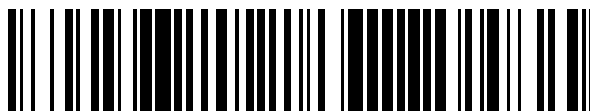


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 637**

51 Int. Cl.:

**F01D 19/02** (2006.01)

**F02C 7/26** (2006.01)

**F02C 7/264** (2006.01)

**F02C 7/268** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2012 PCT/FR2012/051508**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.12.2016 WO2013007912**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2012 E 12743482 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.09.2016 EP 2732137**

54 Título: **Procedimiento de arranque de una turbomáquina que reduce el desequilibrio térmico**

30 Prioridad:

**12.07.2011 FR 1156342**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.02.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MOUZE, YANN;  
BATLLE, FRÉDÉRIC FERDINAND JACQUES;  
HAEHNER, EDGAR y  
SEGURA, FRÉDÉRIC**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 600 637 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 arranque de una turbomáquina que reduce el desequilibrio térmico

### Antecedentes de la invención

5 La presente invención se refiere al ámbito general de las turbomáquinas. La presente invención concierne en particular a la consideración del desequilibrio térmico durante el arranque de una turbomáquina.

El desequilibrio térmico es un desequilibrio temporal que se instala en el rotor de una turbomáquina después de la parada de la misma. Siendo el aire cliente más ligero que el aire frío, se establece en la vena una heterogeneidad de las temperaturas, lo que crea por efecto bilamina una deformación del rotor. El desequilibrio térmico puede ser más de cien veces superior al desequilibrio residual del rotor.

10 Ahora bien, una turbomáquina debe franquear una o varias velocidades críticas antes de alcanzar su velocidad de funcionamiento. Así, durante el franqueamiento de las velocidades críticas en el re arranque de la turbomáquina, el desequilibrio térmico puede tener como consecuencia fuertes vibraciones, lo que puede alterar la fiabilidad de la turbomáquina. El desequilibrio térmico puede tener como consecuencia igualmente contactos estátor / rotor que pueden alterar la resistencia mecánica de los componentes implicados.

15 Varias soluciones conocidas están destinadas a reducir los efectos no deseables del desequilibrio térmico:

- Prohibición de re arranque de la turbomáquina durante un cierto tiempo después de su parada.
- Procedimientos específicos realizados durante la parada o antes del re arranque, que están destinados a disminuir la heterogeneidad de temperatura (ventilación, rotaciones sucesivas del motor, inyección de un flujo de aire en la vena, ...)
- 20 - Apertura de las holguras estátor / rotor para impedir los contactos durante el re arranque de la turbomáquina.
- Adaptación de la arquitectura para limitar los efectos del desequilibrio térmico.

Estas soluciones conocidas presentan sin embargo ciertos inconvenientes:

- La prohibición de re arranque durante un cierto tiempo penaliza la disponibilidad de la turbomáquina.
- 25 - Los procedimientos específicos necesitan una intervención de un operario, por ejemplo del piloto en el caso de una turbomáquina de aeronave.
- La apertura de las holguras estátor / rotor se hace en detrimento de las prestaciones de la turbomáquina.
- La adaptación de la arquitectura se hace en detrimento de la masa de la turbomáquina.

30 Por ejemplo, el documento FR 2 185 753 describe la inyección de aire comprimido en la vena, por un canal previsto a tal efecto. Este documento menciona igualmente otras soluciones, especialmente la puesta en rotación de la turbomáquina por un girador, antes de su re arranque. Esta última solución implica la intervención de un operario antes del re arranque. Véase también el documento EP 2 339 145 A2.

Existe por tanto una necesidad de una solución más eficaz para el re arranque de una turbomáquina susceptible de ser afectada por un desequilibrio térmico.

### Objeto y resumen de la invención

35 La invención propone responder a esta necesidad proponiendo un procedimiento de arranque o de re arranque de una turbomáquina, puesto en práctica por una unidad electrónica, comprendiendo la turbomáquina un motor de turbina de gas que incluye al menos un rotor y un arrancador apto para arrastrar el rotor en rotación, comprendiendo el procedimiento de arranque:

- 40 - una etapa de recepción de una orden de arranque de la turbomáquina y, en respuesta a la recepción de la orden de arranque:
- una etapa de aceleración primaria en la cual se manda el arrancador para aumentar la velocidad de rotación del rotor,
- una etapa de homogeneización térmica en la cual se manda el arrancador para mantener constante o disminuir la velocidad de rotación del rotor, hasta la verificación de una condición predeterminada,
- 45 - después de la verificación de la condición predeterminada, una etapa de aceleración secundaria en la cual se manda el arrancador para aumentar la velocidad de rotación del rotor, y

- una etapa de encendido en la cual se manda el encendido del motor.

Como la velocidad de rotación no aumenta después de la etapa de aceleración primaria, el desequilibrio térmico no produce vibraciones inaceptables durante la etapa de aceleración primaria y la etapa de homogeneización térmica. Además, durante la etapa de homogeneización térmica, los intercambios convectivos forzados en el motor homogeneizan las temperaturas y por tanto reducen el desequilibrio térmico. Así, cuando la velocidad de rotación aumenta de nuevo durante la fase de aceleración secundaria, el desequilibrio térmico se ha reducido y no genera vibraciones inaceptables.

5

Además, las etapas de aceleración primaria, de homogeneización térmica y de aceleración secundaria son efectuadas por la unidad electrónica automáticamente, en respuesta a la recepción de la orden de arranque. Dicho de otro modo, las etapas del procedimiento de arranque que permiten reducir el desequilibrio térmico están integradas en el proceso de arranque del motor, gestionado por la unidad electrónica. Aparte de dar la orden de arranque, no hay que efectuar por tanto ninguna otra operación por un operario.

10

En un modo de realización, la etapa de aceleración primaria es efectuada hasta alcanzar una velocidad de rotación predeterminada.

15 La velocidad de rotación predeterminada puede ser inferior a una primera velocidad de rotación crítica de la turbomáquina.

En razón de la reducción del desequilibrio térmico durante la etapa de homogeneización térmica, la velocidad de rotación puede rebasar después la velocidad de rotación predeterminada durante la etapa de aceleración secundaria.

20 En un modo de realización, la condición predeterminada es el transcurso de una duración predeterminada desde el comienzo de la etapa de homogeneización térmica.

Esta duración predeterminada está comprendida por ejemplo entre 5 segundos y 60 segundos.

En otro modo de realización, la etapa de aceleración primaria es efectuada hasta detectar un nivel de vibración superior o igual a un primer nivel predeterminado, siendo la citada condición predeterminada la detección de un nivel de vibración inferior o igual a un segundo nivel predeterminado inferior al primer nivel predeterminado.

25

Durante la etapa de homogeneización térmica, se puede mandar el arrancador para mantener constante la velocidad de rotación del rotor.

En una variante, durante la etapa de homogeneización térmica, se manda el arrancador para dejar de arrastrar el rotor en rotación.

30 De manera correspondiente, la invención propone igualmente:

- Un programa de ordenador que comprende instrucciones para la puesta en práctica de un procedimiento de arranque de acuerdo con la invención cuando este programa de ordenador es ejecutado por un ordenador.
- Una unidad electrónica que comprende una memoria en la cual está memorizado un programa de ordenador de acuerdo con la invención.

35 - Una turbomáquina que comprende una unidad electrónica de acuerdo con la invención, un motor de turbina de gas que incluye al menos un rotor y un arrancador apto para arrastrar el rotor en rotación.

### Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención se deducirán de la descripción hecha a continuación, refiriéndose a los dibujos anejos que ilustran ejemplos de realización de la misma desprovistos de cualquier carácter limitativo. En las figuras:

40

- la figura 1 es una representación esquemática de una turbomáquina de acuerdo con un modo de realización de la invención,

- las figuras 2 a 5 son gráficos que representan la evolución de la velocidad de rotación de la turbomáquina de la figura 1 durante su arranque, en función del tiempo, según varias variantes de realización de la invención, y

45 - la figura 6 es un diagrama que representa las principales etapas de un procedimiento de arranque de acuerdo con un modo de realización de la invención.

### Descripción detallada de la invención

La figura 1 representa una turbomáquina 1 que comprende una unidad electrónica 2, un motor 3 y un arrancador 4. En una realización de la invención, la turbomáquina 1 es un turbomotor de helicóptero. Este tipo de turbomotor es

conocido por el especialista en la materia y por tanto no será descrito en detalle. La invención es sin embargo aplicable a otros tipos de turbomáquinas para aeronaves, especialmente a un turborreactor, un turborreactor de doble cuerpo y doble flujo, un turbopropulsor ... o turbomáquinas industriales...

5 El motor 3 es un motor de turbinas de gas que comprende al menos un rotor. En lo que sigue, se indica por N la velocidad de rotación del rotor. En el caso antes citado de un turborreactor de doble cuerpo, doble flujo, el motor 3 comprende dos rotores y N designa la velocidad de rotación de uno de los dos rotores.

El arrancador 4 es por ejemplo un motor eléctrico acoplado al motor 3 y que puede arrastrar el rotor del motor 3 en rotación. El arrancador 4 puede igualmente servir de generador eléctrico cuando el mismo es arrastrado en rotación por el motor 3.

10 La unidad electrónica 2 manda el funcionamiento general de la turbomáquina 1, especialmente poniendo en práctica un bucle de regulación principal para controlar el régimen o el empuje de la turbomáquina 1. La unidad electrónica 2 es conocida típicamente por el especialista en la materia con el nombre de FADEC (de « Full Authority Digital Engine Control ») o de EEC (de « Electronic Engine Controller »).

15 La unidad electrónica 2 presenta la arquitectura material de un ordenador y comprende especialmente un procesador 5, una memoria no volátil 6, una memoria volátil 7 y una interfaz 8. El procesador 5 permite ejecutar programas de ordenador memorizados en la memoria no volátil 6, utilizando la memoria volátil 7 como espacio de trabajo. La interfaz 8 permite adquirir señales representativas del funcionamiento de la turbomáquina 1 y enviar señales de mando.

20 Así, la unidad electrónica 2 puede especialmente adquirir una señal representativa de la velocidad de rotación N del rotor, una señal representativa de un nivel de vibraciones S en el motor 3, facilitada por un sensor de vibración (por ejemplo un acelerómetro), y una señal representativa de una orden de arranque DEM, facilitada por ejemplo por un órgano de mando manipulable por un operario (el piloto en el caso de un turbomotor de aeronave). La unidad electrónica 2 puede igualmente mandar, entre otros, el arrancador 4 y el encendido del motor 3.

25 Refiriéndose a la figura 2, se describe ahora un primer ejemplo de procedimiento de arranque de la turbomáquina 1. La figura 2 es un gráfico que representa la evolución de la velocidad de rotación N en función del tiempo t.

En el instante  $t_0$ , la unidad electrónica 2 recibe una orden arranque de la turbomáquina 1. La unidad electrónica 2 manda entonces el arrancador 4 de manera que arrastre el rotor y que aumente progresivamente su velocidad de rotación N hasta alcanzar, en el instante  $t_1$ , una velocidad de rotación  $N_1$  predeterminada. La velocidad de rotación  $N_1$  es inferior a la primera velocidad de rotación crítica  $N_c$  del rotor.

30 A continuación, la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que deje de arrastrar el rotor durante una duración  $\Delta t$  predeterminada. La duración  $\Delta t$  predeterminada está comprendida por ejemplo entre 5 segundos y 60 segundos. En razón de la potencia aerodinámica disipada, la velocidad de rotación N disminuye. Durante esta duración predeterminada, los intercambios convectivos forzados en el motor 3 homogeneizan las temperaturas y por tanto reducen el desequilibrio térmico.

35 Después del transcurso de la duración  $\Delta t$  predeterminada, en el instante  $t_2$ , la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que arrastre el rotor y que aumente progresivamente su velocidad de rotación N hasta sobrepasar las velocidades de rotación  $N_1$  y  $N_c$  y alcanzar, en el instante  $t_3$ , una velocidad de rotación  $N_a$  predeterminada.

A continuación, en el instante  $t_3$ , la unidad electrónica 2 manda el encendido del motor 3.

40 Entre el instante  $t_0$  y el instante  $t_2$ , la velocidad de rotación N es siempre inferior o igual a la velocidad de rotación  $N_1$ , a su vez inferior a la velocidad de rotación  $N_c$ . Así, el desequilibrio térmico no produce vibraciones inaceptables. Además, entre los instantes  $t_1$  y  $t_2$ , los intercambios convectivos forzados en el motor 3 homogeneizan las temperaturas y por tanto reducen el desequilibrio térmico. Así, cuando la velocidad de rotación N aumenta a partir del instante  $t_2$ , el desequilibrio térmico es reducido y no genera vibraciones inaceptables.

45 La figura 3 es similar a la figura 2 e ilustra un segundo ejemplo de procedimiento de arranque de la turbomáquina 1. Este segundo ejemplo es similar al primer ejemplo de la figura 2. Se distingue del mismo por el hecho de que, después del instante  $t_1$ , la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que deje de arrastrar el rotor hasta detectar, en el instante  $t_2$ , que la velocidad de rotación N es inferior o igual a una velocidad de rotación  $N_1'$  predeterminada. La velocidad  $N_1'$  es inferior a la velocidad  $N_1$ . Dicho de otro modo, el instante  $t_2$  es determinado sobre la base de un umbral de velocidad y no del transcurso de una duración predeterminada.

50 La figura 4 es similar a la figura 2 e ilustra un tercer ejemplo de procedimiento de arranque de la turbomáquina 1. Este tercer ejemplo es similar al primer ejemplo de la figura 2. Se distingue del mismo por el hecho de que, durante una duración  $\Delta t$  predeterminada, es decir entre los instantes  $t_1$  y  $t_2$ , la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que mantenga la velocidad de rotación N constante e igual a  $N_1$ .

Como en el caso de las figuras 2 y 3, la velocidad de rotación  $N$  es limitada antes del instante  $t_2$  y el desequilibrio térmico es reducido después del instante  $t_2$  en razón de los intercambios convectivos forzados en el motor 3. Se evitan así vibraciones inaceptables.

5 La figura 5 es similar a la figura 2 y representa la evolución de la velocidad de rotación  $N$  en función del tiempo  $t$  en un cuarto ejemplo de procedimiento de arranque de la turbomáquina 1.

En el instante  $t_0$ , la unidad electrónica 2 recibe una orden de arranque de la turbomáquina 1. La unidad electrónica 2 manda por tanto el arrancador 4 de manera que arrastre el rotor y que aumente progresivamente su velocidad de rotación  $N$  hasta detectar, en el instante  $t_1$ , un nivel de vibración  $S$  superior o igual a un umbral predeterminado  $S_1$ . La velocidad de rotación  $N$  en el instante  $t_1$  es indicada por  $N_1'$ . Una elección apropiada del umbral  $S_1$  permite asegurar que  $N_1'$  es inferior a la primera velocidad de rotación crítica  $N_c$  del rotor.

10

A continuación, la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que mantenga la velocidad de rotación  $N$  constante e igual a  $N_1'$ , hasta detectar, en un instante  $t_2$ , que el nivel de vibración  $S$  es inferior o igual a un umbral predeterminado  $S_2$ . El umbral  $S_2$  es inferior al umbral  $S_1$ .

A continuación, la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que arrastre el rotor y que aumente progresivamente su velocidad de rotación  $N$  hasta sobrepasar las velocidades de rotación  $N_1'$  y  $N_c$  y que, en el instante  $t_3$ , alcance una velocidad de rotación  $N_a$  predeterminada.

15

En el instante  $t_3$ , la unidad electrónica 2 manda entonces el encendido del motor 3.

El procedimiento de arranque de la figura 4 es iterativo. Dicho de otro modo, si después del instante  $t_2$  se alcanza de nuevo el umbral  $S_1$ , la unidad electrónica 2 manda de nuevo el arrancador 4 de manera que mantenga la velocidad de rotación  $N$  constante e igual a  $N_1'$ , hasta detectar que el nivel de vibración  $S$  sea inferior o igual al umbral  $S_2$ .

20

Como en el caso de las figuras 2 a 4, la velocidad de rotación  $N$  está limitada antes del instante  $t_2$  y el desequilibrio térmico es reducido después del instante  $t_2$  en razón de los intercambios convectivos forzados en el motor 3. Se evitan así vibraciones inaceptables.

El desarrollo del procedimiento de arranque ilustrado en las figuras 2 a 5 puede corresponder a la ejecución, por el procesador 5, de un programa de ordenador P1 memorizado en la memoria no volátil 6. La figura 6 representa las principales etapas de este procedimiento de arranque, puesto en práctica por la unidad electrónica 2 durante la ejecución del programa de ordenador P1.

25

El procedimiento de arranque empieza en la etapa E1 en el transcurso de la cual la unidad electrónica 2 recibe una orden de arranque. La etapa E1 corresponde al instante  $t_0$  de las figuras 2 a 4. Las etapas E2 a E6 que siguen son efectuadas en respuesta a la recepción de la orden de arranque.

30

En la etapa E2, la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que arrastre el rotor y que aumente progresivamente su velocidad de rotación  $N$ . En la etapa E3, la unidad electrónica 2 prueba una condición de transición hacia la etapa E4. En el caso de las figuras 2 a 4, la condición de transición es  $N \geq N_1$ . En el caso de la figura 5, la condición es  $S \geq S_1$ . En otra variante (no representada), la condición es el transcurso de una duración predeterminada. El procedimiento de arranque pasa de nuevo a la etapa E2 en tanto que la condición de transición no sea verificada.

35

Las etapas E2 y E3 corresponden a una etapa de aceleración primaria de un procedimiento de arranque de acuerdo con la invención.

Cuando la condición de transición de la etapa E3 es verificada, lo que corresponde al instante  $t_1$  de las figuras 2 a 5, el procedimiento de arranque continúa en la etapa E4. En el transcurso de la etapa E4, la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que deje de arrastrar el rotor (caso de las figuras 2 y 3) o que mantenga la velocidad de rotación  $N$  constante (caso de las figuras 4 y 5).

40

En la etapa E5, la unidad electrónica 2 prueba una condición predeterminada. En el caso de las figuras 2 y 4, la condición predeterminada es el transcurso de la duración  $\Delta t$  predeterminada desde el final de la etapa E3. En el caso de la figura 3, la condición predeterminada es  $N \leq N_1'$ . En el caso de la figura 5, la condición predeterminada es  $S \leq S_2$ . El procedimiento de arranque pasa de nuevo a la etapa E4 en tanto que la condición predeterminada no sea verificada.

45

Las etapas E4 y E5 corresponden a una etapa de homogeneización térmica de un procedimiento de arranque de acuerdo con la invención.

Cuando la condición predeterminada de la etapa E5 es verificada, lo que corresponde a instante  $t_2$  de las figuras 2 a 4, el procedimiento de arranque continúa en la etapa E6. En el transcurso de la etapa E6, la unidad electrónica 2 manda el arrancador 4 de manera que arrastre el rotor y que aumente progresivamente su velocidad de rotación  $N$  hasta sobrepasar las velocidades de rotación  $N_1$  (o  $N_1'$ ) y  $N_c$  y alcanzar en el instante  $t_3$ , la velocidad de rotación  $N_a$ .

50

predeterminada. La unidad electrónica 2 manda entonces el encendido del motor 3, lo que implica la inyección de carburante y el encendido de la cámara de combustión de la turbomáquina.

La etapa E6 corresponde a una etapa de aceleración secundaria y a una etapa de encendido de un procedimiento de arranque de acuerdo con la invención.

- 5 Como se explicó anteriormente refiriéndose a las figuras 2 a 5, el procedimiento de arranque descrito permite evitar vibraciones no deseables que pueden ser provocadas por el desequilibrio térmico. No es necesario esperar una duración predeterminada después de la parada de la turbomáquina 1 para rearrancar el motor 3. La solución propuesta no necesita una arquitectura específica del motor 3 ni la apertura de las holguras estátor / rotor.
- 10 Además, las etapas E2 a E6 son efectuadas por la unidad electrónica 2 automáticamente, en respuesta a la recepción de la orden de arranque en la etapa E1. Así pues, aparte de dar la orden de arranque, el piloto no tiene que efectuar ninguna otra operación. En efecto, las etapas E2 a E6 del procedimiento de arranque están integradas en el proceso de arranque del motor 3, gestionado por la unidad electrónica 2 durante la ejecución del programa de ordenador P1.
- 15 En una variante de realización, las etapas E2 a E6 son puestas en práctica de otro modo que por una unidad electrónica que incluya un procesador que ejecute un programa de ordenador. Por ejemplo, la unidad electrónica puede ser un autómata de tipo secuenciador de relé configurado para la puesta en práctica de las etapas E2 a E6 en respuesta a la recepción de una orden arranque.
- 20 En un modo de realización, las etapas E2 a E6 van precedidas de una etapa de prueba del estado térmico de la turbomáquina. En este caso, si el estado térmico de la turbomáquina indica la presencia de un desequilibrio térmico, las etapas E2 a E6 son ejecutadas como se describió anteriormente. Por el contrario, si el estado térmico indica la ausencia de desequilibrio térmico (motor frío), el arranque de la turbomáquina es mandado sin pasar por las etapas E2 a E6.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de arranque o de re arranque de una turbomáquina (1), puesto en práctica por una unidad electrónica (2), comprendiendo la turbomáquina (1) un motor (3) de turbina de gas que incluye al menos un rotor y un arrancador (4) apto para arrastrar el rotor en rotación, caracterizado por que el mismo comprende, en respuesta a la recepción de una orden de arranque:
- una etapa (E2, E3) de aceleración primaria en la cual se manda el arrancador (4) para aumentar la velocidad de rotación (N) del rotor,
  - una etapa (E4, E5) de homogeneización térmica en la cual se manda el arrancador (4) para mantener constante o disminuir la velocidad de rotación (N) del rotor, hasta la verificación de una condición predeterminada, sin mandar el encendido del motor,
  - después de la verificación de la condición predeterminada, una etapa (E6) de aceleración secundaria en la cual se manda el arrancador (4) para aumentar la velocidad de rotación (N) del rotor, y
  - una etapa (E6) de encendido en la cual se manda el encendido del motor (3).
- 15 2. Procedimiento de arranque de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la etapa (E2, E3) de aceleración primaria es efectuada hasta alcanzar una velocidad de rotación predeterminada ( $N_1$ ).
3. Procedimiento de arranque de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual la velocidad de rotación predeterminada ( $N_1$ ) es inferior a una primera velocidad de rotación crítica ( $N_c$ ) de la turbomáquina.
- 20 4. Procedimiento de arranque de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual la citada condición predeterminada es el transcurso de una duración ( $\Delta t$ ) predeterminada desde el comienzo de la etapa (E4, E5) de homogeneización térmica.
5. Procedimiento de arranque de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la etapa (E2, E3) de aceleración primaria es efectuada hasta detectar un nivel de vibración (S) superior o igual a un primer nivel predeterminado ( $S_1$ ), siendo la citada condición predeterminada la detección de un nivel (S) inferior o igual a un segundo nivel predeterminado ( $S_2$ ) inferior al primer nivel predeterminado ( $S_1$ ).
- 25 6. Procedimiento de arranque de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual, durante la etapa (E4, E5) de homogenización térmica, se manda el arrancador (4) para mantener constante a velocidad de rotación (N) del rotor.
7. Procedimiento de arranque de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual, durante la etapa (E4, E5) de homogenización térmica, se manda el arrancador (4) para dejar de arrastrar el rotor en rotación.
- 30 8. Programa de ordenador (P1) que comprende instrucciones para la puesta en práctica de un procedimiento de arranque de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes cuando el citado programa de ordenador (P1) es ejecutado por un ordenador.
9. Unidad electrónica (2) que comprende una memoria (6) en la cual está memorizado un programa de ordenador (P1) de acuerdo con la reivindicación 8.
- 35 10. Turbomáquina (1) que comprende una unidad electrónica (2) de acuerdo con la reivindicación 9, un motor (3) de turbina de gas que incluye al menos un rotor y un arrancador (4) apto para arrastrar el rotor en rotación.

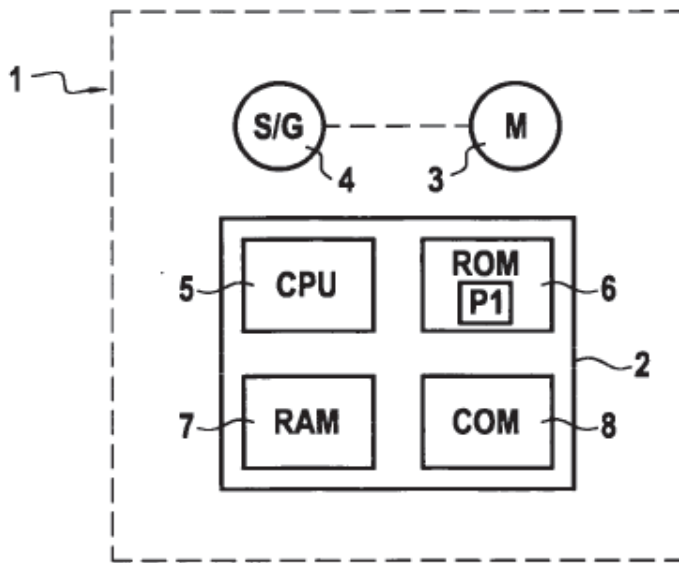


FIG.1

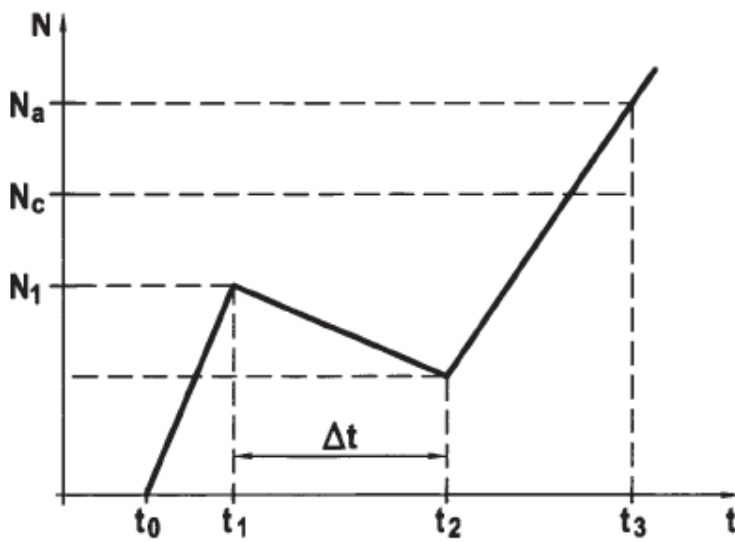


FIG.2

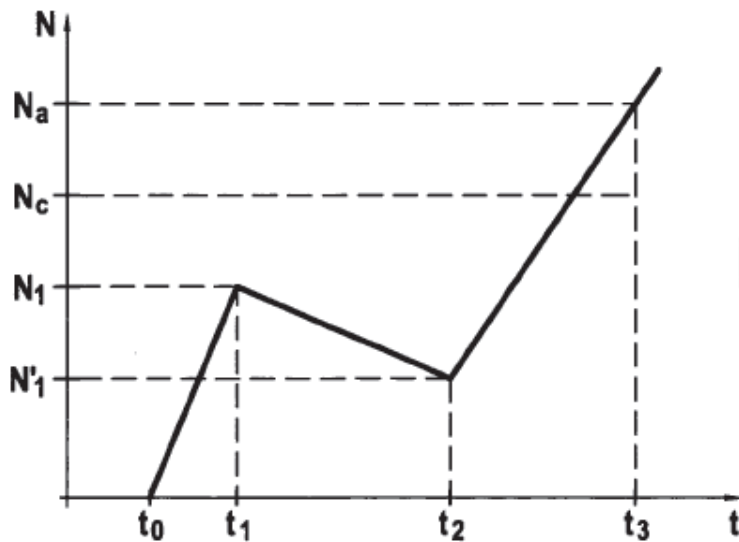


FIG.3



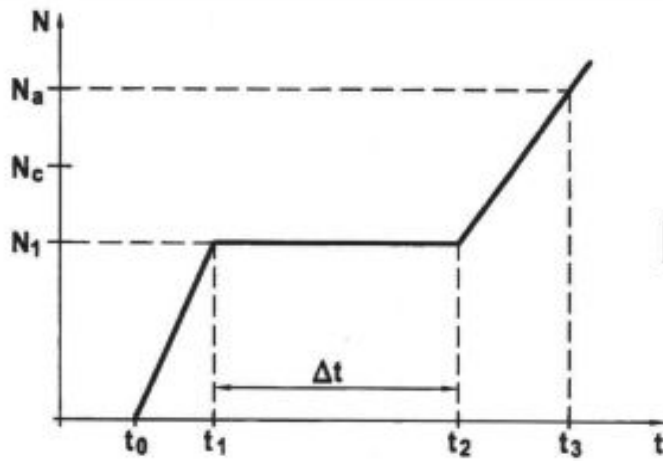


FIG. 4

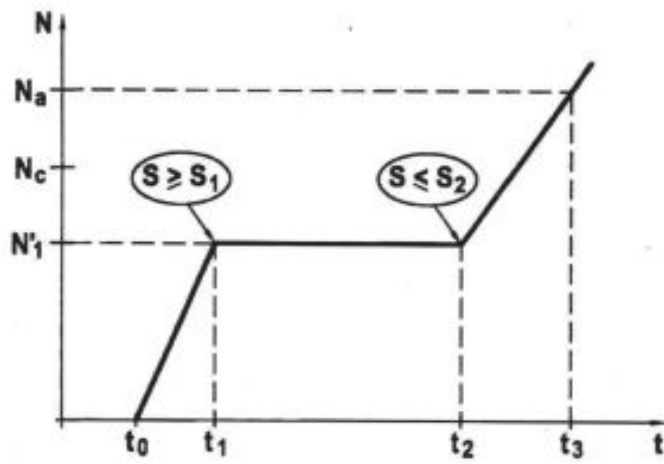


FIG. 5

FIG. 6

