

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 945**

51 Int. Cl.:

**F01D 15/10** (2006.01)

**F02C 3/10** (2006.01)

**F02C 7/275** (2006.01)

**F02C 7/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2009 E 09725475 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2013 EP 2281109**

54 Título: **Turbomotor que incluye una máquina eléctrica reversible**

30 Prioridad:

**25.03.2008 FR 0851890**

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

**25.04.2013**

73 Titular/es:

**TURBOMECA (100.0%)**

**BP 2**

**64510 Bordes, FR**

72 Inventor/es:

**BEDRINE, OLIVIER;**

**FOS, MONIQUE;**

**FREALLE, JEAN-LUC y**

**SENGER, GÉRALD**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 401 945 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).

**DESCRIPCION**

Turbomotor que incluye una máquina eléctrica reversible

5 El presente invento se refiere al campo de las turbinas de gas y sobre todo al de los turbomotores y turbopropulsores, para máquinas voladoras tales como helicópteros, aviones y otra probable aplicación de estos tipos de motores.

10 El presente invento se refiere más particularmente a un turbomotor, para un helicóptero sobre todo, que incluye un generador de gas y una turbina libre accionada en rotación por el flujo de gas generado por el generador de gas, incluyendo el turbomotor además una máquina eléctrica reversible destinada a ser acoplada al generador de gas, siendo apta la citada máquina eléctrica reversible para poner en rotación el generador de gas durante una fase de arranque del turbomotor.

Tradicionalmente, el generador de gas incluye al menos un compresor y una turbina acoplados en rotación. El principio de funcionamiento es el siguiente: el aire fresco que entra en el turbomotor es comprimido debido a la rotación del compresor antes de ser enviado hacia una cámara de combustión en la que se mezcla con un carburante. Los gases quemados debido a la combustión son evacuados a continuación a gran velocidad.

15 Se produce entonces una primera expansión en la turbina del generador de gas, durante la cual este último extrae la energía necesaria para el accionamiento del compresor.

La turbina del generador de gas no absorbe toda la energía cinética de los gases quemados y el excedente de energía cinética corresponde al flujo de gas generado por el generador de gas.

20 Este último suministra pues la energía cinética a la turbina libre de tal manera que se produce una segunda expansión en la turbina libre que transforma esta energía cinética en energía mecánica con el fin de accionar un órgano receptor, tal como el rotor del helicóptero.

25 Durante la fase de arranque del turbomotor, es necesario accionar en rotación el generador de gas, es decir accionar en rotación el compresor acoplado a la turbina. Como se ha mencionado en el preámbulo, esta es precisamente una de las funciones de la máquina eléctrica reversible, conocida por otra parte (véase el documento US 2005/0056021), que lo más frecuentemente es un motor eléctrico apto para funcionar de manera reversible como generador eléctrico.

El accionamiento en rotación del compresor por la máquina eléctrica reversible funcionando como motor permite en efecto hacer circular el aire en el compresor y así conducir el aire comprimido dentro de la cámara de combustión con el fin de iniciar la combustión.

30 Esta combustión produce entonces el flujo gaseoso que permite accionar la turbina en rotación, a continuación de lo cual el compresor es directamente accionado en rotación por la turbina, lo que significa que el generador de gas funciona de manera autónoma, constituyendo el final de la fase de arranque del turbomotor.

Es conocido que las aeronaves, en las que tales turbomotores están destinados sobre todo a ser integrados, incluyen unos equipamientos eléctricos que es necesario alimentar con energía eléctrica.

35 Por ejemplo, para un helicóptero es necesario alimentar con energía eléctrica los equipamientos eléctricos que lo equipan como, por ejemplo, los mandos eléctricos, la calefacción, la climatización, el torno mecánico.

40 Hasta ahora, en vuelo, se utilizaba la máquina eléctrica reversible para suministrar electricidad a los equipamientos eléctricos. Para hacer esto y, como propone el documento EP 1 712 761, la máquina eléctrica, funcionando esta vez como generador eléctrico, era accionada en rotación por el generador de gas, siendo transformada la energía cinética de rotación cedida en el generador en energía eléctrica por la citada máquina.

Sin embargo, para un helicóptero, la cesión de energía cinética en el generador de gas trae consigo inconvenientes.

La variación, en el transcurso del vuelo, de la potencia mecánica cedida por la máquina eléctrica en el generador de gas se traduce en un desplazamiento de la línea de funcionamiento del motor en el campo del compresor.

45 Este desplazamiento corresponde a un margen de bombeo del que es necesario aprovisionarse, lo que trae como consecuencia:

- penalizar la optimización de la línea de funcionamiento del motor, impidiendo la utilización del compresor a una tasa de presión óptima,
- degradar debido a esto las características estabilizadas, con un impacto sobre el consumo específico.

Un objetivo del presente invento es el de proponer un turbomotor, sobre todo para helicóptero, que remedie los inconvenientes mencionados anteriormente.

El invento alcanza su objetivo por el hecho de que la máquina eléctrica reversible está destinada además a estar acoplada a la turbina libre después de la fase de arranque del turbomotor con el fin de generar energía eléctrica.

- 5 Dicho de otra manera, en vuelo, la turbina libre acciona en rotación ventajosamente a la máquina eléctrica reversible, funcionando como generador eléctrico, de tal manera que la energía cinética destinada a ser transformada en energía eléctrica es cedida ventajosamente en la turbina libre.

10 Los inventores han constatado en efecto que la cesión de una cierta cantidad de energía cinética en la turbina libre afecta sensiblemente menos al rendimiento del turbomotor que ceder esta misma cantidad de energía cinética en el generador de gas. Esto es debido a la configuración particular del ciclo termodinámico de un motor de esta clase.

Resulta de ello que el turbomotor según el invento permite suministrar ventajosamente electricidad sin penalizar demasiado su rendimiento.

Por otra parte, en vuelo, el pilotaje del helicóptero equipado con un turbomotor según el invento se ve ampliamente menos afectado en la medida en la que las capacidades de aceleración del generador de gas son conservadas.

- 15 Además, según el invento, es la misma máquina eléctrica reversible la que permite arrancar el generador de gas y suministrar electricidad.

20 Ventajosamente, la máquina eléctrica reversible está acoplada a un eje del generador de gas por medio de unos primeros medios de acoplamiento desactivables, la citada máquina reversible está acoplada a un eje de la turbina libre por medio de unos segundos medios de acoplamiento desactivables, y estando configurados los primeros y los segundos medios de acoplamiento de tal manera que no sean activados simultáneamente.

Por "medios de acoplamientos desactivables" se entiende que los citados medios de acoplamiento pueden estar en una posición activada, en la cual los órganos unidos a los citados medios de acoplamiento están acoplados, o en una posición desactivada, en la cual los citados órganos están desacoplados, quedando entendido que por "órgano" se entiende la máquina eléctrica, el generador de gas y la turbina libre.

- 25 Según el invento, cuando los primeros medios de acoplamiento están activados, los segundos medios de acoplamiento están desactivados, es decir que la máquina eléctrica reversible está acoplada al generador de gas mientras que está desacoplada de la turbina libre, mientras que, a la inversa, cuando los segundos medios de acoplamiento están activados, los primeros medios de acoplamiento están desactivados, es decir que la máquina eléctrica está acoplada a la turbina libre mientras que está desacoplada del generador de gas.

- 30 Sin salir del marco del invento, se puede prever igualmente una posición intermedia en la cual tanto los primeros medios como los segundos medios de acoplamiento están desactivados al mismo tiempo.

De acuerdo con el invento, la máquina eléctrica reversible funciona como motor eléctrico cuando los primeros medios de acoplamiento están activados, de tal manera que accionan en rotación al generador de gas durante la fase de arranque del turbomotor.

- 35 Correlativamente, la máquina eléctrica reversible funciona como generador eléctrico cuando los segundos medios de acoplamiento están activados, de tal manera que se produzca electricidad mediante la cesión de energía cinética a la turbina libre, y esto después de la fase de arranque del turbomotor, es decir esencialmente en vuelo.

40 Gracias al hecho de que los primeros y los segundos medios de acoplamiento no pueden ser activados simultáneamente, se evita la aparición de la nefasta situación durante la cual la turbina libre acciona en rotación al generador de gas.

Ventajosamente, los primeros y/o los segundos medios de acoplamiento incluyen una rueda libre.

Un interés de la rueda libre es que no necesita ser controlada electrónica o mecánicamente por un operador exterior.

- 45 Una rueda libre de esta clase está constituida generalmente por un cubo y una corona periférica montada de manera rotativa sobre el cubo. El cubo puede accionar en rotación a la corona periférica, pero no a la inversa. Además, el cubo no puede accionar a la corona nada más que cuando el cubo gira en un sentido predeterminado, que se llamará "sentido de acoplamiento". En caso contrario, el cubo y la corona periférica giran libremente el uno con respecto al otro.

En realidad, los medios de acoplamientos desactivables son activados cuando el cubo de la rueda libre acciona en rotación a la corona periférica, y, a la inversa, los medios de acoplamiento desactivables son desactivados cuando el cubo de la rueda libre no acciona en rotación a la corona periférica.

5 Preferentemente, los primeros medios de acoplamiento incluyen una primera rueda libre, los segundos medios de acoplamiento incluyen una segunda rueda libre, y las primera y segunda ruedas libres están montadas en oposición.

Por "montadas en oposición" se entiende que la primera rueda libre puede transmitir un par de rotación que proviene de la máquina eléctrica, mientras que la segunda rueda libre puede transmitir un par de rotación a la máquina eléctrica.

Ventajosamente, los primeros y/o los segundos medios de acoplamiento incluyen además un reductor.

10 Por reductor, hay que entender una o varias etapas de reducción, que comprenden, por ejemplo, trenes de engranajes. Tales reductores son conocidos, por otra parte.

Como el generador de gas y la turbina giran en general sensiblemente más rápido que la máquina eléctrica reversible, el reductor permite adaptar la velocidad de rotación de la máquina eléctrica reversible a las velocidades del generador de gas y de la turbina libre.

15 Ventajosamente, los primeros medios de acoplamiento incluyen un primer reductor que tiene un primer coeficiente de reducción, mientras que los segundos medios de acoplamiento incluyen un segundo reductor que tiene un segundo coeficiente de reducción, y la relación entre el primero y el segundo coeficiente de reducción es inferior a un primer valor límite.

20 Preferentemente, este primer valor límite es elegido de tal manera que las primera y segunda ruedas libres no sean acopladas simultáneamente.

Preferentemente, este primer valor límite es proporcional a la relación de la velocidad nominal del generador de gas con respecto a la velocidad nominal de la turbina libre. Preferentemente, el coeficiente de proporcionalidad es estrictamente inferior a 1.

25 Según otro modo de realización del invento, la máquina eléctrica reversible es apta igualmente para ser acoplada al generador de gas con el fin de generar energía eléctrica.

Preferentemente, la máquina eléctrica reversible es apta para ser acoplada al generador de gas, después de la fase de arranque del turbomotor, cuando la turbina libre gira a baja velocidad o bien cuando está bloqueada, de tal manera que la máquina eléctrica reversible, funcionando como generador eléctrico, suministra ventajosamente energía eléctrica al ceder energía cinética al generador de gas.

30 De manera ventajosa, la máquina eléctrica reversible es apta para ser acoplada al árbol del generador de gas mediante unos terceros medios de acoplamiento desactivables y los primeros, los segundos y los terceros medios de acoplamiento están configurados de tal manera que sólo uno de los citados medios de acoplamiento sea activado a la vez.

35 Dicho de otra manera, cuando los terceros medios de acoplamiento están activados, los primeros y los segundos medios de acoplamiento están desactivados, es decir que la máquina eléctrica reversible está acoplada al generador de gas únicamente a través de los terceros medios de acoplamiento, estando desacoplada de la turbina libre.

Preferentemente, los terceros medios de acoplamiento son distintos de los primeros medios de acoplamiento.

Preferentemente, los terceros medios de acoplamiento incluyen una tercera rueda libre.

Ventajosamente, las primera y tercera ruedas libre están montadas en oposición.

40 Gracias a lo cual las primera y tercera ruedas libres no pueden ser acopladas simultáneamente.

Preferentemente pero no necesariamente, los terceros medios de acoplamiento incluyen además un embrague de garras.

En este caso, el embrague de garras permite activar o desactivar los terceros medios de acoplamiento, mientras que la tercera rueda libre facilita el embrague y el desembrague en la medida en la que estos se realizan con par nulo.

45 Según otra variante de realización, los terceros medios de acoplamiento incluyen un acoplamiento hidráulico que reemplaza al embrague de garras y a la tercera rueda libre.

Cuando el turbomotor según el invento incluye tres ruedas libres, los terceros medios de acoplamiento incluyen además, de manera ventajosa, un tercer reductor con un tercer coeficiente de reducción y la relación entre el segundo y el tercer coeficientes de reducción es superior a un segundo valor límite.

5 Este segundo valor límite es elegido de tal manera que el generador de gas no acciona en rotación a la máquina eléctrica reversible que funciona como generador durante el vuelo.

Preferentemente, este segundo valor límite es proporcional a la relación entre la velocidad nominal del generador de gas y la velocidad nominal de la turbina libre.

Preferentemente, el coeficiente de proporcionalidad es estrictamente superior a 1.

10 El invento será mejor comprendido y sus ventajas aparecerán mejor con la lectura de la descripción que sigue de los modos de realización indicados a título de ejemplos no limitativos. La descripción se refiere a los dibujos anexos, en los cuales:

- la figura 1 representa una vista en corte de un turbomotor según el invento;

- la figura 2 representa esquemáticamente un primer modo de realización del invento en el que el turbomotor incluye primeros y segundos medios de acoplamiento;

15 - la figura 3 representa esquemáticamente un segundo modo de realización del invento en el que el turbomotor incluye primeros, segundos y terceros medios de acoplamiento; y

- la figura 4 representa esquemáticamente una variante de realización del segundo modo de realización del invento de la figura 3, para el cual los terceros medios de acoplamiento incluyen además un embrague de garras.

20 En la figura 1 se ha representado de manera esquemática un turbomotor 10 de acuerdo con un primer modo de realización del invento, destinado sobre todo a accionar en rotación un rotor de un helicóptero (no representado aquí), incluyendo el turbomotor 10 un generador de gas 12 y una turbina libre 14 apta para ser accionada en rotación por un flujo de gas generado por el generador de gas 12.

La turbina libre 14 está montada sobre un eje 16 que transmite el movimiento de rotación a un órgano receptor tal como un rotor principal del helicóptero.

25 El turbomotor 10 representado en la figura 1 es del tipo de los que se ponen en movimiento hacia adelante con transmisión mediante eje coaxial. Se podría considerar muy bien, sin salir del marco del presente invento, un turbomotor de turbina libre del tipo de los que se ponen en movimiento hacia adelante con transmisión mediante eje exterior o bien un turbomotor de turbina libre del tipo de los que se ponen en movimiento hacia atrás.

30 El generador de gas incluye un eje rotativo 18 sobre el que están montados un compresor 20 y una turbina 22, así como una cámara de combustión 24 dispuesta axialmente entre el compresor 20 y la turbina desde que se considera el generador de gas 12 según la dirección axial del eje rotativo 18.

El turbomotor 10 presenta un cárter 26 provisto de una entrada de aire 28 por la cual entra el aire fresco al generador de gas 12.

35 Después de su admisión en el recinto del generador de gas 12, el aire fresco es comprimido por el compresor 20 que lo inyecta hacia la entrada de la cámara de combustión 24, en la cual es mezclado con el carburante.

La combustión que ha tenido lugar en la cámara de combustión 24 provoca la evacuación a gran velocidad de los gases quemados hacia la turbina 22, lo que tiene como efecto accionar en rotación el eje 18 del generador de gas 12 y, en consecuencia, el compresor 20.

40 La velocidad de rotación del eje 18 del generador de gas 12 está determinada por el caudal de carburante que entra en la cámara de combustión 24.

A pesar de la extracción de energía cinética por la turbina 22, el flujo de gas que sale del generador de gas presenta una energía cinética significativa.

45 Como se comprenderá con la ayuda de la figura 1, el flujo de gas F es dirigido hacia la turbina libre 14, lo que tiene como efecto provocar una expansión en la turbina de gas libre 14 que conduce a la puesta en rotación del rodete de la turbina y del eje 16.

El turbomotor 10 incluye además una máquina eléctrica reversible 30 constituida en realidad por un motor eléctrico apto para funcionar de manera reversible como generador eléctrico.

## ES 2 401 945 T3

La máquina eléctrica reversible 30 está acoplada mecánicamente al eje 18 del generador de gas 12 mediante unos primeros medios de acoplamiento desactivables 32.

5 De una manera más precisa, como se ve en la figura 2, los primeros medios de acoplamiento desactivables 32 incluyen una primera rueda libre 34 y, preferentemente un primer reductor 36, que tiene un primer coeficiente de reducción K1, dispuesto entre el eje 18 y la primera rueda libre 34.

10 La primera rueda libre está montada de tal manera que la rotación del eje 38 de la máquina eléctrica reversible 30 puede accionar en rotación al eje 18 del generador de gas 12 cuando la máquina eléctrica reversible 30 funciona como motor eléctrico (primeros medios de acoplamiento activados) mientras que, por el contrario, la rotación del eje 18 del generador de gas 12 no puede accionar en rotación al eje 38 de la máquina eléctrica reversible 30 (primeros medios de acoplamiento desactivados).

Dicho de otra manera, primera rueda libre 34 no puede transferir un par de rotación nada más que desde la máquina eléctrica reversible 30 al generador de gas 12, y no a la inversa.

15 Así, la rotación del eje 38 de la máquina eléctrica reversible 30 es apta para accionar en rotación al eje 18 del generador de gas 12 con el fin de arrancar a este último. Cuando el generador de gas 12 ha arrancado, la máquina eléctrica reversible no acciona ya en rotación al generador de gas 12.

De manera ventajosa, el primer coeficiente de reducción K1 es elegido de manera que la velocidad de la máquina eléctrica reversible se adapte al campo de velocidades requeridas para el arranque del motor.

20 De acuerdo con el invento, la máquina eléctrica reversible 30 es apta igualmente para ser acoplada a la turbina libre 14, ventajosamente por medio del biés de los segundos medios de acoplamiento 40, de tal manera que la citada máquina eléctrica reversible, funcionando como generador eléctrico, sea apta para ser accionada en rotación por la turbina libre 14 con el fin de suministrar electricidad.

Como se ve en la figura 2, los segundos medios de acoplamiento 40 incluyen una segunda rueda libre 42, similar a la primera rueda libre 34, unida al eje 38 de la máquina eléctrica reversible.

25 Los segundos medios de acoplamiento 40 incluyen además un segundo reductor 44 dispuesto entre la segunda rueda libre 42 y un eje 16 de la turbina libre.

Este segundo reductor 44 tiene un segundo coeficiente de reducción K2 elegido de tal manera que la velocidad de la máquina eléctrica reversible se adapte al campo de velocidades requeridas para permitir el suministro de electricidad.

30 La segunda rodete libre 42 está montada en efecto de tal manera que puede transmitir un par de rotación únicamente desde el eje 16 de la turbina libre 14 al eje 38 de la máquina eléctrica 30.

Dicho de otra manera, gracias a la segunda rueda libre, la máquina eléctrica reversible 30 puede ser accionada por la turbina libre 14 (segundos medios de acoplamiento activados), pero no puede accionar en rotación a esta última (segundos medios de acoplamiento desactivados).

35 Cuando la turbina libre 14 acciona en rotación a la máquina eléctrica reversible 30, esta última funciona como generador eléctrico y produce electricidad.

Como se ve en la figura 2, las primera y segunda ruedas libres están montadas en oposición.

En realidad, presentan sentidos de acoplamiento opuestos.

40 Así, cuando la máquina eléctrica reversible, funcionando como motor, acciona en rotación al eje 18 del generador de gas (primera rueda libre acoplada, es decir primeros medios de acoplamiento activados), la segunda rueda libre no transmite el par de rotación de la máquina eléctrica reversible al eje 16 de la turbina libre 14 (segundos medios de acoplamiento desactivados).

45 Inversamente, cuando el eje 16 de la turbina libre 14 acciona en rotación al eje 38 de la máquina eléctrica reversible 30 funcionando como generador eléctrico (segunda rueda libre acoplada, es decir segundos medios de acoplamiento activados), se ajusta para que la primera rueda libre no transmita el par de rotación del eje 38 de la máquina eléctrica reversible al eje 18 del generador de gas (primeros medios de acoplamiento desactivados).

Como se constata en la figura 2, las primera y segunda ruedas libres están ambas unidas al eje 38 de la máquina eléctrica reversible 30.

Para evitar que la turbina libre 14 accione en rotación al eje 18 del generador de gas 12, es necesario que la primera rueda libre no esté acoplada.

Para hacer esto, los coeficientes de reducción K1, K2 del primero y del segundo reductores son elegidos por ejemplo, pero no necesariamente, de la siguiente manera:

$$5 \quad \frac{K1}{K2} < \lambda_{\min} * \frac{|100\% NG|}{|100\% NTL|}$$

En donde:

10 - 100% NG es la velocidad de rotación nominal del eje 18 del generador de gas 12; - 100% NTL es la velocidad de rotación nominal del eje 16 de la turbina libre 14; y -  $\lambda_{\min}$ , coeficiente de proporcionalidad, es preferentemente igual al valor más bajo de la relación:

$$\frac{NG(t)}{NTL(t)}, \forall t$$

Dicho de otra manera, la relación entre el primero y el segundo coeficientes de reducción K1, K2 es inferior a un primer valor límite L1, en donde:

$$L1 = \lambda_{\min} * \frac{|100\% NG|}{|100\% NTL|}$$

15 Para este primer valor límite L1, los inventores han constatado que los primeros y los segundos medios de acoplamiento no están nunca activados simultáneamente durante el funcionamiento del turbomotor.

Con la ayuda de la figura 3, se va a describir ahora un segundo modo de realización del invento.

20 El turbomotor según el segundo modo de realización del invento difiere del primer modo de realización de la figura 2, en que la máquina eléctrica reversible 30 es apta igualmente para ser acoplada al eje 18 del generador de gas, en realidad mediante el biés de los terceros medios de acoplamiento 50 desactivables aptos para transmitir un par de rotación entre el eje 18 del generador de gas 12 y el eje 38 de la máquina eléctrica reversible 30 funcionando como generador eléctrico con el fin de que produzca electricidad, ventajosamente cuando la turbina libre no gira lo suficientemente rápido como para que la máquina eléctrica reversible 30 pueda generar electricidad.

25 Por ejemplo, se dispone para que los terceros medios de acoplamiento 50 sean activados cuando la turbina libre 14 esté bloqueada, o bien gire a baja velocidad, sobre todo cuando el helicóptero está en el suelo.

En este caso, es pues el generador de gas 12 el que acciona en rotación a la máquina eléctrica 30 con el fin de producir electricidad, quedando subrayado que el problema de pilotaje del helicóptero, mencionado anteriormente, no se plantea aquí puesto que el helicóptero está entonces en el suelo.

30 Ventajosamente, los primeros, los segundos y los terceros medios de acoplamiento están configurados de tal manera que sólo uno de los citados medios de acoplamiento esté activado a la vez.

En realidad, cuando los terceros medios de acoplamiento 50 están activados, es decir cuando el generador de gas acciona en rotación a la máquina eléctrica reversible funcionando como generador eléctrico, los primeros y los segundos medios de acoplamiento 32, 40 están desactivados.

35 Como se ve en la figura 3, los terceros medios de acoplamiento 50 incluyen una tercera rodete libre 52, preferentemente similar a la primera rueda libre 34, así como un tercer reductor 54, que tiene un tercer coeficiente de reducción K3, que está dispuesto entre la tercera rueda libre 52 y el eje 18 del generador de gas 12.

En realidad, el principio de funcionamiento de los terceros medios de acoplamiento 50 es similar al de los primeros y segundos medios de acoplamiento.

Para evitar que, en vuelo, el generador de gas 12 accione en rotación a la máquina eléctrica reversible 30 funcionando como generador, conviene elegir los coeficientes de reducción K2 y K3 de la siguiente manera, además de la condición sobre los coeficientes de reducción K1 y K2 mencionada anteriormente:

$$\frac{K3}{K2} > \beta_{\max} * \frac{|100\% NG|}{|100\% NTL|}$$

- 5 En donde  $\beta_{\max}$ , coeficiente de proporcionalidad, es preferentemente igual al mayor valor de la relación:

$$\frac{NG(t)}{NTL(t)}, \forall t$$

Dicho de otra manera, la relación entre el tercero y el segundo coeficientes de reducción K3, K2 es superior a un segundo valor límite L2, en donde:

$$L2 = \beta_{\max} * \frac{|100\% NG|}{|100\% NTL|}$$

- 10 Para este segundo valor límite L2, los inventores han constatado que el generador de gas no podrá nunca accionar a la máquina eléctrica reversible durante la fase de vuelo.

Según una variante de realización del segundo modo de realización del invento, representada en la figura 4, los terceros medios de acoplamiento 50 incluyen además un embrague 60 de garras, que está dispuesto preferentemente entre la tercera rueda libre 52 y el tercer reductor 54.

- 15 De una manera más precisa, el embrague 60 de garras tiene una primera parte 62 fijada a una corona periférica de la tercera rueda libre 52 y una segunda parte 64 fijada al tercer reductor 54.

Este embrague 60 garras permite desactivar los terceros medios de acoplamiento cualquiera que sea el estado de activación de los otros medios de acoplamiento y cualesquiera que sean las velocidades de rotación respectivas del generador de gas 12, de la turbina libre 14 y de la máquina eléctrica reversible 30.

- 20 Un interés del embrague 60 de garras radica en asegurar que, en vuelo, los terceros medios de acoplamiento sean efectivamente desactivados. Por este hecho, el segundo valor límite L2 no tiene ya ninguna razón de ser.

Por otra parte, gracias a la presencia de la tercera rueda libre 52, el embrague y el desembrague se efectúan fácilmente, pues la primera parte 62 del embrague de garras, fijada a la rueda libre 52, no opone par resistente a la segunda parte 64 del embrague 60 de garras. Tanto el embrague como el desembrague se realizan con par nulo.

- 25 Según otra variante, menos ventajosa, se podría prescindir de la tercera rueda libre 54 utilizando otros sistemas: preferentemente un acoplamiento hidráulico o un embrague o cualquier otro sistema que convenga a estos efectos.



**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Turbomotor (10), principalmente para un helicóptero, que comprende un generador de gas (12) y una turbina libre (14) accionada en rotación por un flujo de gas (F) generado por el generador de gas, incluyendo el turbomotor además una máquina eléctrica reversible (30) acoplada al generador de gas, estando preparada la citada máquina eléctrica reversible para poner en rotación al generador de gas durante una fase de arranque del turbomotor, estando caracterizado el turbomotor porque la máquina eléctrica reversible es acoplada además a la turbina libre (14) después de la fase de arranque del turbomotor con el fin de generar energía eléctrica.
- 10 2. Turbomotor según la reivindicación 1, caracterizado porque la máquina eléctrica reversible (30) está acoplada a un eje (18) del generador de gas por medio de unos primeros medios de acoplamiento desactivables (32), porque la citada máquina eléctrica reversible (30) está acoplada a un eje de la turbina libre por medio de unos segundos medios de acoplamiento desactivables (40), y porque los primeros y los segundos medios de acoplamiento están configurados de tal manera que no puedan ser activados simultáneamente.
- 15 3. Turbomotor según la reivindicación 2, caracterizado porque los primeros y/o los segundos medios de acoplamiento (32, 40) incluyen una rueda libre (34, 42).
4. Turbomotor según la reivindicación 3, caracterizado porque los primeros medios de acoplamiento (30) incluyen una primera rueda libre (34), porque los segundos medios de acoplamiento (32) incluyen una segunda rueda libre (42) y porque las primera y segunda ruedas libres (34, 42) están montadas en oposición.
- 20 5. Turbomotor según la reivindicación 3 ó 4, caracterizado porque los primeros y/o los segundos medios de acoplamiento incluyen además un reductor (36, 44).
6. Turbomotor según la reivindicación 5, caracterizado porque los primeros medios de acoplamiento (32) incluyen un primer reductor (36) que tiene un primer coeficiente de reducción (K1), mientras que los segundos medios de acoplamiento (40) incluyen un segundo reductor (44) que tiene un segundo coeficiente de reducción (K2), y porque la relación entre el primero y el segundo coeficientes de reducción es inferior a un primer valor límite (L1).
- 25 7. Turbomotor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la máquina eléctrica reversible (30) está acoplada igualmente al generador de gas (12) con el fin de generar energía eléctrica.
8. Turbomotor según las reivindicaciones 2 y 7, caracterizado porque la máquina eléctrica reversible (30) está acoplada al eje del generador de gas por medio de unos terceros medios de acoplamiento desactivables y porque los primeros, los segundos y los terceros medios de acoplamiento están configurados de tal manera que sólo uno de los citados medios de acoplamiento esté activado a la vez.
- 30 9. Turbomotor según la reivindicación 8, caracterizado porque los terceros medios de acoplamiento (50) incluyen una tercera rueda libre (52).
10. Turbomotor según las reivindicaciones 3 y 9, caracterizado porque las primera y tercera ruedas libres (34, 52) están montadas en oposición.
- 35 11. Turbomotor según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque los terceros medios de acoplamiento (50) incluyen además unos medios que forman un embrague (60) de garras.
12. Turbomotor según la reivindicación 6 y una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado porque los terceros medios de acoplamiento (50) incluyen además un tercer reductor (54) que tiene un tercer coeficiente de reducción (K3) y porque la relación entre el tercero y el segundo coeficientes de reducción es superior a un segundo valor límite (L2).

40



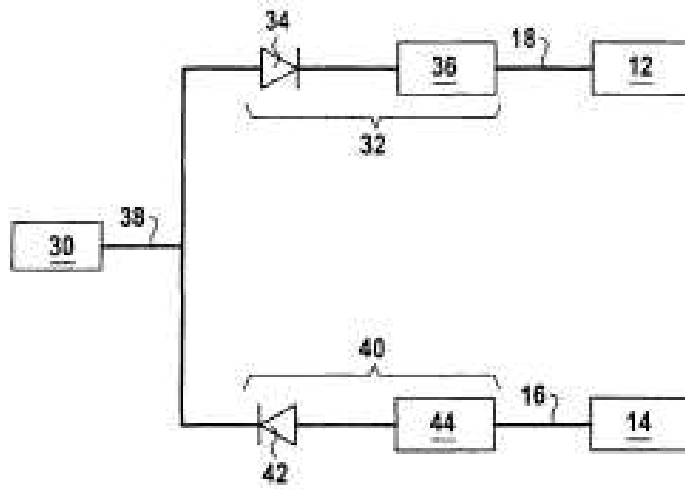


FIG. 2

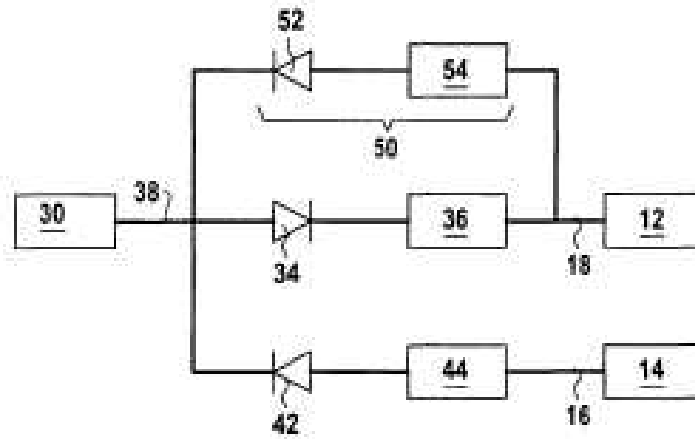


FIG. 3

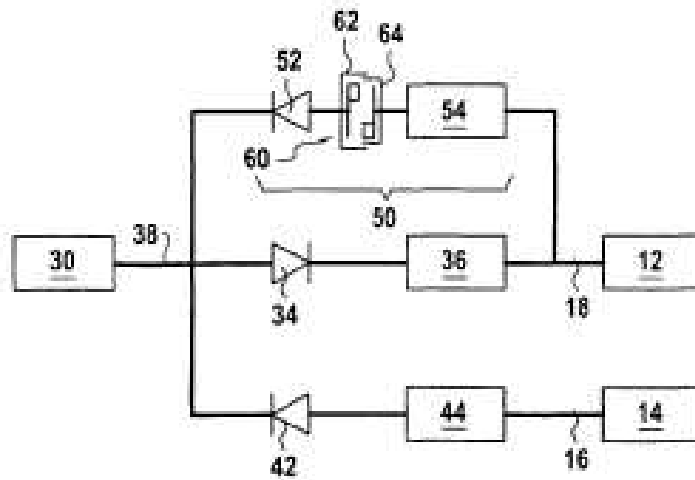


FIG. 4