

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 640**

51 Int. Cl.:

F02C 7/268 (2006.01)

F02C 7/275 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2013 PCT/FR2013/051977**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.03.2014 WO14037649**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2013 E 13767024 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2893169**

54 Título: **Procedimiento y sistema de arranque de un turbomotor de aeronave**

30 Prioridad:

10.09.2012 FR 1258460

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

17.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HARRIET, PIERRE y
MARIN, JEAN PHILIPPE, JACQUES**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 624 640 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 sistema de arranque de un turbomotor de aeronave

La presente invención se refiere a un procedimiento y un sistema para el arranque de un turbomotor de aeronave.

5 Un turbomotor de aeronave comprende de manera conocida una cámara de combustión, un árbol de compresor sobre el que está montada una rueda de compresor para alimentar con aire comprimido dicha cámara de combustión y al menos un arrancador (o un generador-arrancador) unido a dicho árbol de manera que le proporcione el par de arranque suficiente para arrastrarle en rotación.

10 Para poner en marcha el turbomotor, el arrancador acelera en primer lugar el árbol de compresor en una primera fase de arranque durante la cual el circuito de carburante aguas arriba de los inyectores de arranque es puesto a presión y purgado. Luego, en una segunda fase de arranque, una inyección de combustible es iniciada antes de que el encendido de dicho combustible sea realizado en la cámara de combustión del turbomotor. Finalmente, en una tercera fase de arranque, a una velocidad de rotación predefinida, la acción del arrancador es detenida y el turbomotor puede continuar acelerando gracias a la combustión de dicho combustible.

15 Para permitir el encendido del combustible, debe ser suministrado un volumen de aire suficiente para la rueda de compresor a la cámara de combustión pero este volumen no debe ser tampoco demasiado importante, pues impediría entonces el encendido del combustible. Ahora bien, al ser la velocidad de rotación del árbol de compresor proporcional al volumen de aire suministrado por la rueda de compresor a la cámara de combustión, la velocidad de rotación del árbol debe por tanto estar comprendida en un intervalo de velocidad, llamado ventana de encendido, y esto durante un tiempo suficientemente largo para que el encendido sea realizado correctamente.

20 El documento WO2011/056360 describe un procedimiento de encendido de una turbina de gas en el que la velocidad de rotación de la turbina es controlada de manera que sea mantenida en más o menos un 5% de una velocidad predefinida, llamada de encendido, durante la segunda fase de arranque. Sin embargo, se plantea un problema cuando la aceleración del árbol, efectuada por el arrancador en la primera fase de arranque, es tal que no es posible reducir la velocidad de rotación del árbol para estabilizarla en la ventana de encendido. En otros términos, un aumento demasiado importante de la velocidad de rotación del árbol puede entrañar, como se ha explicado a continuación, un paso demasiado rápido en la ventana de encendido del turbomotor, que no permite el encendido del turbomotor.

30 En efecto, en un turbomotor, es corriente el hecho de utilizar un arrancador de tipo eléctrico que se presenta en forma de una máquina síncrona alimentada por una batería a través de una electrónica de potencia y que funciona como motor durante la fase de arranque del turbomotor y como generador durante las fases de vuelo de la aeronave. El par motor entregado por el arrancador tiene por objeto sobrepasar el conjunto de los pares resistentes resultantes principalmente del arrastre aerodinámico de las partes puestas en rotación, de la fricción mecánica de las piezas en contacto y de las diferentes etapas de las bombas de aceite y de carburante del turbomotor.

35 Sin embargo, el par resistente que el arrancador debe vencer puede variar de manera importante según las condiciones medioambientales, en particular de temperatura y presión atmosférica, a las que está sometido el turbomotor. Ahora bien, los reglamentos de certificación imponen generalmente poder efectuar arranques a una pluralidad de altitudes y en diversas condiciones climáticas.

40 Por ejemplo, en tiempo frío, es decir cuando la temperatura ambiente es inferior, por ejemplo a -20° C, el par resistente que debe vencer el arrancador para arrancar el turbomotor aumenta fuertemente con relación al par resistente que debe vencer el arrancador a una temperatura ambiente positiva, en particular porque los pares resistentes de las bombas de aceite y de carburante que equipan el turbomotor son más importantes en tiempo frío.

El arrancador debe por tanto ser apto para permitir un arranque en estas condiciones, de manera que su potencia esté prevista a este efecto. Así, se está obligado a utilizar arrancadores súper potentes.

45 Al hacer esto, tal exceso de potencia no permite gobernar correctamente el par proporcionado por el arrancador, lo que puede provocar una aceleración demasiado fuerte del árbol que puede conducir a pasar demasiado rápidamente por la ventana de encendido y por tanto a suspender o abortar el encendido del combustible.

El documento EP 0623741 describe un procedimiento de arranque de un turbomotor para aeronave según el preámbulo de la reivindicación 1.

50 El presente invento tiene por objeto eliminar al menos en parte estos inconvenientes proponiendo un procedimiento eficaz de arranque de un turbomotor que permita en particular una pluralidad de arranques consecutivos del turbomotor, en particular a diferentes altitudes.

El invento se refiere a un procedimiento de arranque de un turbomotor para aeronave según la reivindicación 1 y a un sistema para la puesta en práctica del procedimiento según la reivindicación 7.

Así, el invento se refiere a un procedimiento de arranque de un turbomotor para aeronave, comprendiendo dicho

turbomotor una cámara de combustión, un árbol de compresor sobre el que está montada una rueda de compresor para alimentar con aire comprimido dicha cámara de combustión, al menos un arrancador unido a dicho árbol de manera que le proporcione un par de arranque de valor determinado para arrastrarle en rotación, comprendiendo dicho procedimiento:

- 5 - una etapa de aceleración del árbol de compresor durante una primera fase de arranque, y luego,
 - una etapa de estabilización de la velocidad de rotación del árbol de compresor durante una segunda fase de arranque de manera que permita el encendido del combustible, siendo notable el procedimiento porque la velocidad de rotación del árbol es regulada de manera que la aceleración del árbol permanece sensiblemente constante, en particular durante la primera fase de arranque.

- 10 Por el término "regulada", se entiende que la velocidad de rotación del árbol es controlada continuamente, en particular durante la primera fase de arranque, de manera que la aceleración del árbol queda sensiblemente constante cualesquiera que sean las condiciones medioambientales del turbomotor (baja temperatura, débiles presiones, etc.). Tal regulación puede ser efectuada por una consigna de velocidad o una consigna de par que pueden ser, por ejemplo, un valor respectivamente de velocidad o de par o bien un porcentaje de aumento o de
 15 disminución respectivamente de la velocidad o del par.

Por el término "arrancador", se entiende, aquí y en lo sucesivo de la descripción, tanto un arrancador simple como un generador-arrancador.

- 20 El aumento de la velocidad de rotación del árbol de aceleración constante durante la primera fase de arranque permite controlar la velocidad de rotación del árbol de manera que alcance y pueda mantenerse en la ventana de encendido durante un tiempo suficientemente largo para permitir el encendido del turbomotor, la puesta a presión gradual del circuito de carburante aguas arriba de los inyectores de arranque y su purgado. Sin tal regulación, el par proporcionado por el arrancador podría, por ejemplo en tiempo frío, ser demasiado importante de manera que ello conduciría a una aceleración demasiado brusca del árbol de manera que se pase demasiado rápidamente por la ventana de encendido.

- 25 En la etapa de estabilización, la velocidad de rotación del árbol es mantenida en el intervalo de velocidad que autoriza el encendido de la cámara de combustión, por ejemplo comprendido entre el 10% y 15% de la velocidad nominal de rotación del árbol. Por el término « velocidad nominal », se entiende la velocidad del árbol de compresor cuando el turbomotor funciona a un régimen que permite proporcionar la Potencia Máxima de Despegue (PMD).

- 30 De preferencia, la velocidad de rotación del árbol es regulada de manera que la aceleración del árbol permanece sensiblemente nula durante la segunda fase de arranque.

La detección del encendido puede ser realizada cuando la temperatura de los gases a la salida del turbomotor sobrepasa un umbral predeterminado. Un intervalo de tiempo de control puede permitir juzgar que la combustión es suficientemente estable para poner fin a esta fase de estabilización.

- 35 El procedimiento puede comprender además, posteriormente al encendido del combustible, una etapa de aceleración del árbol, durante una tercera fase de arranque, que permite acelerar la rueda de compresor, por ejemplo hasta la velocidad máxima de final de secuencia de arranque. Esta etapa puede comprender la estabilización continua del par proporcionado por el arrancador, por ejemplo por una consigna de par, al árbol de compresor durante la duración de la tercera fase de arranque. Tal control continuo del par proporcionado al árbol de compresor por el arrancador permite evitar que el arrancador no proporcione, durante esta tercera fase, un par demasiado importante que correría el riesgo de conducir a una extinción de la cámara de combustión si la temperatura de la cámara de combustión resulta demasiado pequeña. En efecto, cuando el par es demasiado importante, la aceleración del árbol que resulta de ello puede aumentar el caudal de aire proporcionado por el compresor con relación al caudal de carburante de tal manera que la relación carburante/aire resulte demasiado pequeña y que el motor se apague. Ello permite en particular un funcionamiento óptimo del turbomotor durante la fase, de aceleración del árbol, posterior al encendido del combustible. Bien entendido, la estabilización continua del par proporcionado por el arrancador puede también ser realizada por una consigna de velocidad. Cuando la consigna de par es enviada por un calculador del motor de la aeronave, la utilización de una consigna de par puede permitir ventajosamente no interferir con un bucle de velocidad utilizado por el calculador para la dosificación del caudal de carburante. Durante la tercera fase, la aceleración va a depender de la evolución del par resistente del
 45 turbomotor que puede variar en función particularmente de la velocidad de rotación del árbol y de la térmica del turbomotor.

De preferencia, la velocidad de rotación del árbol es regulada de manera que la aceleración del árbol permanezca sensiblemente constante durante la tercera fase de arranque.

- 55 De preferencia, la regulación de la velocidad es efectuada periódicamente, en particular durante toda la duración de la primera fase. Por ejemplo, el periodo puede ser inferior o igual al segundo, de preferencia inferior o igual a 100 ms. Tal periodicidad de la regulación permite un control muy preciso de la aceleración del árbol de manera que ésta quede sensiblemente constante, en particular durante toda la duración de la primera fase de arranque.

De preferencia, la etapa de regulación comprende:

- una etapa de obtención de un valor de aceleración sobre un intervalo de tiempo,
- una etapa de cálculo de la diferencia entre el valor de aceleración obtenido y un valor de aceleración de referencia,
- una etapa de comparación de la diferencia calculada con un umbral predeterminado,

5 - una etapa de determinación de una consigna de velocidad o de par a partir de la diferencia calculada en caso de rebasar dicho umbral.

En una forma de realización alternativa del procedimiento según el invento, la etapa de regulación comprende:

- una etapa de obtención de un primer valor de aceleración sobre un primer intervalo de tiempo,
- una etapa de obtención de un segundo valor de aceleración sobre un segundo intervalo de tiempo, de preferencia consecutivo al primer intervalo de tiempo,
- una etapa de cálculo de la diferencia entre el primer valor de aceleración obtenido y el segundo valor de aceleración obtenido,
- una etapa de comparación de la diferencia calculada con un umbral predeterminado,

15 - una etapa de determinación de una consigna de velocidad o de par a partir de la diferencia calculada en caso de sobrepasar dicho umbral.

De manera preferida, la etapa de obtención de un valor de aceleración es realizada a partir de dos medidas consecutivas de la velocidad de rotación del árbol.

20 Así, por ejemplo, una medida de la velocidad de rotación del árbol puede ser efectuada periódicamente y luego, para cada intervalo de tiempo entre dos medidas de velocidad, se calcula la aceleración del árbol, sobre este intervalo de tiempo.

El valor de aceleración calculado puede entonces ser comparado con un valor de referencia, constante y predeterminado, o bien con otro valor de aceleración calculado precedentemente.

25 Una consigna de velocidad es entonces determinada a partir de la comparación efectuada de manera que permita la adaptación de la velocidad de rotación del árbol. La consigna de velocidad indica, por ejemplo, la velocidad que el árbol debe alcanzar para que la aceleración sea llevada al valor de referencia o bien a un valor obtenido sobre un intervalo de tiempo precedente.

Para arrancar rápidamente el turbomotor, la aceleración debe ser al menos igual al 2,5% de la velocidad nominal por segundo de manera que la duración de la primera fase sea inferior a 4 segundos.

30 Igualmente, el valor de la aceleración debe ser inferior a un valor máximo, del orden del 5% de la velocidad nominal por segundo, de manera que pueda estabilizar la velocidad de rotación del árbol en la ventana de encendido sin sobrepasar el valor máximo de la ventana más allá del cual el volumen de aire en la cámara de combustión será demasiado importante e impedirá el encendido del combustible.

35 La determinación del valor de referencia de la aceleración puede ser realizada a partir de condiciones medioambientales del tubo motor. Así, por ejemplo, el valor de referencia puede ser determinado, en el momento del arranque, a partir de los valores de temperatura y de presión atmosféricas ambientes que influyen directamente sobre los pares resistentes que debe vencer el arrancador. Estas condiciones pueden variar rápidamente, en particular cuando el piloto debe efectuar un nuevo arranque en vuelo en altitud como consecuencia de una extinción del turbomotor.

40 Así, con el procedimiento según el invento, la regulación continua de la velocidad de rotación de largo para hacer la aceleración constante durante la primera fase de arranque puede ser efectuada teniendo en cuenta la variación de las condiciones medioambientales del tubo motor de manera que el par proporcionado al árbol por el arrancador sea adaptado a los pares resistentes correspondientes a estas condiciones que el arrancador debe vencer para permitir un control preciso de la aceleración del árbol y por tanto un encendido satisfactorio del combustible durante la fase de estabilización.

45 El procedimiento puede igualmente comprender una etapa preliminar de puesta en rotación del árbol por el arrancador.

50 El invento se refiere también a un sistema para el arranque de un turbomotor de una aeronave, comprendiendo dicho sistema un turbomotor y medio de gestión de dichos turbomotor, comprendiendo el turbomotor una cámara de combustión, un árbol de compresor sobre el que está montada una rueda de compresor para alimentar con aire comprimido dicha cámara de combustión, al menos un arrancador unido a dicho árbol de manera que le proporcione

5 un par de arranque de valor determinado para arrastrarle en rotación, comprendiendo dicho arrancador medios de aceleración del árbol de compresor durante una primera fase de arranque, y medios de estabilización de la velocidad de rotación del árbol de compresor durante una segunda fase de arranque de manera que permitan la inyección de combustible en la cámara de combustión y el encendido del combustible, estando configurados los medios de gestión para regular la velocidad de rotación del árbol determinando una consigna de velocidad o de par a partir del cálculo de la diferencia calculada entre el valor de aceleración del árbol y el valor de aceleración de referencia, de manera que la aceleración del árbol permanezca sensiblemente constante, estando configurados los medios de gestión para comparar la diferencia calculada entre el valor de aceleración del árbol y el valor de aceleración de referencia con un umbral predeterminado y para determinar la consigna de velocidad o de par en caso de sobrepasar dicho umbral.

De referencia, los medios de gestión están además configurados para regular la velocidad de rotación del árbol de manera que la aceleración del árbol permanezca sensiblemente constante durante la segunda fase de arranque.

De preferencia aún, los medios de gestión están además configurados para regular la velocidad de rotación del árbol de manera que la aceleración del árbol sea máxima durante la tercera fase de arranque.

15 Según una característica del invento, el arrancador es eléctrico y comprende un circuito electrónico que permite el control del par proporcionado al árbol.

El invento se refiere también a una aeronave que comprende un turbomotor y un sistema tal como se ha definido anteriormente.

20 Otras características y ventajas del invento aparecerán durante la descripción que sigue hecha con referencia a las figuras adjuntas dadas a título de ejemplo no limitativos y en las que se han otorgado referencias idénticas a objetos semejantes.

La fig. 1 representa esquemáticamente el sistema según el invento.

La fig. 2 ilustra el procedimiento, puesto en práctica por el sistema, según el invento.

25 La fig. 3 es un diagrama que representa las tres fases de arranque de un turbomotor de una aeronave equipado con el sistema según el invento.

La fig. 4 es un diagrama de velocidad de rotación del árbol de compresor del sistema según el invento.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SEGÚN EL INVENTO

El sistema 10 para el arranque de un turbomotor para aeronaves según el invento, ilustrado por la fig. 1, comprende un turbomotor 100 y medios de gestión 200 de dicho turbomotor 100.

30 El turbomotor 100 comprende una cámara de combustión 120, un árbol de compresor 140 sobre el que está montada una rueda de compresor 160 para alimentar con aire comprimido dicha cámara de combustión 120 y un arrancador eléctrico 180 unido a dicho árbol 140, por una caja de enlaces de transmisión 170, de manera que proporcione al árbol 140 un par de arranque de valor determinado para arrastrarle en rotación.

35 El árbol de compresor 140 está dispuesto coaxialmente con la rueda de compresor 160 y la cámara de combustión 120 según un eje X.

La caja de enlaces de transmisión 170, que puede presentarse, por ejemplo en forma de varias etapas de piñones, permite transmitir el par proporcionado por el arrancador al árbol de compresor 140. Queda bien entendido que el arrancador 180 podría estar montado directamente sobre el árbol de compresor 140 sin que ello limite el alcance del presente invento.

40 El arrancador 180 comprende medios de aceleración 182 del árbol de compresor 140 para acelerar la velocidad de rotación del árbol de compresor 140 durante una primera fase de arranque P1 y durante una tercera fase de arranque P3, con referencia a la fig. 3.

45 El arrancador 180 comprende también medios de estabilización 184 de la velocidad de rotación del árbol de compresor 140 durante una segunda fase de arranque P2, con referencia a la fig. 3, de manera que permita la inyección de combustible en la cámara de combustión 120 y el encendido de dicho combustible.

Los medios de aceleración 182 y/o de estabilización 184 son controlados por un circuito electrónico (no representado) de manera que pilote el nivel de par proporcionado al árbol 140 por el arrancador 180. Tal circuito electrónico está configurado para recibir consignas de velocidad y/o de par de manera que el arrancador 180 proporcione, al árbol 140, un par que permita alcanzar dicha velocidad o bien igual a dicho par.

50 Los medios de gestión 200 del turbomotor 100 pueden presentarse en forma de un calculador, por ejemplo de tipo calculador de motor de tipo FADEC (Full Authority Digital Engine Control), unido al circuito electrónico de control del

arrancador 180 por uno o varios enlaces de comunicación 300, por ejemplo uno o varios bus digitales, que permiten el envío, por los medios de gestión 200, de consignas, por ejemplo de velocidad y/o de par, al circuito electrónico de control del arrancador 180.

- 5 Los medios de gestión 200 del turbomotor 100 permiten, por el envío, al arrancador 180, de consignas, la regulación de la velocidad de rotación del árbol 140 de manera que su aceleración permanezca sensiblemente constante durante la primera fase de arranque P1 cualesquiera que sean las condiciones medioambientales del turbomotor 100, tales como por ejemplo las condiciones de temperatura y de presión.

PUESTA EN PRÁCTICA DEL PROCEDIMIENTO SEGÚN EL INVENTO

El procedimiento según el invento está ilustrado por la fig. 2 y descrito en referencia a la fig. 3.

- 10 Cuando debe ser efectuado un arranque del turbomotor, en tierra o en vuelo, una orden de activación es enviada al arrancador eléctrico 180, en una etapa E0, a fin de que proporcione un par al árbol 140, a través del enlace de transmisión 170.

El árbol de compresor 140 es entonces acelerado, durante una etapa E1, por el arrancador 180 durante una primera fase de arranque P1.

- 15 Durante esta primera fase de arranque P1, la velocidad de rotación del árbol 140 es regulada de manera que la aceleración del árbol 140 permanece sensiblemente constante durante la primera fase P1.

Más precisamente, una vez puesto en rotación el árbol de compresor 140 por el arrancador 180, se efectúa periódicamente una medida de la velocidad N del árbol 140, por ejemplo cada 100 ms, por un sensor (no representado).

- 20 Esta medida es comunicada periódicamente a los medios de gestión 200, por ejemplo, a través del enlace de comunicación 300. Los medios de gestión 200 calculan entonces un valor de aceleración sobre un intervalo de tiempo [t1, t2] a partir de dos medidas de velocidad n1 y n2 consecutivas, medidas respectivamente en los instantes t1 y t2, ilustradas por la fig. 4 según la fórmula:

$$A[t1, t2] = \frac{n2 - n1}{t2 - t1}$$

- 25 La aceleración A_{MES} medida sobre el intervalo de tiempo [t1, t2] es entonces comparada a una aceleración de referencia A_{REF} correspondiente a un valor de aceleración constante predeterminado, por ejemplo, a partir de las condiciones medioambientales del turbomotor 100 determinadas por retorno de experiencia para las que se dispone de tablas de correspondencia que asocian condiciones ambientes determinadas con una aceleración de referencia A_{REF} . Bien entendido, el valor de referencia A_{REF} puede ser diferente para cada fase de arranque.

- 30 En lo que se refiere a la primera fase de arranque, la aceleración de referencia A_{REF} puede ser determinada de manera que ésta dure un tiempo suficientemente largo para no tener que acelerar demasiado bruscamente y sobrepasar la ventana de arranque pero suficientemente corto para arrancar el turbomotor rápidamente, por ejemplo entre tres y cuatro segundos. Así, de preferencia, la aceleración de referencia A_{REF} es al menos igual a 2.5% de la velocidad nominal por segundo, de manera que la duración de la primera fase sea inferior a 4 segundos, y es inferior al 25% de la velocidad nominal por segundo, de manera que pueda estabilizar la velocidad de rotación del árbol en la ventana de encendido.

- 35 En referencia a la figura 4, el árbol tiene una aceleración correspondiente a la aceleración de referencia A_{REF} precedentemente en el instante t1 y posteriormente en el instante t3. Con el procedimiento según el invento, cuando la diferencia entre la aceleración medida A_{MES} sobre el intervalo de tiempo [t1, t2] y el valor de referencia A_{REF} es superior a un umbral predeterminado, por ejemplo de 5% del valor de referencia A_{REF} , es decir cuando la aceleración no es sensiblemente constante e igual al valor de aceleración de referencia predeterminado A_{REF} , los medios de gestión 200 determinan y envían al circuito de control del arrancador 180 una consigna de velocidad de rotación V_{CONS} del árbol 140 que permite corregir esta diferencia. Tal consigna tiene por objeto permitir la regulación de la aceleración del árbol 140 por el arrancador, es decir que ésta converja, lo más pronto posible, por ejemplo desde el intervalo de tiempo siguiente [t2, t3], hacia el valor de referencia predeterminado A_{REF} .

Así, con referencia a la fig. 4, la consigna de velocidad V_{CONS} enviada al arrancador 180, por los medios de gestión 200, indica una reducción de la velocidad de rotación del árbol 140 de manera que la aceleración del árbol sobre el intervalo de tiempo [t2, t3] sea inferior a la aceleración de referencia A_{REF} de manera que converja hacia dicho valor de referencia A_{REF} , alcanzando el árbol entonces la velocidad n3 en el instante t3.

- 50 Los medios de gestión 200 envían la consigna de velocidad V_{CONS} al circuito de control del arrancador 180, por ejemplo, en el instante t2 o poco tiempo después, de manera que el arrancador 180, mediante su circuito de control, adapte el par proporcionado al árbol 140 y por tanto la velocidad de rotación de largo 140 rápidamente a partir de la consigna de velocidad recibida V_{CONS} .

El procedimiento según el invento permite por tanto hacer converger el valor de la aceleración del árbol de compresor 140 hacia un valor de referencia A_{REF} cuando se desvía notablemente de él, en particular durante la duración de la primera fase de arranque P1.

5 Cuando un umbral predeterminado de velocidad de rotación del árbol 140, por ejemplo comprendido en la ventana de encendido, es alcanzado, comienza la segunda fase de arranque P2. Una etapa E2 de estabilización permite estabilizar la velocidad de rotación del árbol 140 en la ventana de encendido durante una duración suficiente para permitir la inyección de combustible en la cámara de combustión 120 así como el encendido completo de dicho combustible. De preferencia, esta etapa de estabilización E2 es realizada fijando el valor de aceleración de referencia A_{REF} a cero de manera que la velocidad sea constante y mantenida, por ejemplo, entre el 10% y el 15% de la velocidad nominal del turbomotor.

10 El procedimiento según el invento puede también comprender una etapa E3 de detección del encendido del combustible durante la cual se mide la temperatura del flujo de gas a la salida del turbomotor y se compara dicha medida con un valor de temperatura de referencia que indica el encendido de la cámara de combustión.

15 Una vez detectado el encendido, una etapa E4 de latencia, por ejemplo durante 0,5 segundos, permite asegurar que el encendido ha sido realizado correctamente y de manera perenne, antes de comenzar la tercera fase de arranque del turbomotor durante la cual la velocidad de rotación del árbol 140 aumenta.

Así, en una etapa E5 de aceleración del árbol 140, la rueda de compresor 160 es acelerada, por ejemplo hasta su velocidad máxima, durante la fase de arranque P3 de manera que el turbomotor pueda alcanzar un régimen de vuelo de la aeronave.

20 De preferencia, esta etapa E5 comprende una estabilización continua del par proporcionado por el arrancador al árbol de compresor durante la tercera fase P3. De manera similar a la etapa E2, los medios de gestión 200 permiten regular el par por el envío de consignas de par C_{CONS} al arrancador.

25 El par resistente del turbomotor depende de numerosos factores, en particular de la velocidad de rotación del árbol y de la térmica del turbomotor. Ahora bien, como la diferencia entre el par proporcionado por el arrancador y el par resistente del turbomotor es proporcional a la aceleración del árbol, la aceleración variará en función del par resistente del tubo motor, con consigna de par C_{CONS} de arrancador constante.

Tal control continuo del par proporcionado al árbol de compresor 140 por el arrancador 180 permite evitar que el arrancador 180 no proporcione, durante esta fase, un par demasiado importante que correría el riesgo de conducir a la extinción de la cámara de combustión del turbomotor 100 como se ha explicado precedentemente.

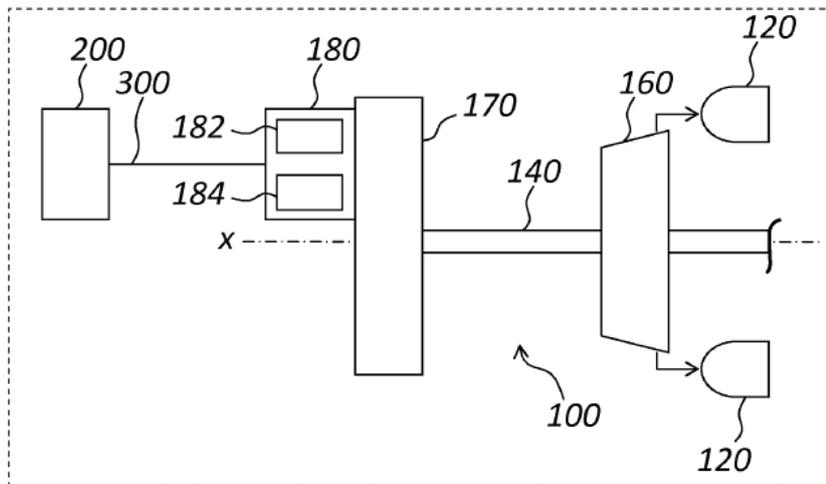
30 Finalmente, el arrancador 180 puede ser detenido durante la tercera fase P3, por ejemplo al comienzo de ésta.

Así, el procedimiento y el sistema según el invento permiten controlar continuamente la velocidad de rotación del árbol, en particular durante la primera fase de arranque, de manera que la aceleración del árbol queda sensiblemente constante cualesquiera que sean las condiciones medioambientales del turbomotor (baja temperatura, débiles presiones, etc.).

35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de arranque de un turbomotor para aeronave, comprendiendo dicho turbomotor (100) una cámara de combustión (120), un árbol de compresor (140) sobre el que está montada una rueda de compresor (160) para alimentar con aire comprimido dicha cámara de combustión (120), al menos un arrancador (180) unido a dicho árbol (140) de manera que le proporcione un par de arranque de valor determinado para arrastrarle en rotación, comprendiendo dicho procedimiento:
- una etapa (E1) de aceleración del árbol de compresor (140) durante una primera fase de arranque (P1), y luego,
 - una etapa (E2) de estabilización de la velocidad de rotación del árbol de compresor (140) durante una segunda fase de arranque (P2) de manera que permita la inyección de combustible en la cámara de combustión (120) y el encendido de combustible, siendo regulada la velocidad de rotación del árbol (140) en el curso de las etapas de aceleración (E1) y de estabilización (E2) de manera que la aceleración del árbol (140) permanece sensiblemente constante,
- estando caracterizado el procedimiento por que durante la etapa (E1) de aceleración, comprende:
- una etapa de obtención de un valor de aceleración sobre un intervalo de tiempo,
 - una etapa de cálculo de la diferencia entre el valor de aceleración obtenido y un valor de aceleración de referencia,
 - una etapa de comparación de la diferencia calculada con un umbral predeterminado,
 - una etapa de determinación de una consigna de velocidad o de par a partir de la diferencia calculada en caso de rebasar dicho umbral.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que, durante la etapa de estabilización (E2), la velocidad de rotación del árbol de compresor (140) es mantenida entre el 10% y el 15% de la velocidad nominal de rotación del árbol (140).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que una etapa de detección (E3) del encendido es realizada cuando la temperatura de los gases a la salida del turbomotor (100) sobrepasa un umbral predeterminado.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo el procedimiento además, posteriormente al encendido del combustible, una etapa (E5) de aceleración del árbol (140) que permite acelerar la rueda de compresor (160), siendo regulada dicha aceleración por una consigna de par.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la regulación de la velocidad es efectuada periódicamente.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de obtención de un valor de aceleración es realizada a partir de dos medidas consecutivas de la velocidad de rotación del árbol (140).
7. Sistema, para la puesta en práctica del procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, para el arranque de un turbomotor de una aeronave, comprendiendo dicho sistema (10) un turbomotor (100) y medios de gestión (200) de dicho turbomotor (100), comprendiendo el turbomotor (100) una cámara de combustión (120), un árbol de compresor (140) sobre el que está montada una rueda de compresor (160) para alimentar con aire comprimido dicha cámara de combustión (120), al menos un arrancador (180) unido a dicho árbol (140) de manera que le proporcione un par de arranque de valor determinado para arrastrarle en rotación, comprendiendo dicho arrancador (180) medios de aceleración (182) del árbol de compresor (140) durante una primera fase de arranque, y medios de estabilización (184) de la velocidad de rotación del árbol de compresor (140) durante una segunda fase de arranque de manera que permitan la inyección de combustible en la cámara de combustión (120) y el encendido del combustible, estando configurados los medios de gestión (200) para regular la velocidad de rotación del árbol (140) determinando una consigna de velocidad o de par a partir del cálculo de la diferencia entre un valor de aceleración del árbol y un valor de aceleración de referencia, de manera que la aceleración del árbol (140) permanezca sensiblemente constante, estando configurados los medios de gestión para comparar la diferencia calculada entre el valor de aceleración del árbol y el valor de aceleración de referencia con un umbral predeterminado y para determinar la consigna de velocidad o de par en caso de sobrepasar dicho umbral.
8. Sistema según la reivindicación 7, en el que el arrancador (180) es eléctrico y comprende un circuito electrónico de control del par proporcionado al árbol (140).
9. Aeronave que comprende un turbomotor y un sistema según una de las reivindicaciones 7 u 8 para la puesta en práctica del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6.



10 *Figura 1*

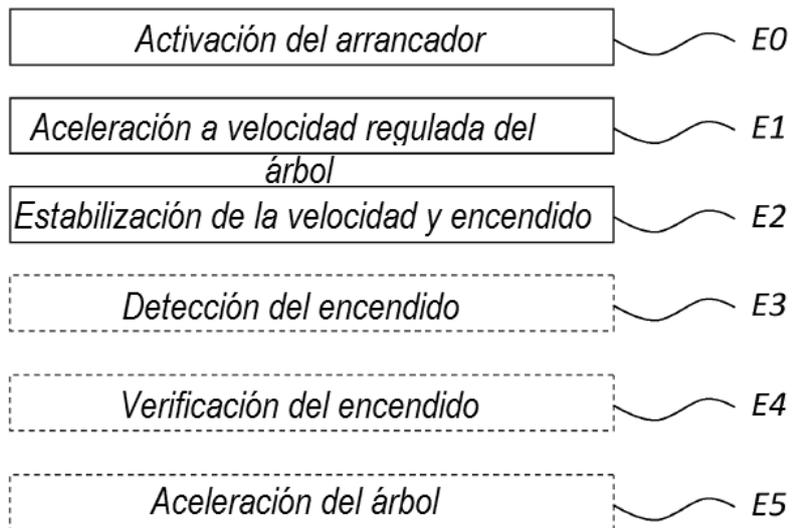


Figura 2

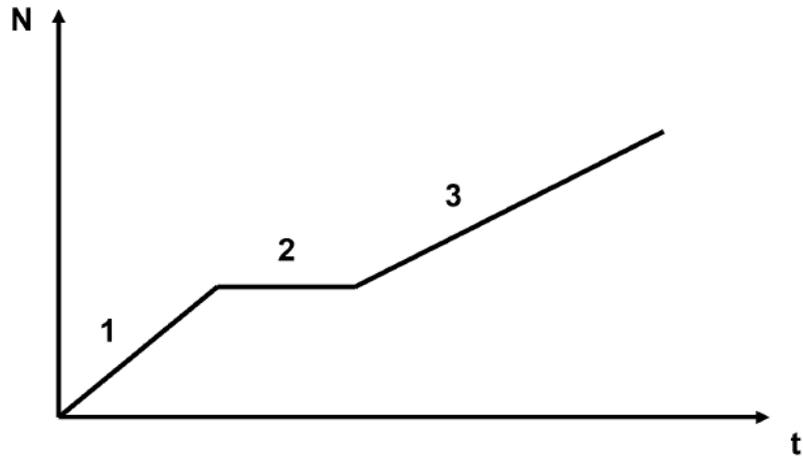


Figura 3

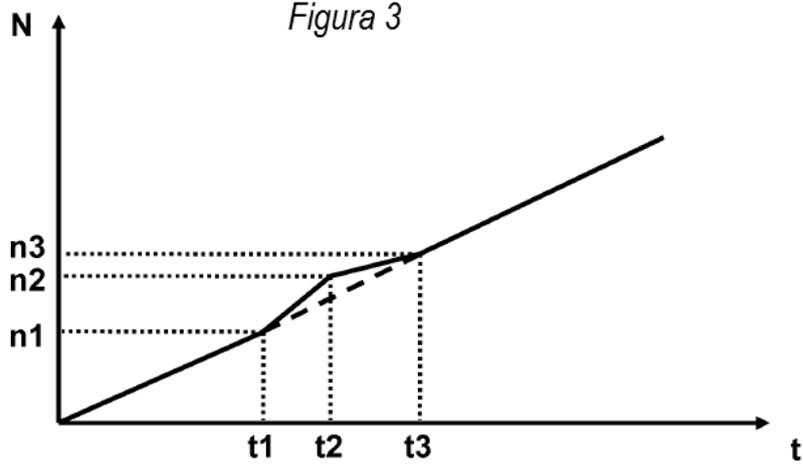


Figura 4