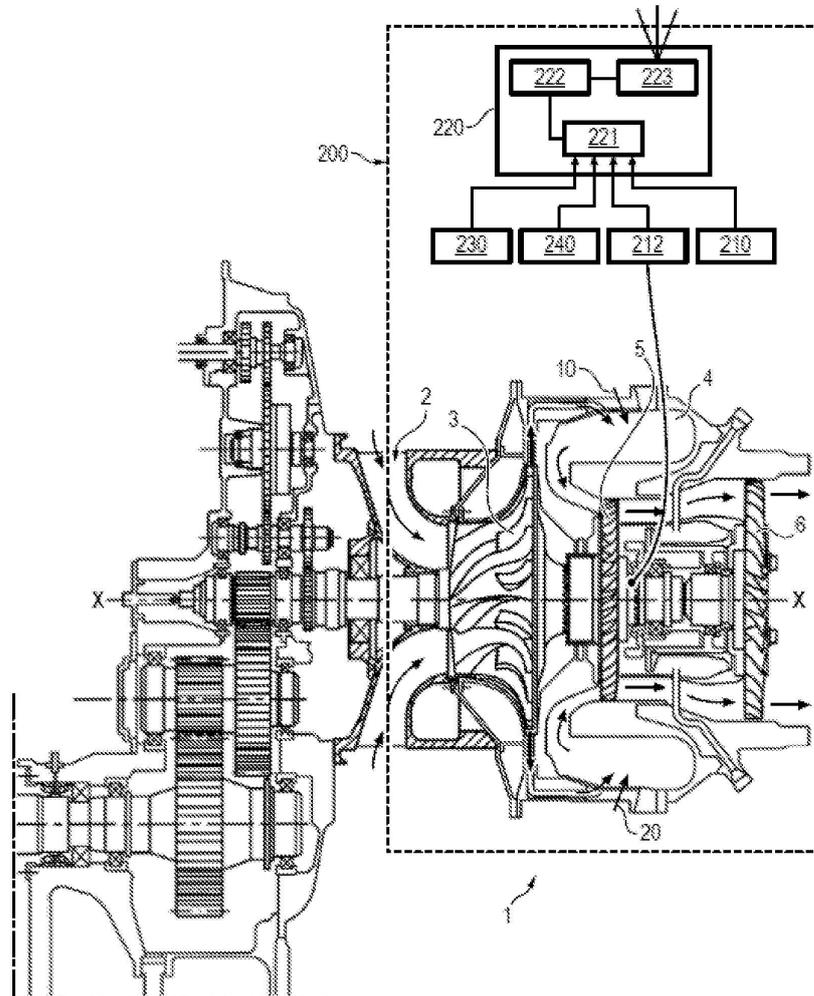


FIG. 3

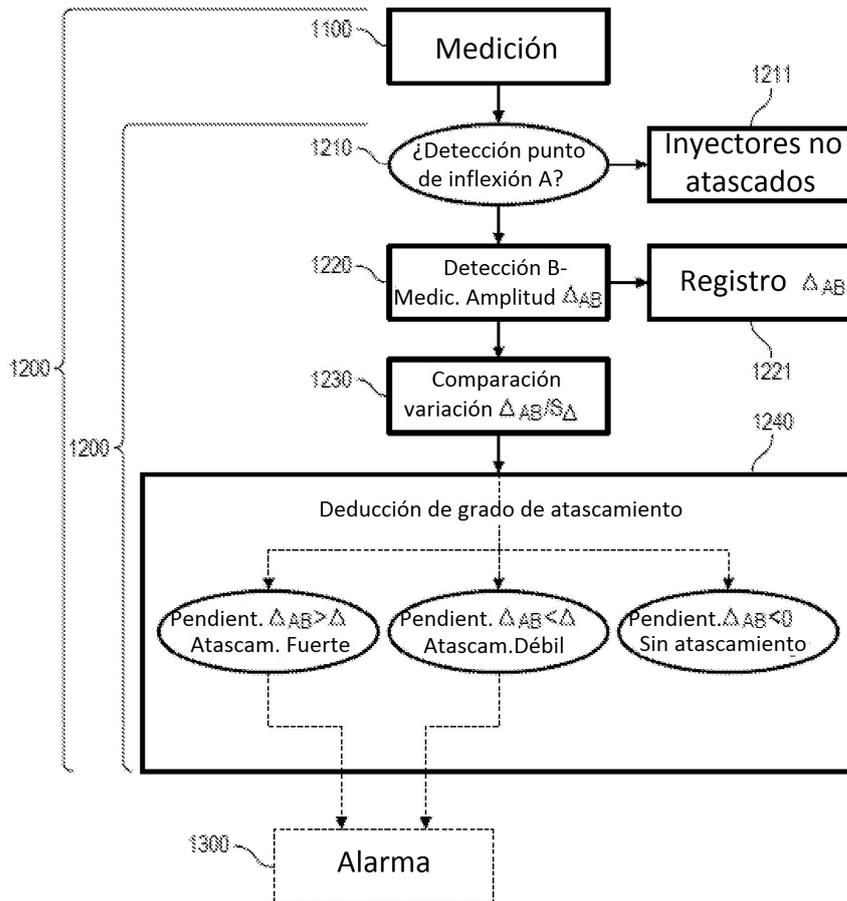


FIG. 4a
Arranque (inyectores no atascados)

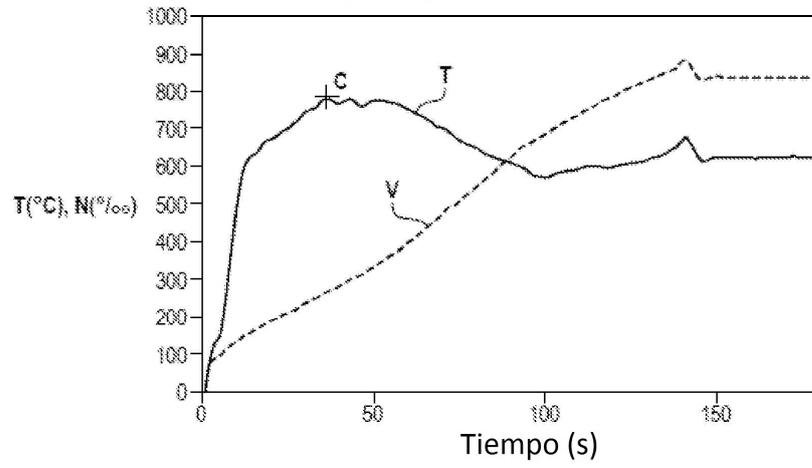


FIG. 4b
Arranque (inyectores atascados)

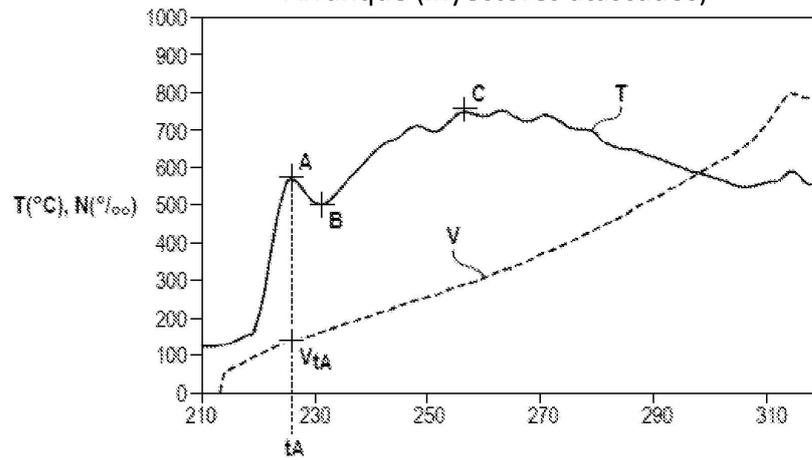


FIG. 5

