

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 348**

51 Int. Cl.:

F01D 21/00 (2006.01)
F01D 21/02 (2006.01)
F01D 21/04 (2006.01)
F02C 3/10 (2006.01)
B64C 27/12 (2006.01)
G01L 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2011 PCT/FR2011/051558**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2012 WO12001334**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2011 E 11741633 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017 EP 2588718**

54 Título: **Detección de sobrevelocidad de una turbina libre por medición con medidor de par**

30 Prioridad:

02.07.2010 FR 1055350

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FREALLE, JEAN-LUC, CHARLES, GILBERT y
PERBOS, ALAIN, MICHEL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 654 348 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

Detección de sobrevelocidad de una turbina libre por medición con medidor de par

El ámbito de la presente invención es el de las turbomáquinas y de modo más particular el del aseguramiento de las turbinas libres de los turbomotores.

5 Los turbomotores son utilizados habitualmente para la propulsión de las aeronaves y en particular para la propulsión y la sustentación de los helicópteros. Estos motores comprenden un generador de gas constituido entre otros, a lo largo de un árbol motor, por uno o varios compresores, una cámara de combustión anular que rodea al árbol y una o varias turbinas, denominadas turbinas asociadas, que arrastran el o los compresores por intermedio del árbol motor. Los gases a la salida de este generador son enviados a continuación a una rueda de turbina, denominada turbina libre, la cual está asociada a un árbol de potencia, distinto del árbol motor del generador, y que facilita la potencia útil para la propulsión y/o la sustentación. El conjunto de los elementos aguas abajo de la cámara de combustión, cámara y turbina libre comprendidas, son denominados partes calientes, siendo los otros por el contrario considerados como partes frías.

10 Durante el diseño de un turbomotor conviene tener en cuenta el riesgo de una rotura del árbol de la turbina libre, porque en estas condiciones la potencia facilitada por los gases a la turbina no es absorbida por los equipos arrastrados por este árbol y la velocidad de rotación de la turbina libre aumenta de modo extremadamente rápido. Tal sobrevelocidad conduce muy rápidamente a una rotura de los álabes y/o a su separación con el disco de turbina. Estos álabes son proyectados violentamente hacia el exterior debido a la fuerza centrífuga y pueden pasar a través del cárter que rodea a la turbina, provocando daños muy importantes en el motor, e incluso pudiendo poner en peligro a la aeronave y a sus pasajeros.

15 Los diseñadores de motores de aeronaves están obligados por tanto a prevenir las consecuencias de tal sobrevelocidad. Un modo habitual de asegurar la protección requerida es montar alrededor de la turbina un anillo de retención que sea capaz de absorber la energía de los álabes que separaren y asegurar su confinamiento en el interior del motor. Tal dispositivo se traduce evidentemente en una masa importante.

20 Han sido evaluados dispositivos de detección de la sobrevelocidad a partir de uno o varios sensores de la velocidad de rotación de la rueda de turbina y de una unidad de tratamiento de señal, o de cualquier otro sistema lógico programable, que actúa, cuando se activa una sobrevelocidad, sobre la regulación del generador de gas para reducir o cortar el caudal de carburante inyectado. Este dispositivo, aplicado a un motor que no disponga de anillo de retención, debe cubrir la rotura de árbol interno al motor. El inconveniente es que el mismo necesita entonces situar un sensor en la proximidad de la turbina libre, es decir en el interior de un recinto en el que la temperatura es particularmente elevada. No es posible en efecto situar el sensor de velocidad en la extremidad del árbol opuesta a la turbina libre porque el mismo no detectaría una rotura del árbol si la misma se produjera entre la turbina libre y la posición del sensor. Además del hecho de que los problemas de instalación de estos sensores en el interior de los recintos calientes son particularmente complejos, los sensores utilizados son sometidos a condiciones de entorno desfavorables para una función cuya exigencia de calidad es muy elevada. No siendo el entorno de funcionamiento favorable para su fiabilidad y para su duración de vida de servicio, puede plantearse el problema de disponibilidad de la función de seguridad debido a la fiabilidad insuficiente de los sensores.

25 Se conocen dispositivos de detección de una sobrevelocidad por la medición del par que ejerce la turbina de una turbomáquina, como por ejemplo en las solicitudes de patente US 2912822 o US 5363317, o también en la patente FR 2931552 de la solicitante. Estos dispositivos tienen como inconvenientes describir dispositivos mecánicos para una medición de par cuyos tiempos de reacción, aunque no precisados, son relativamente largos debido a la tecnología empleada, o bien dispositivos que utilizan una medición de velocidad. Los mismos no están bien adaptados para la detección de una sobrevelocidad en una turbina libre, la cual se embalaría de modo explosivo en el caso de la rotura del árbol que la misma arrastra, si la detección no tuviera lugar en plazos de tiempo extremadamente cortos.

30 El sistema de detección de una sobrevelocidad de la turbina libre de un motor de helicóptero debe cubrir, esencialmente, 3 tipos de casos:

- el embalamiento del motor facilitando sin control una potencia que excede de la potencia necesaria,
- la rotura, externa al motor, del acoplamiento con la cadena cinemática del helicóptero,
- 50 - la rotura, interna al motor, del acoplamiento entre la turbina libre y el árbol de salida. Por rotura de árbol interno al motor, hay que considerar la rotura entre la turbina libre y el medidor de par, pero también la rotura del árbol del propio medidor de par.

Los dos primeros casos pueden ser tratados generalmente por la vigilancia directa de la velocidad del árbol de salida. En cambio el tercero no puede serlo sin una implantación de medición en parte caliente.

55 La técnica anterior comprende además el documento GB-A-946140.

La presente invención tiene por objetivo remediar estos inconvenientes proponiendo un dispositivo de prevención de la sobrevelocidad de la turbina libre en caso de rotura de su árbol, que no presente algunos de los inconvenientes de la técnica anterior y que permita una reducción muy rápida del caudal de carburante que es inyectado en el generador de gas, en el caso de un incidente de este tipo.

5 A tal efecto, la invención tiene por objeto un turbomotor de acuerdo con las características de la reivindicación 1. Este turbomotor incluye un dispositivo de protección contra la sobrevelocidad de una turbina libre del turbomotor, comprendiendo el citado dispositivo al menos un medio de medición del par soportado por un árbol de salida acoplado mecánicamente a la citada turbina libre y una unidad de tratamiento de señal apta para transmitir una orden de reducción del caudal de carburante inyectado al sistema de regulación del turbomotor en caso de detección de una caída del par por debajo de un valor de consigna, caracterizado por que la medición del par utilizado para la activación de la citada reducción es realizada durante una rotación correspondiente a una fracción de vuelta del citado árbol de salida.

15 La utilización de un dispositivo medidor de par, que facilita señales que permiten obtener simultáneamente la velocidad del árbol y el par transmitido, y que se caracteriza por un tiempo de reacción extremadamente rápido, permite una detección casi instantánea de la rotura del árbol interno de turbina y por tanto poder intervenir, por la regulación, antes de que la turbina libre alcance una velocidad de rotación prohibitiva. Se puede observar, en esta ocasión, que el medidor de par permite igualmente realizar la medición de velocidad del árbol.

Ventajosamente, el medio de medición es un medidor de par de ruedas fónicas, siendo definida la fracción de vuelta por el sector comprendido entre dos dientes consecutivos de la citada rueda fónica.

20 En un primer modo de realización la citada medición del par es actualizada en cada nueva fracción de vuelta. Se obtiene así una información dinámica de par extremadamente rápida, la cual es adecuada para la detección de una sobrevelocidad a partir de un régimen elevado.

Ventajosamente, la reducción de caudal solo se activa si el valor de par cae por debajo de un primer valor de consigna en un primer intervalo de tiempo predefinido.

25 De modo todavía más ventajoso el primer intervalo de tiempo es inferior o igual a 5 ms.

Preferentemente la citada unidad de tratamiento solo activa la citada reducción de caudal en este primer modo de realización si la potencia medida es superior o igual a sensiblemente el 50% de la potencia máxima al despegue.

30 Ventajosamente el medio de medición del par comprende dos medidores de par de ruedas fónicas y de dientes no entrelazados y la citada unidad de tratamiento activa además una reducción de caudal en caso de detección de una diferencia de velocidad entre las dos ruedas fónicas.

La invención se comprenderá mejor, y otros objetivos, detalles, características y ventajas de la misma se pondrán de manifiesto de modo más claro en el transcurso de la descripción explicativa detallada que sigue, de un modo de realización de la invención dado a título de ejemplo puramente ilustrativo y no limitativo, en referencia a los dibujos esquemáticos anejos.

35 En estos dibujos:

- la figura 1 es una vista esquemática en corte de un turbomotor de turbina libre, con reductor, equipado con un medidor de par de acuerdo con la invención;

- la figura 2 es una vista esquemática en corte de un turbomotor de turbina libre, sin reductor, equipado con un medidor de par de acuerdo con la invención

40 - la figura 3 es una vista esquemática que da la evolución en función del tiempo del par medido en el árbol de salida de potencia del turbomotor, por un primer método de medición de acuerdo con la invención, durante la rotura del árbol de la turbina libre, estando el turbomotor a potencia elevada;

45 - la figura 4 es una vista esquemática que da la evolución en función del tiempo del par medido en el árbol de salida de potencia del turbomotor, por un segundo método de medición de acuerdo con la invención, durante la rotura del árbol de la turbina libre, funcionando el turbomotor a una potencia intermedia.

Refiriéndose a la figura 1, se ve un turbomotor que comprende clásicamente un compresor 1, una cámara de combustión 3, a partir de la cual son eyectados los gases en una turbina asociada 4. La turbina asociada está unida rígidamente al compresor por un árbol 7, denominado árbol motor. A la salida de la turbina asociada, los gases son enviados a una turbina libre 6, en la cual está montado un árbol de potencia 8 que vuelve aguas arriba del turbomotor pasando a través del árbol motor 7.

En el ejemplo presentado en la figura 1 el árbol de potencia 8 penetra en una caja de engranajes en la que el mismo arrastra varios accesorios por intermedio de árboles de arrastre específicos y, en el caso representado de un

helicóptero, a través de un módulo reductor 10 integrado en el motor, del que parte un árbol de arrastre de la cadena cinemática del helicóptero, denominado árbol de salida 11.

Sobre este árbol de salida 11 está montado un medidor de par 12, representado de modo esquemático en la figura 1, el cual mide permanentemente el valor del par transmitido por la turbina libre 6 a este árbol de salida 11. El mismo está asociado a una unidad de tratamiento de señal montada en el interior de una caja de cálculo (no representada) y destinada a dar la alerta a partir del par medido, en caso de rotura del árbol de potencia 8. Este medidor de par puede ser un medidor de par clásico de galgas de tensión o preferentemente un medidor de par que funciona a partir de la medición del desfase existente entre dos ruedas fónicas que están colocadas a una y otra parte de una parte flexible en torsión del árbol de salida 11. Un medidor de par de este tipo puede ser un medidor de par denominado de dientes entrelazados, con una sola rueda fónica, o bien de dientes no entrelazados, con dos ruedas fónicas situadas en las dos extremidades de una parte del árbol susceptible de deformarse en torsión (denominado árbol medidor de par). Como está representado, el medidor de par 12 es de dientes entrelazados y está situado en el árbol de salida 11 a nivel del piñón, denominado de salida, por el cual el árbol de potencia 8 arrastra el árbol de salida 11.

La figura 2 representa una configuración análoga a la de la figura 1, en la cual la invención es aplicada a un motor sin reductor, con el medidor de par montado directamente sobre el árbol de potencia 8. Los elementos idénticos a los de la figura 1 tienen asignadas las mismas referencias y no se describen de nuevo.

En las figuras 3 y 4 están representadas en trazo continuo, las evoluciones, en función del tiempo, del par medido por el medidor de par 12, durante la rotura del árbol de potencia 8. En la figura 3 el generador de gas está, antes de la rotura, en un punto de potencia elevado, próximo a la potencia máxima en el despegue (PMD). En la figura 4 el generador de gas está, antes de la rotura, a una potencia intermedia, comprendida entre el 25% y el 50% de la potencia máxima PMD. Las figuras muestran igualmente una curva en línea de puntos que da los valores de par, disponibles en el calculador de regulación del turbomotor. Estos valores son utilizados para la indicación sobre el funcionamiento del motor facilitada al piloto y para la regulación del turbomotor y no son utilizables para la detección de una rotura de árbol; la búsqueda de precisión conduce en efecto a una dinámica de medición más lenta, a causa del tiempo de integración y de filtrado. Se ve que estos valores no decrecen de modo suficientemente rápido para poder servir de detector de una rotura del árbol de potencia 8.

En la figura 3 la curva de trazo continuo representa el recuento de las mediciones de desfase realizados sobre el paso de tres dientes consecutivos sobre las dos ruedas fónicas, lo que corresponde en este ejemplo, con ruedas fónicas que comprenden cada una 4 dientes, a una rotación de un cuarto de vuelta del árbol. Se observará que la medición sobre tres dientes consecutivos es la más rápida que se puede hacer. La fracción de vuelta sobre la cual se efectúa la medición es definida aquí por el sector angular existente entre dos dientes consecutivos de una de las dos ruedas fónicas. En la figura 4 la curva en trazo continuo representa esta vez el recuento de las mediciones efectuadas en medición deslizante en una vuelta completa del árbol, siendo actualizada la medición en cada cuarto de vuelta.

En el ejemplo de la figura 3, se constata que el par medido disminuye muy bruscamente y que su valor, medido en un cuarto de vuelta, alcanza un valor mínimo tras un tiempo de aproximadamente 5 ms. El valor medido fluctúa después en torno a este valor mínimo, con oscilaciones de relajación correspondientes a la respuesta en torsión de la línea de árbol que permanece solidaria del medidor de par 12. Este valor de 5 ms es suficientemente pequeño para poder ser compatible con las exigencias de tiempo de respuesta para un dispositivo de puesta en seguridad del motor tras una rotura del árbol de potencia 8. La información es enviada entonces a través de la unidad de tratamiento específica, al sistema de regulación del turbomotor para hacerle reducir bruscamente la cantidad de carburante inyectado. La reducción casi inmediata de la potencia transmitida a la turbina libre la impide partir a una sobrevelocidad pronunciada. Permaneciendo limitada la velocidad de rotación máxima alcanzada, la resistencia mecánica de los álabes puede ser garantizada por un simple dimensionado apropiado de sus fijaciones, o en su defecto, requerir solo un anillo de retención de un peso limitado.

En la figura 4 se constata que el tiempo que tarda la medición de par en alcanzar su valor mínimo es de aproximadamente 10 ms. Se constata igualmente que el nivel de las oscilaciones después de alcanzar el primer nivel mínimo es de una amplitud relativa netamente inferior a las observadas en la figura 3. La relación entre la amplitud de las oscilaciones medidas y el valor en el que se reduce el par para alcanzar su primer valor mínimo tras la rotura del árbol es, en este último caso, netamente reducido con respecto al caso precedente. El tiempo de detección es entonces más largo, pero éste es perfectamente aceptable porque se aplica para potencias intermedias.

A la luz de estas constataciones, la invención define reglas para la detección de una rotura de árbol, distinguiendo el caso del funcionamiento del turbomotor a una potencia elevada (tomada a priori como superior al 50% de la PMD, sin que este valor sea imperativo) y el de un funcionamiento a un valor intermedio (entre el 25% y el 50% de la PMD).

En el primer caso el dispositivo encargado de asegurar la detección de rotura vigila la evolución del par con una medición en la fracción de vuelta mínima que permita la extracción de una medición. La rotura es declarada, cuando

estando el turbomotor regulado siempre para esta potencia elevada, el par medido pasa por debajo de un umbral predefinido en una ventana de tiempo dada. Este umbral de detección es fijado, con márgenes adaptados, a un valor suficientemente alejado del valor de partida para asegurar una detección fiable y un valor suficientemente próximo para evitar las perturbaciones relacionadas con las oscilaciones de relajación.

- 5 En el caso de un funcionamiento en régimen intermedio el rebote sobre el valor del par, que se observa tras el primer valor mínimo alcanzado, conduciría a un desvío demasiado pequeño para que se pueda definir un umbral de detección fiable si se conservara la misma regla y el mismo método de medición del par. La invención retiene entonces, para los casos de funcionamiento en regímenes intermedios, un valor del par calculado sobre la base de la media de los valores medidos, por medición deslizante en un cuarto de vuelta, permitiendo el valor medido que es actualizado en cada nueva fracción de vuelta obtener una nueva información de desfase. Siendo el rebote en este caso más pequeño que precedentemente es posible definir, como en el caso precedente, un umbral de detección que garantice la realidad de una rotura, sin falsa alarma.

- 10 La consecuencia de la utilización de este método, en lugar del método utilizado para potencias elevadas, es que el valor umbral es alcanzado más tarde que en el caso precedente (10 ms en lugar de 5 ms). Pero siendo en este caso la potencia puesta en juego más pequeña, la aceleración angular de la turbina libre después de la rotura se reduce en la misma medida. La sobrevelocidad que resulta es entonces suficientemente limitada para que la resistencia mecánica de la turbina continúe garantizada a pesar de este ligero retardo en la detección de la rotura.

- 15 Es posible igualmente establecer una vigilancia para los regímenes pequeños (inferiores al 25% de la PMD) estableciendo, por ejemplo, una ley teórica, a priori sensiblemente lineal, que dé el par mínimo aplicado sobre el árbol de salida 11, en funcionamiento normal, en función de la velocidad de rotación del generador de gas, y después a partir de esta curva definir una curva desplazada hacia abajo un desvío aceptable a fin de constituir un umbral de detección de una rotura. Si el par medido pasa por debajo de este umbral es que se ha producido una rotura y que conviene enviar al calculador de la regulación del generador de gas una señal de alerta para que el mismo reduzca la cantidad de carburante inyectado.

- 20 Tal método se traduce inevitablemente en la introducción en el programa de cálculo de la activación de una alerta, de plazos de tiempo superiores a los observados con los métodos descritos para potencias elevadas e intermedias. Pero, aquí también, siendo la potencia de partida pequeña la sobrevelocidad que alcanzará la turbina libre será muy limitada y se mantendrá compatible con medidas tomadas por otra parte para garantizar su resistencia mecánica.

- 25 Es posible, a título de variante, reemplazar los umbrales en nivel de par anteriormente descritos por umbrales en gradientes de disminución de par a partir del valor antes de la rotura.

- 30 En un modo de realización particular de la invención, el medidor de par 12 retenido es un medidor de par de dos ruedas fónicas y de dientes no entrelazados, siendo cada rueda solidaria de la extremidad del árbol medidor de par. En esta variante la detección de rotura del propio árbol medidor de par está asegurada por la detección de una diferencia de velocidad entre las dos ruedas fónicas.

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Turbomotor que comprende un generador de gas que comprende al menos un compresor (1), una cámara de combustión (3), al menos una turbina asociada (4) y un sistema de regulación del carburante inyectado en la citada cámara de combustión, comprendiendo el turbomotor además una turbina libre, siendo enviados los gases procedentes del citado generador a la citada turbina libre (6), y un dispositivo de protección contra la sobrevelocidad de la citada turbina libre (6), comprendiendo el citado dispositivo al menos un medio de medición del par (12) soportado por un árbol de salida (8, 11) acoplado mecánicamente a la citada turbina libre y una unidad de tratamiento de señal configurada para transmitir una orden de reducción del caudal de carburante inyectado al sistema de regulación del turbomotor, caracterizado por que la unidad de tratamiento de señal está configurada para transmitir una orden de reducción de caudal de carburante en caso de detección de una caída del par por debajo de un primer valor de consigna, estando configurado el citado medio de medición para realizar la medición del par utilizado para la activación de la citada reducción durante una rotación correspondiente a una fracción de vuelta del citado árbol de salida (8, 11).
- 10 2. Turbomotor de acuerdo con la reivindicación 1 en el cual el medio de medición es un medidor de par de ruedas fónicas (12), siendo definida la fracción de vuelta por el sector comprendido entre dos dientes consecutivos de una de las citadas ruedas fónicas.
- 15 3. Turbomotor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2 en el cual la citada medición del par es actualizada cada nueva fracción de vuelta.
- 20 4. Turbomotor de acuerdo con la reivindicación 3 en el cual la reducción de caudal se activa solo si el valor de par cae por debajo de un primer valor de consigna en un primer intervalo de tiempo predefinido.
5. Turbomotor de acuerdo con la reivindicación 4 en el cual el primer intervalo de tiempo es inferior o igual a 5 ms.
6. Turbomotor de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 5 en el cual la citada unidad de tratamiento activa la citada reducción de caudal solo si la potencia medida es superior o igual sensiblemente al 50% de la potencia máxima en el despegue.
- 25 7. Turbomotor de acuerdo con la reivindicación 1 en el cual el medio de medición del par comprende un medidor de par (12) de ruedas fónicas y dientes no entrelazados y en el cual la citada unidad de tratamiento activa además una reducción de caudal en caso de detección de una diferencia de velocidad entre las dos ruedas fónicas.

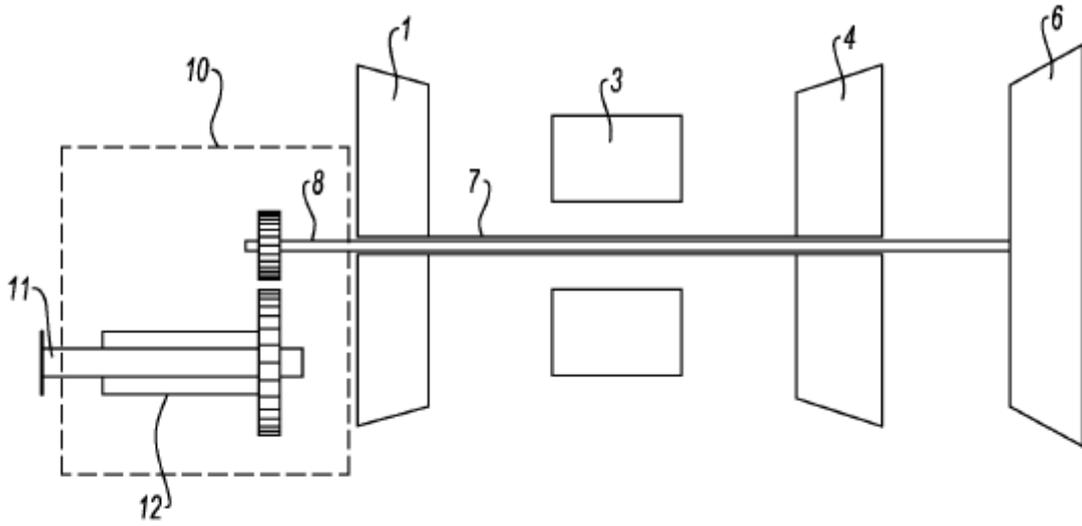


Fig. 1

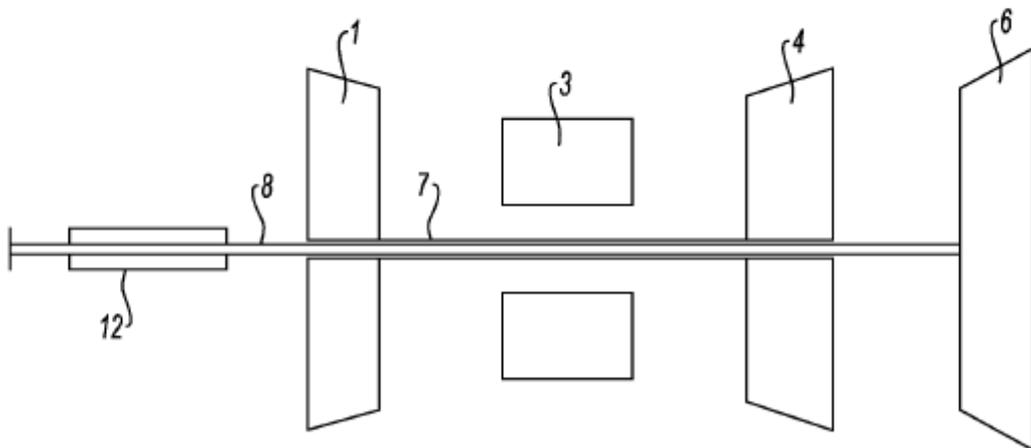


Fig. 2

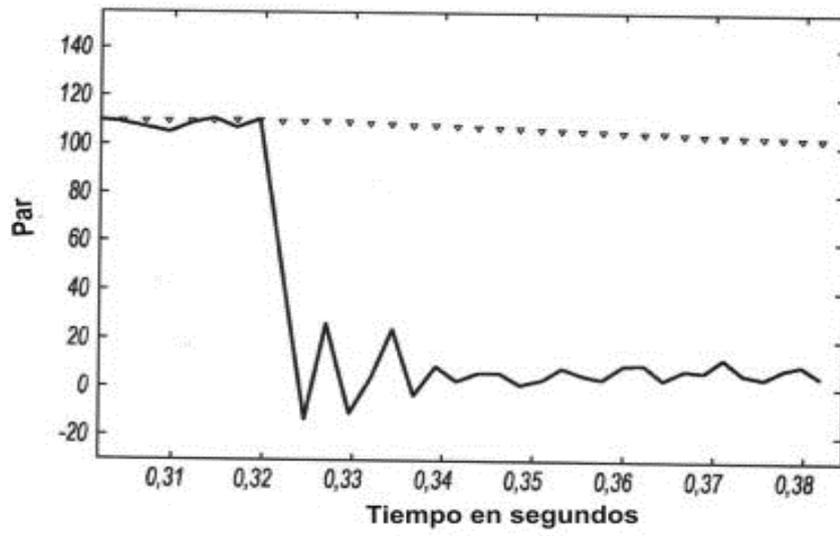


Fig. 3

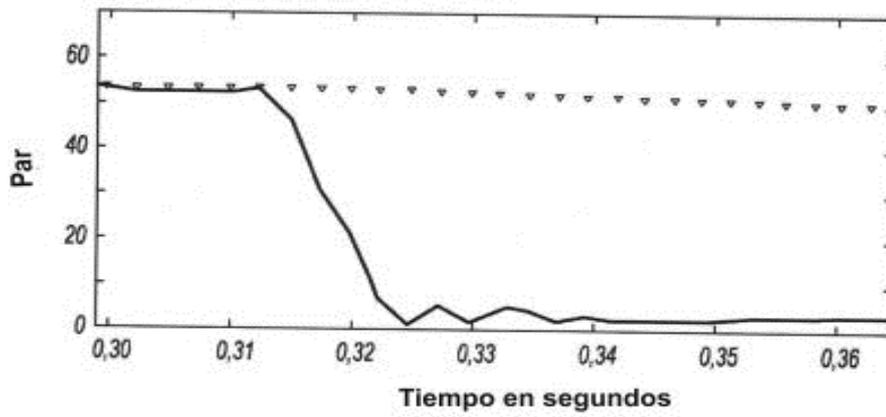


Fig. 4