



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 667**

51 Int. Cl.:
B64C 11/00 (2006.01)
B64C 27/46 (2006.01)
F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08737551 .5**
96 Fecha de presentación : **28.04.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2162353**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.03.2010**

54 Título: **Rotor de diámetro variable con un mecanismo de compensación de fuerzas centrífugas.**

30 Prioridad: **24.05.2007 GE 1009407**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.05.2011

73 Titular/es: **Georgian Technical University (GTU)**
77 Kostava St
0175 Tbilisi, GE

72 Inventor/es: **Turmanidze, Raul;**
Jojua, Nodari y
Chkoidze, Malkhaz

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 358 667 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**CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se refiere en general al campo de los rotores de diámetro variable, tal como se utilizan, por ejemplo, en la aviación. La aplicación de los rotores de este tipo es también posible en las instalaciones de energía eólica, en vehículos de transporte de agua o siempre que deba ser utilizado un rotor de diámetro variable.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

Son muy conocidas las aeronaves de despegue y aterrizaje vertical (VTOL). Algunos tipos de tales aeronaves despegan y aterrizan en el "modo helicóptero" con sus ejes propulsores orientados sustancialmente verticalmente. Durante la transferencia al modo de vuelo de crucero, los ejes propulsores son girados gradualmente a una posición sustancialmente horizontal. Las aeronaves de despegue y aterrizaje vertical con rotores de diámetro fijo sufren la desventaja de una velocidad limitada en el modo de vuelo de crucero y fuerzas centrífugas altas que actúan sobre los álabes del rotor.

Las patentes US nº 5.642.982 y US nº 5.735.670 revelan aeronaves de despegue y aterrizaje vertical con rotores de diámetro variable. El último documento describe una aeronave con un rotor de diámetro variable que comprende un cubo provisto de álabes del rotor montados en el mismo en el que cada álabe del rotor comprende una parte del álabe radialmente interior, la cual es radialmente estacionaria, y una parte del álabe radialmente exterior, la cual está montada de forma radialmente móvil en dicha parte del álabe radialmente interior. En cada uno de los álabes del rotor, está previsto un mecanismo nivelador de tornillo para el desplazamiento de la parte del álabe radialmente exterior con respecto a la parte del álabe radialmente interior. El mecanismo de cambio de diámetro incluye, en particular, un engranaje cónico de entrada, el cual acciona un engranaje cónico de salida por álabe. Los engranajes cónicos de salida están acoplados a los niveladores de tornillo (en ese caso tornillos de bolas) de los respectivos álabes del rotor. Cuando el nivelador de tornillo es girado alrededor de su eje longitudinal, las tuercas instaladas en las partes del álabe radialmente exteriores y con ellas las propias partes del álabe se hace que se desplacen radialmente hacia dentro o hacia fuera, dependiendo del sentido de giro del nivelador de tornillo.

Durante el funcionamiento del rotor, grandes fuerzas centrífugas actúan sobre los álabes del rotor. Por consiguiente, para desplazar las partes exteriores de los álabes del rotor hacia dentro, se tienen que superar cargas elevadas. Adicionalmente, con la creciente velocidad del rotor, la fricción entre los niveladores de tornillo y las tuercas correspondientes aumenta. Las altas cargas que el mecanismo nivelador de tornillo tiene que superar son potencialmente perjudiciales para la seguridad de la aeronave.

Para reducir este problema, se ha propuesto un rotor de diámetro variable, en el cual las partes exteriores telescópicas de los álabes del rotor son radialmente móviles por medio de un mecanismo nivelador de tornillo y en el que cada álabe está equipado con mecanismos adicionales para compensar, por lo menos parcialmente, las fuerzas centrífugas que actúan sobre el mecanismo nivelador de tornillo. Este mecanismo adicional comprende un cilindro hidráulico colocado en cada álabe, un acumulador neumático-hidráulico colocado en el cubo y una disposición de polea y cable. El acumulador neumático-hidráulico está dividido por un pistón móvil en un primer volumen que contiene un fluido hidráulico y un segundo volumen que contiene gas a presión. El volumen con el fluido hidráulico está conectado de forma fluida al cilindro hidráulico. El cilindro hidráulico está fijado en un larguero de la parte del álabe radialmente interior entre un primer bloque de poleas sostenido por el larguero y un segundo bloque de poleas sostenido por el pistón del cilindro hidráulico. Un cable que presenta su primer extremo fijado a la parte del álabe radialmente exterior y su segundo extremo fijado a la parte del álabe radialmente interior está guiado sobre los bloques de poleas, de tal modo que cuando la parte del álabe exterior se desplaza hacia fuera, el cable fuerza a los bloques de poleas más cerca juntos y de ese modo desplaza el pistón del cilindro hidráulico. A su vez, el fluido hidráulico fluye dentro del acumulador neumático-hidráulico, en el cual el gas a presión es comprimido adicionalmente y almacena el trabajo mecánico del movimiento de la parte del álabe exterior.

Un problema con este rotor de diámetro variable es que el mecanismo para la compensación de las fuerzas centrífugas incrementa el peso de los álabes del rotor, lo cual no es deseable. Además, la integración de los mecanismos de este tipo en el interior de los álabes es difícil debido a las limitaciones del diseño.

PROBLEMA TÉCNICO

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de compensación de las fuerzas centrífugas, que no tengan las desventajas anteriormente mencionadas. Este objetivo se consigue en un rotor de diámetro variable, tal como se reivindica en la reivindicación 1.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

Un rotor de diámetro variable con mecanismo de compensación de las fuerzas centrífugas (por ejemplo para una aeronave o una instalación de energía eólica) comprende un cubo con un árbol y unos álabes del rotor montados en el cubo, en el que cada uno de los álabes del rotor comprende una parte del álabe radialmente interior, la cual es radialmente estacionaria, y una parte del álabe radialmente exterior, la cual está montada radialmente móvil en la parte

del álabe radialmente interior. En cada uno de los álabes del rotor, un mecanismo nivelador de tornillo instalado en su interior incluye un nivelador de tornillo instalado en la parte del álabe radialmente interior y una tuerca conectada con la parte del álabe radialmente exterior, cooperando la tuerca con el nivelador de tornillo para desplazar radialmente la parte del álabe radialmente exterior con respecto a la parte del álabe radialmente interior. El rotor según la invención además comprende un sistema de almacenaje de la energía, que incluye un acumulador de gas comprimido. El acumulador de gas comprimido comprende un volumen de gas y un pistón para la compresión y la expansión del volumen de gas a presión. El sistema de almacenaje de energía incluye también unos medios para la conversión de un movimiento radial de la parte del álabe radialmente exterior en un movimiento del pistón del acumulador de gas comprimido y viceversa, el acumulador de gas comprimido estando instalado en el árbol del rotor, preferentemente directamente en el árbol. Cada álabe del rotor preferentemente contiene un larguero telescópico, que comprende una parte del larguero radialmente interior y una parte del larguero radialmente exterior, la cual está montado de forma telescópica en la parte del larguero radialmente interior y a la cual está fijada la parte del álabe radialmente exterior.

Se debe observar que, en el presente contexto, un "mecanismo nivelador de tornillo" designa un dispositivo mecánico para la transformación del movimiento giratorio (de un árbol roscado, el "nivelador de tornillo") en un movimiento lineal (de la tuerca). Por lo tanto, un mecanismo de tornillo de bolas se considera que es un caso especial de un mecanismo nivelador de tornillo, en el que la tuerca está equipada con rodamientos de bolas y el árbol roscado forma un anillo de rodadura en espiral para los rodamientos de bolas.

La presente invención tiene la ventaja de que el peso de los álabes del rotor es reducido, puesto que no contienen el acumulador de gas comprimido. Puesto que la ubicación del acumulador es en el árbol del rotor, el momento de inercia es también inferior que en el rotor convencional descrito antes en este documento.

El volumen de gas está conectado preferentemente de forma fluida con un recipiente de gas comprimido.

Según una forma de realización preferida de la invención, el acumulador de gas comprimido es un acumulador neumático-hidráulico y los medios para la conversión del movimiento radial de la parte del álabe radialmente exterior en el movimiento del pistón comprende un cilindro hidráulico conectado hidráulicamente al acumulador neumático-hidráulico y una disposición de polea y cable. La disposición de polea y cable está configurada, de tal modo que convierte un movimiento lineal radial de la parte del álabe radialmente exterior en un movimiento de un pistón del cilindro hidráulico y viceversa. Cuando es accionado el pistón del cilindro hidráulico, el fluido hidráulico fluye dentro del acumulador neumático-hidráulico y comprime el gas, por lo que el trabajo mecánico de la fuerza centrífuga que causa el movimiento de la parte exterior del álabe del rotor se almacena como energía potencial. El cilindro hidráulico está también instalado en el árbol, preferentemente directamente en el árbol.

El acumulador neumático-hidráulico está dividido preferentemente en una primera cámara y una segunda cámara por el pistón del acumulador neumático-hidráulico la primera cámara estando hidráulicamente conectada con el cilindro hidráulico y la segunda cámara definiendo el volumen del gas a presión. El acumulador neumático-hidráulico también puede comprender un resorte en la segunda cámara, el resorte siendo comprimible por el movimiento del pistón del acumulador neumático-hidráulico.

La disposición de polea y cable ventajosamente comprende un cable, estando provisto el cable de un primer extremo fijado a la parte del álabe radialmente exterior y un segundo extremo fijado al cubo, y un bloque de poleas sobre el cual es guiado el cable, estando fijado el bloque de poleas al pistón del cilindro hidráulico de tal modo que cuando la parte del álabe exterior se desplaza hacia fuera, el volumen de trabajo del cilindro hidráulico se reduce. Más preferentemente, la disposición de polea y cable comprende un bloque de poleas adicional fijado al cuerpo del cilindro del cilindro hidráulico, siendo aproximados los dos bloques de poleas entre sí por los cables cuando la parte exterior del álabe del rotor se desplaza hacia fuera de modo que el volumen de trabajo de cilindro hidráulico se reduce.

Los aspectos preferidos de la presente invención se refieren a vehículos (por ejemplo, aeronaves, en particular aeronaves de despegue y aterrizaje vertical) e instalaciones (por ejemplo, turbinas eólicas) equipadas con rotores de diámetro variable como ha sido descrito en este documento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los detalles y ventajas adicionales de la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada de una forma de realización no limitativa haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una vista parcial esquemática de un rotor de diámetro variable con álabes extendidos;

la figura 2 es una vista parcial esquemática del mismo rotor que en la figura 1 con los álabes retraídos.

DESCRIPCIÓN DE UNA FORMA DE REALIZACIÓN PREFERIDA

Tal como se representa en las figuras 1 y 2, el rotor según esta forma de realización preferida, no limitativa, de la invención comprende un cubo 2 y unos álabes del rotor 1 (sólo uno de los cuales está representado) montados en el cubo 2 mediante una articulación 3. Cada álabe 1 comprende una parte del álabe radialmente interior, la cual es radialmente estacionaria y partes del álabe exteriores radialmente móviles 6. Las partes del álabe exteriores 6 están

fijadas a la parte radialmente exterior 5 de un larguero telescópico. La parte radialmente exterior 5 del larguero está montada de forma telescópica en una parte radialmente interior 4 del larguero. En la parte del álabe exterior más externa 6 está fijada la tuerca 7 del mecanismo nivelador de tornillo 7, 8. Cuando el nivelador de tornillo 8 es girado alrededor de su eje longitudinal, la tuerca 7 y, por lo tanto, las partes exteriores del álabe del rotor 6 se hace que se desplacen radialmente hacia dentro o hacia fuera, dependiendo del sentido de giro del nivelador de tornillo 8, de modo que varía el diámetro entre un valor mínimo D_{min} y un valor máximo D_{max} . El nivelador de tornillo 8 es accionado por un engranaje cónico 9 acoplado al mismo y accionado por el engranaje cónico de entrada, el cual está instalado en el interior del árbol del rotor.

En el árbol del rotor representado en la parte inferior del cuerpo del cubo está fijado un cilindro hidráulico 10 y un acumulador neumático-hidráulico 18. El acumulador neumático-hidráulico 18 está dividido por un pistón 19 en una primera cámara que contiene fluido hidráulico y una segunda cámara que contiene un gas a presión, tal como por ejemplo nitrógeno o un gas inerte. El cilindro hidráulico 10 está conectado de forma fluida a la primera cámara del acumulador neumático-hidráulico 18 por medio de un conducto hidráulico 16. El pistón 13 del cilindro hidráulico se puede accionar mediante una disposición de polea y cable 11, 12, 14, 15, que comprende un cable previamente tensado 14, fijado por un extremo a la parte radialmente exterior 6 del álabe del rotor y por el otro extremo al árbol del rotor, y bloques de poleas 11, 12 sobre los cuales es guiado el cable 14. Desde el punto de fijación en la parte del álabe radialmente exterior 6, el cable se extiende en el interior del álabe 1 sustancialmente paralelo al larguero telescópico 4, 5 hasta el cubo 2, en el que es desviado a lo largo del árbol del rotor hasta los bloques de poleas primero y segundo 11 y 12 por una polea de desviación 15. La disposición de polea y cable está configurada de tal modo que provee la relación de transmisión correcta entre el movimiento lineal de la parte del álabe exterior 6 y el movimiento lineal del pistón 13 del cilindro hidráulico 10. El bloque de poleas 12 está fijado en el pistón 13 del cilindro hidráulico 10 mientras el otro bloque de poleas 11 está fijado al árbol del rotor junto con el cuerpo del cilindro hidráulico 10, de modo que los bloques de poleas 11, 12 son aproximados entre sí cuando la parte del álabe exterior 6 se desplaza hacia fuera.

El cambio del diámetro del rotor de diámetro variable se efectúa tal como se describe en el presente párrafo para el ejemplo de una aeronave de despegue y aterrizaje vertical, cuyos ejes del rotor pueden ser llevados a una posición vertical para el despegue o el aterrizaje. Durante el vuelo de crucero, los álabes del rotor 1 están normalmente en la posición retraída. Durante la transición al modo de aterrizaje los álabes 1 son extendidos progresivamente. Los álabes del rotor 1 están sometidos a diversas fuerzas, entre las cuales la fuerza propulsora del árbol del rotor y la fuerza centrífuga. La fuerza centrífuga está dirigida radialmente hacia fuera desde el eje del rotor y contribuye al movimiento radialmente hacia fuera de las partes exteriores del álabe 6. El trabajo de la fuerza centrífuga se convierte en energía potencial a través de la disposición de polea y cable 11, 12, 14, 15 y el cilindro hidráulico 10 y se almacena en el acumulador neumático-hidráulico 18 durante el incremento del diámetro. Cuando aumenta el diámetro del rotor, la parte del álabe radialmente exterior 6 tira del cable 14, el cual a su vez actúa sobre los bloques de poleas primero y segundo 11, 12 de tal modo que el pistón 13 del cilindro hidráulico 10 fuerza al fluido hidráulico (generalmente aceite) a través del conducto hidráulico 16 al interior de la primera cámara del acumulador neumático-hidráulico 18. Esto desplaza el pistón 19 del acumulador neumático-hidráulico 18, de modo que se reduzca el volumen de la segunda cámara del acumulador 18 y por lo tanto comprime el gas contenido en la misma. Cuando termina el cambio del diámetro, la válvula 17 entre el cilindro hidráulico 10 y la primera cámara del acumulador 18 se cierra. El aterrizaje de la aeronave se lleva a cabo mientras los álabes del rotor 1 están extendidos y de ese modo proveen una mayor elevación. El proceso completo se invierte después del despegue de la aeronave (el cual también se lleva a cabo con los álabes del rotor extendidos) durante la transición al modo de vuelo de crucero. En este caso, puesto que los álabes del rotor 1 se tienen que retraer, la fuerza centrífuga tiene que ser superada conjuntamente por el mecanismo nivelador de tornillo 7, 8 y el sistema de almacenaje de energía. La válvula 17 se abre de modo que el líquido hidráulico pueda ser empujado de vuelta por el gas a presión que se expande en la segunda cámara del acumulador 18, desde la primera cámara del acumulador 18 al interior del cilindro hidráulico 10. Cuando el líquido hidráulico entra en el cilindro hidráulico 10, el pistón 13 incrementa la distancia entre los bloques de poleas 11 y 12, de modo que el cable 14 tira de la parte del álabe exterior 6 y de ese modo reduce la carga en la tuerca 7 y en el nivelador de tornillo 8.

REIVINDICACIONES

1. Rotor de diámetro variable, comprendiendo:

- un cubo (2) con un árbol;

- unos álabes del rotor (1), montados en dicho cubo (2), en el que cada uno de dichos álabes del rotor (1) comprende una parte del álabe radialmente interior, la cual es radialmente estacionaria, y una parte del álabe radialmente exterior (6), la cual está montada radialmente de manera móvil en dicha parte del álabe radialmente interior; en cada uno de dichos álabes del rotor (1), un mecanismo nivelador de tornillo (7, 8) dispuesto en su interior, incluyendo dicho mecanismo nivelador de tornillo un nivelador de tornillo (8) instalado en dicha parte del álabe radialmente interior y una tuerca (7) conectada con dicha parte del álabe radialmente exterior (6), cooperando dicha tuerca (7) con dicho nivelador de tornillo (8) para desplazar radialmente la parte del álabe radialmente exterior (6) con respecto a la parte del álabe radialmente interior; y

- un sistema de almacenaje de la energía, que incluye un acumulador de gas comprimido (18), comprendiendo dicho acumulador de gas comprimido un volumen de gas y un pistón (19) para la compresión y la expansión de dicho volumen de gas a presión, incluyendo dicho sistema de almacenaje de energía adicionalmente medios para la conversión de un movimiento radial de dicha parte del álabe radialmente exterior (6) en un movimiento del pistón (19) de dicho acumulador de gas comprimido (18) y viceversa, estando instalado dicho acumulador de gas comprimido (18) en dicho árbol.

2. Rotor de diámetro variable según la reivindicación 1, en el que dicho volumen de gas está conectado de forma fluida con un recipiente de gas comprimido.

3. Rotor de diámetro variable según la reivindicación 1, en el que dicho acumulador de gas comprimido (18) es un acumulador neumático-hidráulico y en el que dichos medios para la conversión del movimiento radial de dicha parte del álabe radialmente exterior en el movimiento del pistón comprende un cilindro hidráulico (10) hidráulicamente conectado a dicho acumulador neumático-hidráulico (18) y una disposición de polea y cable (11, 12, 14, 15), configurada para la conversión de un movimiento radial de dicha parte del álabe radialmente exterior (6) en un movimiento de un pistón (13) de dicho cilindro hidráulico (10) y viceversa, en el que dicho cilindro hidráulico (10) está instalado además en dicho árbol.

4. Rotor de diámetro variable de la reivindicación 3, en el que dicho acumulador neumático-hidráulico (18) está dividido en una primera cámara y una segunda cámara por el pistón (19) de dicho acumulador neumático-hidráulico (18), estando hidráulicamente conectada dicha primera cámara con el cilindro hidráulico (10) y definiendo dicha segunda cámara dicho volumen del gas a presión.

5. Rotor de diámetro variable según la reivindicación 3 ó 4, en el que dicho acumulador neumático-hidráulico (18) comprende un resorte en dicha segunda cámara, siendo comprimible dicho resorte por el movimiento del pistón (19) de dicho acumulador neumático-hidráulico (18).

6. Rotor de diámetro variable según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que dicha disposición de polea y cable (11, 12, 14, 15) comprende un cable (14), estando provisto dicho cable de un primer extremo fijado a dicha parte del álabe radialmente exterior (6) y un segundo extremo fijado a dicho cubo (2) y un bloque de poleas (12) sobre el cual es guiado dicho cable, estando fijado dicho bloque de poleas (12) al pistón de dicho cilindro hidráulico (10).

7. Aeronave que comprende un rotor de diámetro variable según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

8. Turbina eólica que comprende un rotor de diámetro variable según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.

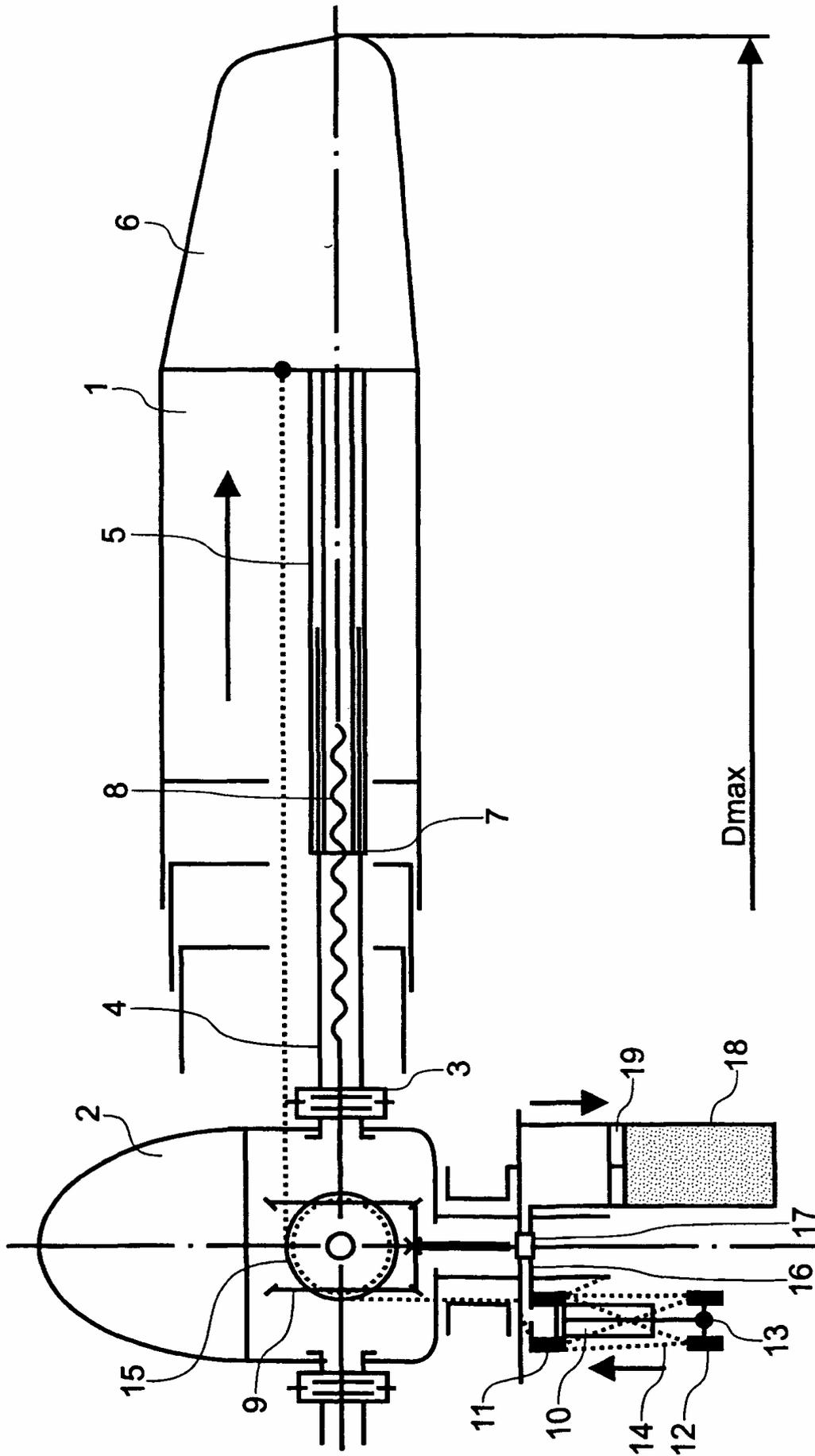


Fig. 1

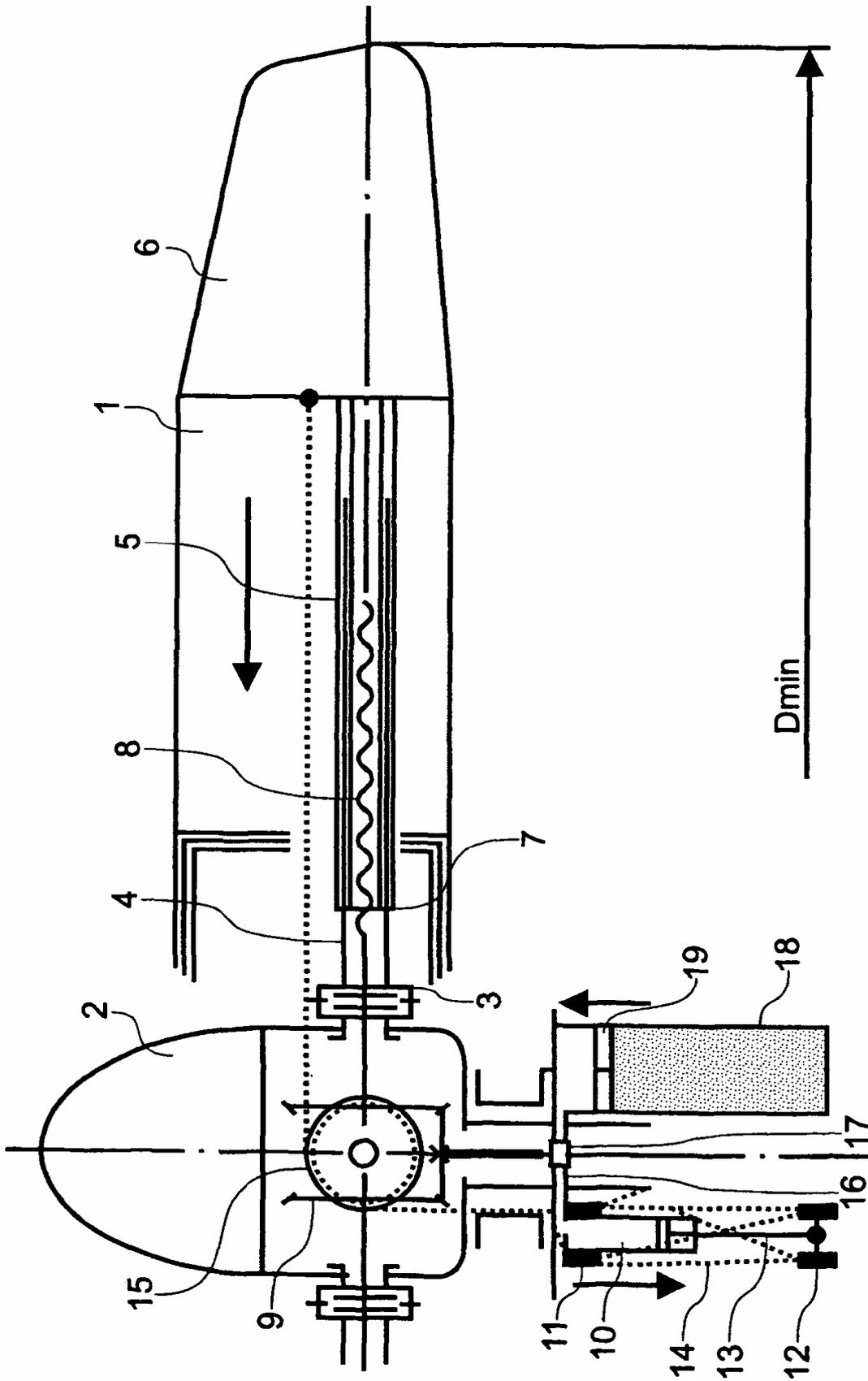


Fig. 2