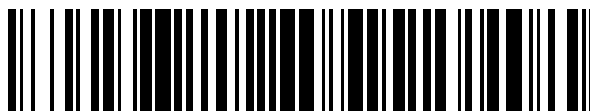


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 870**

51 Int. Cl.:

**F01D 21/00** (2006.01)

**F02C 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2015** E 15788152 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018** EP 3204618

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de notificación de una autorización de parada completa de un motor de turbina de gas de aeronave**

30 Prioridad:

**10.10.2014 FR 1459756**

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

**16.11.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DESCUBES, OLIVIER PIERRE y  
PY, JEAN-MICHEL PIERRE CLAUDE**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 689 870 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 y dispositivo de notificación de una autorización de parada completa de un motor de turbina de gas de aeronave

**Antecedentes de la invención**

5 La presente invención se refiere al ámbito general de los motores de turbina de gas de aeronave en los cuales es necesario respetar una duración de ralentí en el suelo antes de mandar una parada completa del motor.

En el ámbito aeronáutico, es habitual indicar en los manuales de utilización destinados a los pilotos de una aeronave respetar una cierta duración en un régimen de funcionamiento del motor denominado de « ralentí » antes de mandar una parada completa del motor. Esta duración denominada de « estabilización del motor » está vinculada principalmente al riesgo de que el aceite o el carburante del motor se coquicen a nivel de las partes calientes del motor (por ejemplo nivel de los inyectores de carburante en la cámara de combustión del motor). Para evitar una coquización demasiado importante de estas partes calientes del motor, se recomienda así dejar girar al motor en un régimen de ralentí durante una cierta duración antes de pararle completamente.

10 La duración de esta fase de estabilización del motor está predefinida generalmente en función del tipo de motor y está comprendida típicamente entre 30 segundos y 2 minutos.

Ahora bien, imponer una duración de estabilización fija presenta numerosos inconvenientes. En efecto, si se elige cubrir la peor situación térmica posible para el motor, la duración de estabilización es necesariamente elevada, lo que impone un tiempo de espera penalizante para la tripulación de la aeronave antes de poder parar completamente el motor. En cambio, si se elige minimizar esta obligación de la tripulación, la duración de estabilización debe ser lo más corta posible, lo que puede exponer el motor a fenómenos importantes de coquización que a largo plazo implican costes y duraciones de mantenimiento importantes.

20 Existe por tanto una necesidad de un procedimiento de determinación de una duración de estabilización en ralentí de un motor de turbina de gas de aeronave antes de su parada completa que no presente los inconvenientes antes citados relacionados con el establecimiento de una duración fija de estabilización.

25 El documento EP2532840 divulga un dispositivo de ayuda a la vigilancia de una turbomáquina de aeronave de acuerdo con la técnica anterior.

**Objeto y resumen de la invención**

La presente invención responde en particular a esta necesidad, proponiendo un procedimiento de notificación de una autorización de parada completa de un motor de turbina de gas de aeronave, que comprende, tras la detección de un paso del motor a un régimen de ralentí:

(a) una etapa de evaluación, a partir de un valor de un primer parámetro de funcionamiento del motor, de un valor de un segundo parámetro que caracterice un comportamiento térmico de una pieza del motor sometida a coquización, siendo realizada esta evaluación por medio de un modelo de comportamiento térmico de la citada pieza;

35 (b) una etapa de comparación del valor del segundo parámetro con un valor de umbral predefinido correspondiente a un valor del segundo parámetro que no genere coquización de la citada pieza; y

(c) una etapa de notificación de autorización de parada completa del motor si el valor del segundo parámetro es inferior al valor de umbral predefinido,

siendo reiteradas las etapas (a) a (c) si no.

40 Correlativamente, la invención se refiere también a un motor de turbina de gas de aeronave que comprende un dispositivo de notificación de una autorización de parada completa de un motor de turbina de gas de aeronave, que comprende:

medios de evaluación, a partir de un valor de un primer parámetro de funcionamiento del motor, de un valor de un segundo parámetro que caracterice un comportamiento térmico de una pieza del motor sometida a coquización, siendo realizada esta evaluación por medio de un modelo de comportamiento térmico de la citada pieza;

45 medios de comparación del valor del segundo parámetro con un valor de umbral predefinido correspondiente a un valor del segundo parámetro que no genere coquización de la citada pieza; y

medios de notificación de autorización de parada completa del motor.

La invención propone así un mecanismo adecuado que permita adaptar la duración de estabilización del motor en función de la explotación efectiva del mismo. A partir de un modelo de comportamiento térmico de una pieza del motor sometida a la coquización, y gracias al simple conocimiento de un parámetro de funcionamiento del motor, este

- 5 mecanismo, que puede estar integrado directamente en el calculador electrónico del motor, permite así determinar de modo eficaz la duración necesaria que deberá respetar el piloto antes de parar completamente el motor. Este mecanismo es simple de puesta en práctica (no se necesitan herramientas o instrumentos de medición particulares, siendo el parámetro de funcionamiento que el mismo utiliza un parámetro ya vigilado para otras funcionalidades de vigilancia del motor) y permite calcular del modo más preciso la duración necesaria para evitar cualquier coquización demasiado importante de las partes calientes del motor.
- 10 Al evitar cualquier riesgo de coquización demasiado importante, el mecanismo de acuerdo con la invención permite así reducir los costes y la duración de mantenimiento del motor. Por otra parte, este mecanismo permite optimizar los procedimientos de pilotaje y de vuelo haciendo esta fase de estabilización del motor más simple para el piloto. Finalmente, es posible, con tal mecanismo, anticipar las operaciones de mantenimiento en función del no respeto de las duraciones de estabilización en el suelo y de la contabilización del número de fases de estabilización cuya duración haya sido elevada.
- 15 De modo ventajoso, la evaluación de un valor del segundo parámetro puede comprender el cálculo de un valor medio del primer parámetro de funcionamiento del motor en una ventana temporal deslizante.
- 20 De modo ventajoso igualmente, el procedimiento puede comprender además la puesta en marcha de un cronómetro tras la detección de un paso del motor a un régimen de ralentí, y la autorización de parada completa del motor cuando el tiempo transcurrido desde la puesta en marcha del cronómetro sobrepase una duración de umbral predeterminada. Típicamente, se elegirá como duración de umbral predeterminada, una duración de la que se conoce por experiencia que la misma cubre la peor situación térmica posible para el motor. Por ejemplo, esta duración de umbral puede ser igual a 2 mn. De esta manera, esta etapa adicional permite reducir la duración de estabilización si el valor medio del parámetro de funcionamiento del motor tarda tiempo en descender para pasar por debajo del valor de umbral predefinido.
- 25 El primer parámetro puede ser elegido entre los parámetros de funcionamiento del motor siguientes: una temperatura medida en un canal de circulación de un flujo gaseoso entre dos etapas de turbina, una temperatura ambiente medida a la entrada del motor, una temperatura de aceite del motor, una temperatura de carburante del motor, y un régimen de funcionamiento del motor.
- 30 Además, la notificación de autorización de parada completa del motor puede consistir en una presentación visual que indique al piloto una o varias de las informaciones siguientes: autorización de parada completa del motor, parada completa del motor con riesgo de coquización, visualización de una duración de espera necesaria previamente estimada antes de la autorización de parada completa del motor.
- 35 El paso del motor a un régimen de ralentí puede ser detectado tras el accionamiento por el piloto de la aeronave de un conmutador o tras la detección de un régimen de funcionamiento del motor que corresponda a un régimen de ralentí, o de un estado térmico asimilado.
- 40 En un modo particular de realización, las diferentes etapas del procedimiento son determinadas por instrucciones de programas de ordenadores.
- 45 En consecuencia, la invención tiene también por objeto un programa de ordenador en un soporte de informaciones, siendo este programa susceptible de ser puesto en práctica en un dispositivo de notificación o de modo más general en un ordenador, comprendiendo este programa instrucciones adaptadas para la puesta en práctica de las etapas de un procedimiento tal como el descrito anteriormente.
- 50 Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación, y estar en forma de código fuente, código objeto, o de código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en una forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma deseable.
- La invención tiene también por objeto un soporte de informaciones legible por un ordenador, y que comprenda instrucciones de un programa de ordenador tal como el mencionado anteriormente.
- El soporte de informaciones puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede comprender un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM de circuito microelectrónico, o también un medio de grabación magnético, por ejemplo un disquete (floppy disc) o un disco duro.
- Por otra parte, el soporte de informaciones puede ser un soporte transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser encaminada a través de un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa de acuerdo con la invención puede ser en particular telecargado en una red de tipo Internet.
- Alternativamente, el soporte de informaciones puede ser un circuito integrado en el cual esté incorporado el programa, estando el circuito adaptado para ejecutar o para ser utilizado en la ejecución del procedimiento en cuestión.

**Breve descripción de los dibujos**

Otras características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto en la descripción hecha a continuación, refiriéndose a los dibujos adjuntos que ilustran un ejemplo de realización de la misma desprovisto de cualquier carácter limitativo. En las figuras:

- 5 - la figura 1 representa, en forma de un ordinograma, las principales etapas de un procedimiento de determinación de una duración de estabilización de ralentí de acuerdo con la invención; y
- la figura 2 es un gráfico que muestra un ejemplo de puesta en práctica del procedimiento de acuerdo con la invención.

**Descripción detallada de la invención**

10 La figura 1 representa, en forma de ordinograma, las principales etapas de un procedimiento notificación de una autorización de parada completa de un motor de turbina de gas de aeronave de acuerdo con la invención.

15 La autorización de parada completa de un motor de turbina de gas de aeronave, por ejemplo de un turboreactor de avión comercial, sigue a las fases de aterrizaje y de rodaje en el suelo de una aeronave después de un vuelo. Esta autorización de parada completa tiene por objetivo hacer respetar una cierta duración de funcionamiento en el régimen de ralentí antes de mandar una parada completa del motor a fin de evitar cualquier riesgo de coquización de aceite o de carburante de las partes calientes del motor, tales como por ejemplo los inyectores de carburante en la cámara de combustión.

El procedimiento de acuerdo con la invención tiene por objeto definir una duración de funcionamiento en ralentí antes de la parada completa del motor, la cual es variable en función de ciertos parámetros de funcionamiento del motor que caracterizan un comportamiento térmico de una pieza del motor sometida a coquización.

20 A tal efecto, como está representado en la figura 1, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende una primera etapa E10 que consiste en detectar si el motor ha pasado al régimen de ralentí.

25 Este paso al régimen de ralentí puede ser detectado tras el accionamiento por el piloto de la aeronave de un conmutador o tras la detección de un régimen de funcionamiento del motor que corresponda a un régimen de ralentí, siendo realizable dicha detección a partir de uno de los parámetros vistos por el calculador como indicación de paso colectivo, de velocidad del generador de gas, de temperatura a la salida de la turbina, etc.

Una vez que se haya detectado que el motor funciona en el régimen de ralentí, el procedimiento de acuerdo con la invención prevé, en el transcurso de una etapa E20, evaluar, a partir de un valor de un primer parámetro de funcionamiento del motor, un valor de un segundo parámetro que caracterice un comportamiento térmico de una pieza del motor sometida a coquización.

30 El valor del primer parámetro puede ser calculado de modo continuo o en un caso que indique que el motor va a ser puesto en una condición de parada.

El primer parámetro de funcionamiento del motor utilizado en el transcurso de esta etapa de evaluación E20 corresponde típicamente a una temperatura medida en el motor en la proximidad de la pieza sometida a coquización.

35 Por ejemplo, este primer parámetro de funcionamiento podrá ser elegido entre los parámetros siguientes: una temperatura medida en un canal de circulación de un flujo gaseoso entre dos etapas de turbina (denominada en los que sigue T45), una temperatura ambiente medida a la entrada del motor, una temperatura de aceite del motor, una temperatura de carburante del motor, un régimen de funcionamiento del motor, etc.

40 Estos ejemplos tienen la ventaja de ser parámetros que ya son vigilados en el transcurso de la misión de la aeronave. Típicamente, los valores medidos para estos parámetros son enviados en continuo en el transcurso de la misión al calculador del dispositivo de regulación del motor para ser analizados en el mismo.

A partir de un modelo de comportamiento térmico de la pieza para la cual se ha medido el primer parámetro, se evalúa entonces un valor de un segundo parámetro que caracterice un comportamiento térmico de la citada pieza.

45 Este modelo de comportamiento térmico es una función (denominada igualmente operador integral) que permite, a partir de un valor de entrada de un parámetro de funcionamiento (tal como una temperatura medida en el motor en la proximidad de la pieza), modelar el comportamiento térmico de la pieza.

50 En un ejemplo de realización de la invención aplicado en el cual el primer parámetro de funcionamiento es la temperatura T45 medida en un canal de circulación de un flujo gaseoso entre dos etapas de turbina de motor, el modelo de comportamiento térmico podrá ser un cálculo de la media T45MG de los valores de la temperatura T45 medida en una ventana temporal deslizante de una duración predeterminada (por ejemplo del orden de algunos minutos).

La etapa de evaluación E20 puede ser realizada en el transcurso del conjunto de la misión, desde el arranque hasta la parada completa del motor. La misma puede ser efectuada por medio de un software de cálculo embarcado en el calculador del motor y permite así obtener de modo continuo un valor para el segundo parámetro que caracteriza un comportamiento térmico de la pieza sometida a coquización (en el ejemplo ilustrado: T45MG).

- 5 Paralelamente a esta etapa de evaluación E20, el procedimiento puede prever, en una etapa E20', poner en marcha un cronómetro CM a partir del momento en que se detecte el paso del motor a un régimen de ralentí.

La etapa siguiente E30 consiste en comparar el valor del segundo parámetro obtenido en la etapa E20 (en este caso la media T45MG) con un valor de umbral predefinido (en este caso T45umbral). Esta etapa de comparación es efectuada por un software de cálculo embarcado en el calculador del motor.

- 10 El valor de umbral T45umbral corresponde a un valor del segundo parámetro para el cual se ha establecido previamente que el mismo no generaría coquización de la pieza.

Este valor de umbral T45umbral es establecido previamente a partir de una tabla con varias entradas (por ejemplo con la temperatura y la presión a la entrada del motor, la temperatura del aceite, la temperatura del carburante, etc.) y en función de las mediciones del motor en el momento de la detección del paso del motor a un régimen de ralentí. Esta

15 tabla es elaborada típicamente acudiendo a la experiencia a partir de datos resultantes de misiones anteriores para motores de la misma familia que el que se trata.

Al final de esta etapa de comparación E30, si se establece, en el transcurso de una etapa E40, que el valor del segundo parámetro T45MG es inferior al valor de umbral predefinido T45umbral, el calculador del motor notifica al piloto una autorización de parada completa del motor (etapa E50).

- 20 En cambio, si el valor del segundo parámetro T45MG es superior al valor de umbral predefinido T45umbral, se repiten las etapas E30 y E40. En otras palabras, si el valor del segundo parámetro T45MG es superior al valor de umbral predefinido T45umbral, el calculador del motor efectuará una nueva comparación entre el cálculo de la media T45MG a partir de los nuevos valores de la temperatura T45 medida en la ventana temporal deslizante y comparará este valor con el valor de umbral predefinido (T45umbral), pudiendo variar este último en función del tiempo.

- 25 Este proceso de evaluación de la media T45MG y de comparación de este último con el valor de umbral predefinido T45umbral se reitera hasta que el valor de la media T45MG se haga inferior al valor de umbral predefinido T45umbral, en cuyo caso el calculador notifica al piloto una autorización de parada completa del motor.

- 30 Por otra parte, cuando se haya puesto en marcha un cronómetro CM en el transcurso de la etapa E20', el procedimiento prevé, en el transcurso de la etapa E40, verificar si el tiempo transcurrido desde la puesta en marcha del cronómetro ha superado una duración de umbral predeterminada (típicamente del orden de 2 minutos) en la cual el calculador del motor notifica al piloto una autorización de parada completa del motor (etapa E50). En cambio, si el tiempo transcurrido es inferior a la duración de umbral predeterminada, se repiten las etapas E20 a E40 como se describió anteriormente.

- 35 La etapa E50 de notificación al piloto de una autorización de parada completa del motor puede tomar varias formas. La misma puede consistir especialmente en una presentación visual que indique al piloto una o varias de las informaciones siguientes: autorización de parada completa del motor, parada completa del motor con riesgo de coquización (el riesgo se señala en tanto que la estabilización antes de la parada no sea suficiente), visualización de una duración de espera necesaria previamente estimada antes de la autorización de parada completa del motor.

- 40 En relación con la figura 2, se describirá ahora un ejemplo de puesta en práctica de las etapas E20 y E30 del procedimiento tal como las descritas anteriormente.

En este ejemplo, el primer parámetro de funcionamiento del motor es la temperatura T45 medida en un canal de circulación de un flujo gaseoso entre dos etapas de turbina del motor y el segundo parámetro que caracteriza un comportamiento térmico de una pieza del motor sometida a coquización es una media T45MG de los valores de la temperatura T45 medida en una ventana temporal deslizante de una duración determinada.

- 45 La figura 2 representa curvas de temperatura en función del tiempo. En este ejemplo, está representada la curva de la temperatura T45 medida de modo continuo. A partir de esta temperatura T45, el calculador del motor calcula un valor medio T45MG de la temperatura en una ventana deslizante, correspondiente en este caso por ejemplo a las 5 últimas mediciones de temperatura efectuadas. La curva de este valor medio T45MG está representada igualmente en la figura 2 (este valor medio T45MG es calculado permanentemente desde el arranque hasta la parada del motor).

- 50 El valor medio T45MG es comparado entonces con una temperatura de umbral T45umbral que en este caso es constante en toda la duración de la fase de parada del motor y que es igual aproximadamente a 940 °C. En cuanto el valor de la media T45MG se hace inferior a esta temperatura de umbral T45umbral, en este caso en un tiempo  $t_{\text{parada}}$  aproximadamente igual a 4300 segundos aproximadamente, el calculador del motor envía al piloto una notificación de autorización de parada completa del motor. Así, la duración de estabilización del motor previamente a su parada del

motor tendrá una duración  $t_{\text{parada}} - t_0$ , o sea aproximadamente 25 segundos, siendo  $t_0$  el instante en que se ha detectado el paso al régimen de ralentí.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de notificación de una autorización de parada completa de un motor de turbina de gas de aeronave, que comprende, tras la detección (E10) de un paso del motor a un régimen de ralentí:
- 5 (a) una etapa (E20) de evaluación, a partir de un valor de un primer parámetro de funcionamiento del motor (T45), de un valor de un segundo parámetro (T45MG) que caracteriza un comportamiento térmico de una pieza del motor sometida a coquización, siendo realizada esta evaluación por medio de un modelo de comportamiento térmico de la citada pieza;
- (b) una etapa (E30) de comparación del valor del segundo parámetro (T45MG) con un valor de umbral predefinido (T45umbral) correspondiente a un valor del segundo parámetro que no genera coquización de la citada pieza; y
- 10 (c) una etapa (E50) de notificación de autorización de parada completa del motor si el valor del segundo parámetro (T45MG) es inferior al valor de umbral predefinido (T45umbral),
- siendo reiteradas las etapas (a) a (c) si no.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la evaluación de un valor del segundo parámetro comprende el cálculo de un valor medio del primer parámetro de funcionamiento del motor en una ventana temporal deslizante.
- 15 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 2, que comprende además:
- la puesta en marcha (E20') de un cronómetro (CM) tras la detección de un paso del motor al régimen de ralentí; y
- la notificación (E50) de autorización de parada completa del motor cuando el tiempo transcurrido desde la puesta en marcha del cronómetro supere una duración de umbral predeterminada.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual el primer parámetro es elegido entre los parámetros de funcionamiento del motor siguientes: una temperatura medida en un canal de circulación de un flujo gaseoso entre dos etapas de turbina, una temperatura ambiente medida a la entrada del motor, una temperatura de aceite del motor, una temperatura de carburante del motor, un régimen de funcionamiento del motor.
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual la notificación de autorización de parada completa del motor consiste en una presentación visual que indica al piloto una o varias de las informaciones siguientes: autorización de parada completa del motor, parada completa del motor con riesgo de coquización, visualización de una duración de espera necesaria previamente estimada antes de la autorización de parada completa del motor.
- 30 6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual el paso del motor a un régimen de ralentí se detecta tras el accionamiento por el piloto de la aeronave de un conmutador o tras la detección de un régimen de funcionamiento del motor que corresponde a un régimen de ralentí.
7. Programa de ordenador que comprende instrucciones para la ejecución de las etapas del procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 cuando el citado programa es ejecutado por un ordenador.
- 35 8. Soporte de grabación legible por un ordenador en el cual está grabado un programa de ordenador que comprende instrucciones para la ejecución de las etapas del procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 cuando el citado programa es ejecutado por un ordenador.
9. Motor de turbina de gas de aeronave que comprende un dispositivo de notificación de una autorización de parada completa de un motor de turbina de gas de aeronave, comprendiendo el dispositivo:
- 40 medios de evaluación, a partir de un valor de un primer parámetro de funcionamiento del motor, de un valor de un segundo parámetro que caracterice un comportamiento térmico de una pieza del motor sometida a coquización, siendo realizada esta evaluación por medio de un modelo de comportamiento térmico de la citada pieza;
- medios de comparación del valor del segundo parámetro con un valor de umbral predefinido correspondiente a un valor del segundo parámetro que no genere coquización de la citada pieza, y
- medios de notificación de autorización de parada completa del motor.
- 45

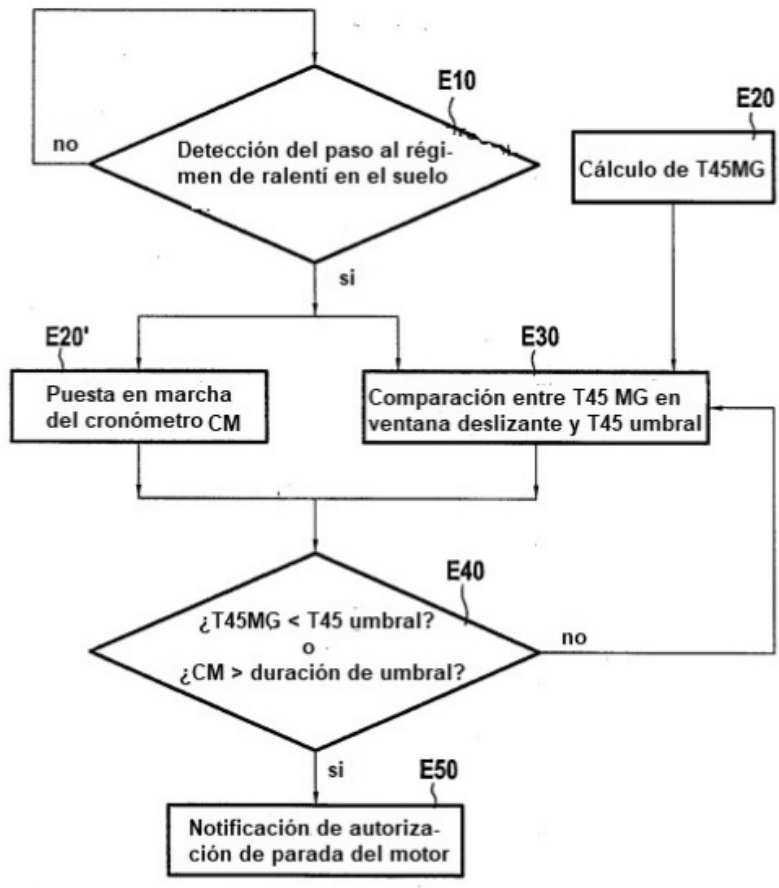


FIG.1

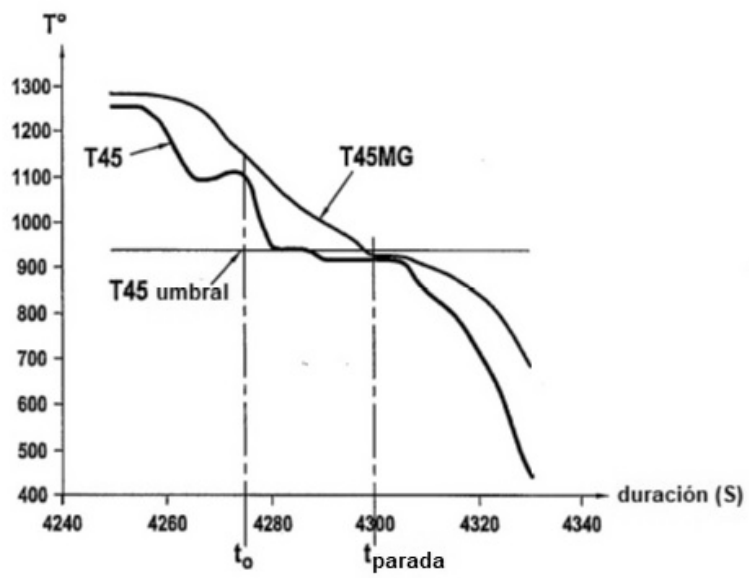


FIG.2