

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 534**

51 Int. Cl.:

B64C 27/605 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2013** **E 13195881 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017** **EP 2740663**

54 Título: **Aparato, sistema y método para el cabeceo y alabeo de una pala de una aeronave de palas giratorias**

30 Prioridad:

05.12.2012 US 201213705780

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

03.11.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**ZIENTEK, THOMAS A.;
BIRCHETTE, TERRENCE S. y
STRAUB, FRIEDRICH K.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 640 534 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

Aparato, sistema y método para el cabeceo y alabeo de una pala de una aeronave de palas giratorias

Información de antecedentes

1. Campo:

5 La presente divulgación se refiere, en general, a las palas de una aeronave de palas giratorias y, en particular, a un sistema para mover la pala de una aeronave de palas giratorias. Aún de forma más particular, la presente divulgación se refiere a un aparato, un sistema y un método para el cabeceo y alabeo de la pala de una aeronave de palas giratorias utilizando un sistema de accionamiento que es externo a la pala y está situado en una porción de raíz de la pala.

10 2. Antecedentes:

Una aeronave de palas giratorias es un tipo de aeronave que funciona utilizando la elevación generada por palas que giran alrededor de un mástil. El helicóptero es un ejemplo de una aeronave de palas giratorias. Las palas de una aeronave de palas giratorias pueden ser parte de un sistema de rotor. En algunos casos, estas palas son referidas como palas del rotor. Las palas de una aeronave de palas giratorias pueden ser cabeceadas y/o alabeadas durante el funcionamiento para generar la elevación deseada para permitir a la aeronave de palas giratorias levitar y volar.

15 Cabecear una pala significa girar una pala con respecto a un eje a través de la longitud de la pala. El cabeceo puede utilizarse para controlar la dirección en la cual se genera la cantidad máxima de empuje por la aeronave de palas giratorias. Alabeo una pala significa alabeo una pala con respecto a un eje que se extiende desde un extremo de la pala a otro extremo de la pala. Normalmente, una pala es alabeada con respecto al eje alrededor del cual rota o cabecea la pala. También de la cantidad de cabeceo de las palas de una aeronave de palas giratorias en diferentes regímenes de vuelo se puede mejorar la eficiencia de la aeronave de palas giratorias. Los diferentes regímenes de vuelo para una aeronave de palas giratorias pueden incluir levitar, elevarse, descender, y volar de avance. Además, la aeronave de palas giratorias puede realizar maniobras que pueden incluir algunas combinaciones de los regímenes anteriores.

25 Algunos sistemas disponibles actualmente para el alabeo de una pala usan actuadores piezoeléctricos montados en la pala. Sin embargo, este tipo de actuadores puede requerir que se suministre un voltaje más alto a los actuadores que el deseado. Además, suministrar un voltaje a estos actuadores puede requerir que las líneas de potencia discurran a lo largo de la longitud de la pala para alcanzar los actuadores montados en la pala.

30 Otros sistemas disponibles actualmente para alardear una pala usan aleaciones con memoria de forma. Sin embargo, las aleaciones con memoria de forma pueden tener unos tiempos de actuación más lentos que los deseados. Por consiguiente, cambiar el grado de alabeo de una pala puede tomar más tiempo del deseado.

35 Además, algunos sistemas disponibles actualmente para el alabeo de una pala pueden usar actuadores que son más pesados que lo deseado y/o que cambian el contorno global de la pala cuando se montan en la pala más de lo deseado. El peso aumentado y/o el cambio en el contorno puede reducir el rendimiento de la pala durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias más de lo deseado. Por lo tanto, sería deseable tener un aparato, un sistema, y un método que tengan en cuenta al menos algunos de los problemas discutidos anteriormente, así como otros posibles problemas.

40 El documento GB 2464678 A da a conocer palas de rotor de una aeronave que se pueden alabeo que disponen de un vástago circular interior conectada de forma fija al extremo final de la pala, pero con la pala por el contrario rotatoria de forma libre alrededor del vástago.

Resumen

La invención definida por un aparato tal como he mencionado en la reivindicación 1 y por un método tal como el mencionado en la de reivindicación 6.

45 En un modo de realización ilustrativo, un aparato comprende una pala de una aeronave de palas giratorias y un mecanismo de actuación de punta que es externo a la pala y que está asociado con un miembro alargado que está conectado a una porción de punta de la pala. El mecanismo de actuación de punta está configurado para aplicar un par de torsión al miembro alargado de manera que la porción de punta de la pala gira con alrededor de un eje a través de la pala.

50 En otro modo de realización ilustrativo, un sistema de rotor comprende una pluralidad de palas y un sistema de alabeo y cabeceo que comprende una pluralidad de sistemas de actuación. Cada uno de la pluralidad de sistemas de actuación está asociado a una correspondiente de la pluralidad de palas y comprende una actuación de raíz y un mecanismo de actuación de punta que son externos a la pala. El mecanismo de actuación de raíz está asociado con una porción de raíz de la pala y está configurado para aplicar un primer par de torsión a la porción de raíz de la pala de tal manera que la porción de raíz de la pala gira con respecto a un eje. El mecanismo de actuación de punta está

asociado con un miembro alargado que está conectado a una porción de punta de la pala. El mecanismo de actuación de punta está configurado para aplicar un segundo par de torsión al miembro alargado de tal manera que la porción de punta de la pala gira alrededor del eje.

5 El sistema de actuación puede estar configurado para cabecear la punta a una frecuencia de cabeceo seleccionada mayor que una vez la revolución durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias. El sistema de actuación puede estar configurado para cambiar una cantidad de alabeo de la pala mientras que la aeronave de palas giratorias está en un régimen de vuelo durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias. El par de torsión aplicado a la porción de raíz de la pala puede ser un primer par de torsión aplicado por transferencia de una primera fuerza generada por el mecanismo de actuación de raíz a la porción de raíz de la pala y en donde el par de torsión aplicado al miembro alargado es un segundo par de torsión aplicado por transferencia de una segunda fuerza generada por el mecanismo de actuación de punta a la porción de punta de la pala a través del miembro alargado. La pala puede cabecear cuando el primer par de torsión y el segundo par de torsión son sustancialmente iguales y en una misma dirección. La pala puede alabear cuando el primer par de torsión y el segundo par de torsión no son, al menos uno de ellos, sustancialmente igual al otro y no en una misma dirección. El mecanismo de actuación de raíz puede incluir un actuador configurado para generar el primer par de torsión en donde el actuador es seleccionado de uno de, un actuador lineal y un actuador rotatorio. El mecanismo de actuación de punta puede incluir un actuador configurado para generar la segunda fuerza, en donde el actuador es seleccionado de, un actuador lineal y un actuador rotatorio. El miembro alargado en el aparato puede ser un tubo de par de torsión.

20 La invención puede implicar un sistema de rotor que puede incluir una pluralidad de palas; y el sistema de cabeceo y alabeo comprende una pluralidad de sistemas de actuación en donde cada uno de la pluralidad de sistemas de actuación está asociado a una correspondiente de la pluralidad de palas y puede incluir un mecanismo de actuación de raíz que es externo a la pala y que está asociado con una porción de raíz de la pala, en donde el mecanismo de actuación de raíz está configurado para aplicar un primer par de torsión de la porción de raíz de la pala de manera que la porción de raíz de la pala rota con respecto a un eje a través de la pala; y un mecanismo de actuación de punta que es externo a la pala y asociado con un miembro alargado que está conectado a una porción de punta de la pala, en donde el mecanismo de actuación de punta está configurado para aplicar un segundo par de torsión al miembro alargado de manera que la porción de punta de la pala rota alrededor del eje. La pala puede cabecear cuando el primer par de torsión y el segundo par de torsión son sustancialmente iguales y en una misma dirección. La pala puede alabear cuando el primer par de torsión y el segundo par de torsión no son, al menos uno de ellos, sustancialmente igual al otro y no en una misma dirección.

35 El método puede incluir realizar al menos uno de, aplicar el primer par de torsión a la porción de raíz de la pala y aplicar el segundo par de torsión al miembro alargado para cabecear la pala a una frecuencia de cabeceo más grande que una vez por revolución durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias. La etapa de realizar la al menos uno de, aplicar el primer par de torsión a la porción de raíz de la pala y aplicar el segundo par de torsión al miembro alargado puede incluir realizar al menos uno de, aplicar el primer par de torsión a la porción de raíz de la pala y aplicar el segundo par de torsión al miembro alargado para cambiar la cantidad de alabeo de la pala mientras que la aeronave de palas giratorias está en el régimen de vuelo durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias de tal manera que se reduce al menos uno de, las vibraciones generadas por la pala y el ruido y de manera que se mejora el rendimiento aerodinámico.

40 Las características y funciones se pueden lograr de forma independiente en varios modos de realización de la presente divulgación o pueden combinarse en otros modos de realización adicionales en los cuales detalles adicionales se pueden apreciar con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

45 Las características novedosas que se creen características de los modos de realización ilustrativos se establecen en las reivindicaciones adjuntas. Los modos de realización ilustrativos, sin embargo, así como un modo de uso preferido, objetivos adicionales y características de los mismos, se entenderán mejor en referencia a la siguiente descripción detallada de un modo de realización ilustrativo de la presente divulgación cuando se lee en conjunción con los dibujos que acompañan, en donde:

50 La figura 1 es una ilustración de una vista isométrica de una aeronave de palas giratorias de acuerdo con un modo de realización ilustrativo;

La figura 2 es una ilustración de una vista isométrica aumentada de una porción del sistema de rotor principal de acuerdo con un modo de realización ilustrativo;

La figura 3 es una ilustración de una vista isométrica de un sistema de actuación asociado con una pala de acuerdo con un modo de realización ilustrativo;

55 La figura 4 es una ilustración de una vista lateral de una porción de un sistema de rotor de acuerdo con un modo de realización ilustrativo;

La figura 5 es una ilustración de una vista superior de una porción de un sistema de rotor de acuerdo con un modo de realización ilustrativo;

La figura 6 es una ilustración de varias configuraciones potenciales para un sistema de actuación de acuerdo con un modo de realización ilustrativo;

5 La figura 7 es una ilustración de una porción de un sistema de rotor de acuerdo con un modo de realización ilustrativo;

La figura 8 es una ilustración de un proceso para mover una pala de una aeronave de palas giratorias en forma de un diagrama de flujo de acuerdo con un modo de realización ilustrativo; y

La figura 9 es una ilustración de un proceso para mejorar el rendimiento de una aeronave de palas giratorias durante el vuelo en forma de un diagrama de flujo de acuerdo con un modo de realización ilustrativo.

10 Descripción detallada

Los modos de realización ilustrativos proporcionan un sistema de cabeceo y alabeo que puede ser utilizado para controlar el cabeceo y alabeo de las palas del rotor de una aeronave de palas giratorias. Los sistemas de alabeo y cabeceo incluyen sistemas de actuación, cada uno de los cuales puede estar configurado para controlar el movimiento de una pala de rotor correspondiente de la aeronave de palas giratorias. El sistema de cabeceo y alabeo proporcionado por los diferentes modos de realización ilustrativos toman cuenta varias consideraciones.

15 Por ejemplo, un sistema de actuación en este sistema de alabeo y cabeceo puede ser utilizado para cabecear una pala de rotor a frecuencias de cabeceo más altas que las permitidas con algunos sistemas de actuación disponibles actualmente. Una pala de rotor puede estar configurada para cabecear dentro de un rango seleccionado. La "frecuencia de cabeceo" de la pala de rotor puede ser el número de ciclos a través de este rango seleccionado que la pala de rotor completa por revolución de la pala de rotor alrededor del mástil del sistema de rotor.

20 Además, el sistema de actuación puede ser utilizado para cambiar la cantidad de alabeo de la pala de rotor durante cualquiera de o cualquier combinación de regímenes de vuelo para la aeronave de palas giratorias. Los modos de realización ilustrativos reconocen y toman en cuenta que algunos sistemas de actuación disponibles actualmente pueden ser incapaces de cambiar la cantidad de alabeo de una pala de rotor durante regímenes de vuelo tales como, por ejemplo, sin limitación, un vuelo de avance.

25 Sin embargo, el sistema de actuación proporcionado por los modos de realización ilustrativos permite cambiar el alabeo de la pala de rotor durante el vuelo de tal manera que se puede mejorar el rendimiento de la aeronave de palas giratorias durante el vuelo. Por ejemplo, las vibraciones y/o el ruido generado durante el vuelo de la aeronave de palas giratorias se puede reducir cambiando la cantidad de alabeo de las palas de rotor de la aeronave de palas giratorias durante el vuelo.

30 Con referencia ahora las figuras y, en particular, con referencia la figura 1, se representa una ilustración de una vista isométrica de una aeronave de palas giratorias de acuerdo con un modo de realización ilustrativo. La aeronave 100 de palas giratorias puede ser un ejemplo de un vehículo en el cual se pueden implementar diferentes modos de realización ilustrativos. La aeronave 100 de palas giratorias es un helicóptero en este ejemplo ilustrativo. Tal y como se representa, la aeronave 100 de palas giratorias tiene un cuerpo 102 con una sección 104 principal y una sección 106 de cola. Además, la aeronave 100 de palas giratorias incluye un sistema 108 de rotor principal y un sistema 110 de rotor de cola.

35 En este ejemplo ilustrativo, el sistema 108 de rotor principal incluye una pluralidad de palas 112, un conjunto 114 de placa de oscilación, un sistema 116 de cabeceo y de alabeo, un buje 118, y un mástil 120. La pluralidad de palas 112 incluye palas 122, 124, 126 y 128. Estas palas también son referidas como palas de rotor en algunos casos. Tal y como se representa, las palas 122, 124, 126 y 128 están fijadas al buje 118. El buje 118, a su vez, está fijado al mástil 120.

40 El mástil 120 puede extenderse desde un sistema de transmisión (no mostrado en esta vista) en la aeronave 100 de palas giratorias. Este sistema de transmisión está configurado para girar el mástil 120 alrededor del eje 130 central a través del mástil 120 en una de las direcciones a lo largo de la flecha 132 durante el funcionamiento de la aeronave 100 de palas giratorias. La rotación del mástil 120, a su vez, provoca la rotación del buje 118 y por lo tanto, de la pluralidad de palas 112, alrededor del eje 130 central.

45 Una o más de la pluralidad de palas 112 puede ser cabeceada durante la rotación de la pluralidad de palas 112 alrededor del eje 130 central. Tal y como si utiliza en el presente documento, "cabecear" una pala significa girar la totalidad de la pala alrededor del eje a través de la longitud de la pala una misma cantidad y en una misma dirección. El cabeceo de la pluralidad de palas 112 puede ocurrir de forma cíclica durante el funcionamiento de la aeronave 100 de palas giratorias. En este ejemplo ilustrativo, el cabeceo puede ser utilizado para controlar la dirección en la cual se genera la cantidad máxima de empuje por la aeronave 100 de palas giratorias.

- Además, una o más de la pluralidad de palas 112 puede alabearse durante el funcionamiento de la aeronave 100 de palas giratorias. Tal y como si utilizan el presente documento, "alabear" una pala puede significar alabear la pala alrededor de un eje que se extiende desde un extremo de la pala al otro extremo de la pala. En otras palabras, una porción de la pala puede rotarse alrededor de un eje de forma diferente de al menos otra porción de la pala. El alabeo puede ser utilizado para controlar la elevación generada por la aeronave 100 de palas giratorias durante el vuelo. En particular, aumentando la cantidad de alabeo de cada una de la pluralidad de palas 112 se puede aumentar la elevación generada por la aeronave 100 de palas giratorias.
- En este ejemplo ilustrativo, el conjunto 114 de placa de oscilación y el sistema 116 de cabeceo y alabeo pueden utilizarse para controlar el movimiento de la pluralidad de palas 112. El sistema 116 de cabeceo y alabeo está asociado con la pluralidad de palas 112 y con el conjunto 114 de placa de oscilación en este ejemplo ilustrativo.
- Tal y como se utiliza en el presente documento, cuando un componente está "asociado" con otro componente, la asociación es una asociación física en los ejemplos representados. Por ejemplo, un primer componente, tal como el sistema 116 de cabeceo y alabeo, puede considerarse que está asociado con un segundo componente, tal como una pala en la pluralidad de palas 112, estando fijado al primer componente, unido al segundo componente, montado en el segundo componente, soldado al segundo componente, sujeto al segundo componente, y/o conectado al segundo componente de alguna otra manera adecuada.
- Además, el primer componente también puede estar conectado al segundo componente utilizando un tercer componente. El primer componente puede ser también considerado como que está asociado con el segundo componente estando formando parte de y/o una extensión del segundo componente.
- Con referencia ahora a la figura 2, se representa una ilustración de una vista isométrica aumentada de una porción del sistema 108 de rotor principal de la figura 1, de acuerdo con un modo de realización ilustrativo. En la figura 2, se representa una vista aumentada de una porción del sistema 108 de rotor principal de la figura 1 de manera que el conjunto 114 de placa de oscilación y el sistema 116 de cabeceo y alabeo se pueden apreciar de forma más clara.
- Tal y como se representa, el conjunto 114 de placa de oscilación incluye una primera placa 202 de oscilación y una segunda placa 204 de oscilación. En este ejemplo ilustrativo, la primera placa 202 de oscilación está configurada para girar alrededor del eje 130 central a medida que el mástil 120 gira alrededor del eje 130 central. Sin embargo, la segunda placa 204 de oscilación puede que no esté configurada para girar con respecto al eje 130 central en este ejemplo ilustrativo.
- El sistema 116 de alabeo y cabeceo está asociado con una primera placa 202 de oscilación. Tal y como se representa, el sistema 116 de cabeceo y alabeo incluye sistemas 206, 208, 210 y 212 de actuación. Estos sistemas de actuación están asociados con la primera placa 202 de oscilación en este ejemplo ilustrativo. Además, estos sistemas de actuación están conectados de forma móvil a la primera placa 202 de oscilación.
- Tal y como se utiliza en el presente documento, cuando un primer componente, tal como el sistema 206 de actuación, está "conectado de forma móvil" a un segundo componente, tal como una primera placa 202 de oscilación, cada uno de, el primer componente y el segundo componente puede moverse entre sí. De esta manera, cada sistema 206, 208, 210 y 212 de actuación puede estar conectado a la primera placa 202 de oscilación de una manera que permite que el sistema de actuación se mueva con respecto a la primera placa 202 de oscilación.
- Los sistemas 206, 208, 210 y 212 de actuación están también asociados con palas 122, 124, 126 y 128 respectivamente. Cada uno de los sistemas 206, 208, 210 y 212 de actuación está situado de forma externa con respecto a la correspondiente pala. De esta manera, estos sistemas de actuación no cambian la forma o contorno de las palas correspondientes y no añaden un peso adicional a las palas correspondientes. Cada uno de los sistemas 206, 208, 210 y 212 de actuación pueden ser utilizados para cabecear y/o alabear la correspondiente pala a la cual está asociado el sistema de actuación.
- Con referencia ahora la figura 3, se representa una ilustración de una vista isométrica del sistema 206 de actuación asociado con la pala 122 de la figura 2 de acuerdo con un modo de realización ilustrativo. Tal y como se representa, la pala 122 tiene una porción 301 de raíz, una porción 303 intermedia, y una porción 305 de punta. Además, la pala 122 tiene un borde 311 de ataque y un borde 313 de fuga.
- La porción 301 de raíz de la pala 122 es la porción de la pala 122 entre el primer extremo 307 de la pala 122 y una posición sobre la pala 122 cerca del primer extremo 307. La porción 303 intermedia de la pala 122 está situada entre la porción 301 de raíz de la pala 122 y la porción 305 de punta de la pala 122. La porción 305 de punta de la pala 122 es la porción de la pala 122 entre el segundo extremo 309 de la pala 122 y la posición de la pala 122 cerca del segundo extremo 309 de la pala 122. En este ejemplo ilustrativo, el primer extremo 307 de la pala 122 puede referirse como la "raíz" de la pala 122, mientras que el segundo extremo 309 de la pala 122 puede referirse como la "punta" de la pala 122.
- Tal y como se representa, el sistema 206 de actuación está asociado con la porción 301 de raíz de la pala 122. En otras palabras, el sistema 206 de actuación está situado cerca del primer extremo 307 de la pala 122. En este ejemplo ilustrativo, el sistema 206 de actuación incluye un mecanismo 300 de actuación de raíz, un mecanismo 302 de

actuación de punta y un miembro 306. El mecanismo 300 de actuación de raíz, el mecanismo 302 de actuación de punta y el miembro 306 están situados fuera de la pala 122. De esta manera, el sistema 206 de actuación es externo a la pala 122.

5 El mecanismo 300 de actuación de raíz toma la forma de un actuador 304 lineal en este ejemplo ilustrativo. El actuador 304 lineal está configurado para crear una fuerza en una dirección a lo largo del eje 315. En particular, el actuador 304 lineal está configurado para alargarse y acortarse con respecto al eje 315. El alargamiento y acortamiento del actuador 304 lineal crea una fuerza en una dirección a lo largo del eje 315.

10 El actuador 304 lineal puede tomar varias formas. Por ejemplo, el actuador 304 lineal puede tomar la forma de un actuador lineal hidráulico, un actuador lineal electromecánico, un actuador lineal neumático, un actuador lineal piezoeléctrico, o algún otro tipo de actuador lineal.

15 En este ejemplo ilustrativo, el actuador 304 lineal está conectado de forma rígida al miembro 306. Tal y como se utiliza en el presente documento, cuando un primer componente, tal como el actuador 304 lineal está "conectado de forma rígida" a un segundo componente, tal como el miembro 306, estos componentes son incapaces de moverse entre sí. En otras palabras, el movimiento de uno de los componentes puede provocar un movimiento de tipo similar en el otro componente. En otras palabras, la conexión es una conexión fija. En un ejemplo ilustrativo, el movimiento del actuador 304 lineal en una dirección particular a lo largo del eje 315 provoca una cantidad de movimiento sustancialmente igual del miembro 306 en la misma dirección a lo largo del eje 315.

20 El miembro 306 toma la forma de un enlace estructural en este ejemplo. Tal y como se representa, el miembro 306 está conectado de forma móvil a la parte 308 de la pala 122 en la porción 301 de raíz de la pala 122. La parte 308 es integral con la pala 122 en este ejemplo ilustrativo. Sin embargo, en otros ejemplos ilustrativos, la parte 308 puede ser un miembro separado que está conectado de forma rígida a la pala 122.

25 El mecanismo 302 de actuación de punta toma la forma de un actuador 310 lineal. El actuador 310 lineal está configurado para crear también una fuerza en una dirección a lo largo del eje 317. Particular, el actuador 310 lineal está configurado para alargarse y acortarse con respecto al eje 317. El alargamiento o acortamiento del actuador 310 lineal crea una fuerza en la dirección a lo largo del eje 317.

El actuador 310 lineal puede tomar varias formas. Por ejemplo, similar al actuador 304 lineal, el actuador 310 lineal puede tomar la forma de un actuador lineal hidráulico, un actuador lineal electromecánico, un actuador lineal neumático, un actuador lineal piezoeléctrico, o algún otro tipo de actuador lineal.

30 El actuador 310 lineal está conectado de forma móvil al actuador 304 lineal. Además, el actuador 310 lineal está conectado de forma móvil a una parte 314 del miembro 316 alargado en este ejemplo ilustrativo. La parte 314 es integral con el miembro 316 alargado en este ejemplo ilustrativo. Sin embargo, en otros ejemplos ilustrativos, la parte 314 puede ser un componente separado que está conectado de forma rígida al miembro 316 alargado.

35 El miembro 316 alargado puede referirse como un tubo de par de torsión en este ejemplo ilustrativo. El miembro 316 alargado está conectado a la porción 305 de punta de la pala 122. En particular, la parte 318 del miembro 316 alargado está conectada a la porción 305 de punta de la pala 122. La parte 318 es integral con el miembro 316 alargado en este ejemplo ilustrativo. Sin embargo, en otros ejemplos ilustrativos, la parte 318 puede ser un componente separado que está conectado de forma rígida al miembro 316 alargado. En este ejemplo ilustrativo, el miembro 316 alargado puede que no esté conectado a otra porción de la pala 122.

40 Cuando el actuador 304 lineal se alarga, se genera una fuerza 322. La fuerza 322 puede ser transferida a la parte 308 de la pala 122 en la porción 301 de raíz de la pala 122. La transferencia de la fuerza 322 a la parte 308 aplica un par 324 de torsión a la porción 301 de raíz, que rota la porción 301 de raíz alrededor del eje 320 de cabeceo a través de la pala 122.

45 Cuando el actuador 304 lineal se acorta, se genera una fuerza que es opuesta la fuerza 322. La transferencia de esta fuerza opuesta a la parte 308 aplica un par 326 de rotación a la porción 301 de raíz, que rota la porción 301 de raíz alrededor del eje 320 de cabeceo. Tal y como se representa, el par 326 de torsión es opuesto al par 324 de torsión. De esta manera, la rotación de la porción 301 de raíz alrededor del eje 320 de cabeceo provocada por el par 326 de torsión puede ser en una dirección opuesta a la rotación de la porción 301 de raíz causada por el par 324 de torsión.

50 De forma adicional, cuando el actuador 310 lineal se acorta, se genera una fuerza 328. La fuerza 328 puede ser transferida a una parte 314 del miembro 316 alargado. La transferencia de la fuerza 328 a la parte 314 aplica un par 330 de torsión para alargar el miembro 316, y por lo tanto, la porción 305 de punta de la pala 122 conectada al miembro 316 alargado. El par 330 de torsión provoca que la porción 305 de punta rote alrededor del eje 320 de cabeceo.

55 Cuando el actuador 310 lineal se acorta, se genera una fuerza que es opuesta a la fuerza 328. La transferencia de esta fuerza opuesta a la parte 314 aplica un par 332 de torsión para alargar el miembro 316, y por lo tanto, la porción 305 de punta, que rota la porción 305 de punta alrededor del eje 320 de cabeceo. Tal y como se representa, el par 332 de torsión es opuesto al par 330 de torsión. De esta manera, la rotación de la porción 305 de punta alrededor del

eje 320 de cabeceo provocada por el par 332 de torsión puede ser en una dirección opuesta a la rotación de la porción 305 de punta provocada por el par 330 de torsión.

Además, en este ejemplo ilustrativo, el actuador 310 lineal puede moverse cuando el actuador 304 lineal se alarga o se acorta. El movimiento del actuador 310 lineal genera una fuerza que puede ser transferida a la parte 314 de la pala 122. La transferencia de esta fuerza puede aplicar un par 324 de torsión un par 326 de torsión para alargar el miembro 316, y por tanto, la porción 305 de punta de la pala 122, dependiendo del movimiento del actuador 310 lineal.

De esta manera, se puede aplicar un primer par de torsión a la porción 301 de raíz de la pala 122 mediante el mecanismo 300 de actuación de raíz. Un segundo par de torsión se puede aplicar a la porción 305 de punta de la pala 122 mediante el mecanismo 302 de actuación de punta. El segundo par de torsión puede ser provocado por el alargamiento o acortamiento del mecanismo 302 de actuación de punta y/o el movimiento del mecanismo 302 de actuación de punta en respuesta al alargamiento o acortamiento del mecanismo 300 de actuación de raíz.

Cuando el primer par de torsión aplicado a la porción 301 de raíz de la pala 122 y el segundo par de torsión aplicado a la porción 305 de punta de la pala 122 son sustancialmente iguales y en la misma dirección, la totalidad de la pala 122 gira alrededor del eje 320 de cabeceo la misma cantidad. En otras palabras, cuando el primer par de torsión y el segundo par de torsión son sustancialmente iguales y en la misma dirección, la totalidad de la pala 122 cabecea la misma cantidad. La totalidad de la pala 122 incluye la porción 301 de raíz, la porción 303 intermedia, y la porción 305 de punta.

Sin embargo, cuando el primer par de torsión aplicado a la porción 301 de raíz de la pala 122 y el segundo par de torsión aplicado a la porción 305 de punta de la pala 122 no son sustancialmente iguales y/o no son en la misma dirección, la porción 301 de raíz de la pala 122 gira alrededor del eje 320 de cabeceo de la pala 122 de forma diferente de la porción 305 de punta de la pala 122. En otras palabras, la pala 122 se alabea. El grado de alabeo de la pala 122 depende de la magnitud y dirección del primer par de torsión y del segundo par de torsión.

En este ejemplo ilustrativo, el sistema 206 de actuación puede ser utilizado para cambiar la cantidad de alabeo de la pala 122 durante diferentes regímenes de vuelo de la aeronave 100 de palas giratorias. Este tipo de alabeo de la pala 122 puede referirse como un alabeo dinámico.

Además, el sistema 206 de actuación puede ser utilizado para cabecear la pala 122 en una frecuencia de cabeceo dentro de un rango seleccionado. En algunos casos, la pala 122 puede ser cabeceada a una frecuencia de cabeceo más grande que aproximadamente una vez por revolución. Por supuesto, en otros ejemplos ilustrativos, la pala 122 puede estar configurada para ser cabeceada a algunas otras frecuencias de cabeceo.

El sistema 206 de actuación puede ser accionado de tal manera que la pala 122 hacia un ciclo a través de este rango seleccionado de más de una vez por revolución. Por ejemplo, durante el vuelo de la aeronave 100 de palas giratorias, el sistema 206 de actuación puede ser accionado de tal manera que la frecuencia de cabeceo de la a la 122 es dos veces por revolución alrededor del mástil 120, tres veces por revolución alrededor del mástil 120, cinco veces por revolución alrededor del mástil 120, diez veces por revolución alrededor del mástil 120, o cualquier otra frecuencia de cabeceo por encima de una vez por revolución alrededor del mástil 120.

En este ejemplo ilustrativo, los sistemas 206, 208, 210 y 212 de actuación en la figura 2 se pueden utilizar para cabecear y/o alabear las palas 122, 124, 126 y 128, respectivamente, juntas o de forma independiente entre sí. Por ejemplo, la pala 122 y 126 pueden ser cabeceada as a frecuencias más altas que la pala 124 y la pala 128 durante un vuelo de avance. Como otro ejemplo, la cantidad de alabeo de la pala 122 y de la pala 126 puede cambiarse durante el vuelo de avance mientras que la cantidad de alabeo de la pala 124 y de la para 128 se deja sin cambios.

Las ilustraciones de la aeronave 100 de palas giratorias en la figura 1, el sistema 108 de rotor principal en la figura 2, y el sistema 206 de actuación en la figura 3 no significa que impliquen limitaciones físicas o arquitecturales a la manera en que se puede implementar un modo de realización ilustrativo. Se pueden utilizar otros componentes adicionalmente o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales. Otra configuración para un sistema de actuación es representada en las figuras 4-5.

Con referencia hora a la figura 4, se representa una ilustración de la vista lateral de una porción del sistema de rotor. En este ejemplo ilustrativo, un sistema 400 de rotor incluye un conjunto 402 de placa de oscilación, un mástil 404, un buje 406, una pala 408. La pala 408 está conectada al buje 406 y configurada para rotar alrededor del mástil 404. La pala 408 puede ser descrita como que tiene una porción 409 de raíz, una porción 411 de punta, y una porción 413 intermedia situada entre la porción 409 de raíz y la porción 411 de punta.

Tal y como se representado, el conjunto 402 de la caja de oscilación incluye una primera placa 410 de oscilación y una segunda placa 412 de oscilación. La primera placa 410 de oscilación está asociada con la segunda placa 412 de oscilación a través de rodamientos 414 de bolas. Los rodamientos 414 de bolas permiten que la primera placa 410 de oscilación gire con respecto a la segunda placa 412 de oscilación.

En este ejemplo ilustrativo, un conjunto de actuadores 416 lineales está asociado con la segunda placa 412 de oscilación. Un conjunto de actuadores 416 lineales se puede utilizar para mover el conjunto 402 de placa de oscilación verticalmente y/o para inclinar el conjunto 402 de placa de oscilación.

5 El sistema 418 de actuación está asociado con tanto el conjunto 402 de placa de oscilación como la pala 408. El sistema 418 de actuación es externo a la pala 408. El sistema 418 de actuación puede tener una configuración diferente a los sistemas 206 de actuación en las figuras 2-3.

10 Tal y como se representa, el sistema 418 de actuación incluye un mecanismo 420 de actuación de raíz, un mecanismo 422 de actuación de punta, y un miembro 424. En este ejemplo ilustrativo, el mecanismo 420 de actuación de raíz toma la forma de un actuador 421 lineal y el mecanismo 422 de actuación de punta toma la forma de un actuador 423 lineal.

El actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal están ambos conectados de forma móvil al miembro 424. El miembro 424 está conectado de forma rígida a la primera placa 410 de oscilación.

15 El actuador 421 lineal está asociado con una porción 409 de raíz de la pala 408. El actuador 421 lineal está configurado para generar una primera fuerza que puede ser utilizada para aplicar un primer par de torsión a la totalidad de la pala 408. El actuador 423 lineal está asociado con un miembro 426 alargado dentro de la pala 408. El miembro 426 alargado está conectado a la porción 411 de punta de la pala 408. El actuador 423 lineal está configurado para generar una segunda fuerza que puede ser utilizada para aplicar un segundo par de torsión al miembro 426 alargado, y por lo tanto, a la porción 411 de punta de la pala 408.

20 El mecanismo 420 de actuación de raíz y el mecanismo 422 de actuación de punta puede que no estén acoplados en este ejemplo ilustrativo. En otras palabras, el alargamiento o acortamiento de uno de, el actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal puede que no provoque el movimiento del otro actuador lineal.

La pala 408 puede ser cabeceada alargando el actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal la misma cantidad o acortando el actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal la misma cantidad. En otras palabras, la pala 408 puede ser cabeceada accionando el actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal de la misma manera.

25 La pala 408 puede ser alabeada accionando estos valores lineales de forma diferente. Por ejemplo, la pala 408 puede ser alabeada alargando uno de, el actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal y acortando o no accionando el otro actuador lineal.

30 Como otro ejemplo, la pala 408 puede ser alabeada acortando uno de, el actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal y alargando o no accionando el otro actuador lineal. Como otro ejemplo más, la pala 408 puede ser alabeada alargando el actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal diferentes cantidades o acortando el actuador 421 lineal y el actuador 423 lineal diferentes cantidades.

35 Volviendo ahora la figura 5, se representa una ilustración de una vista superior del sistema 400 de rotor de la figura 4 de acuerdo con un modo de realización ilustrativo. Tal y como se representa, el actuador 421 lineal puede estar conectado a la pala 408 por el miembro 500. El actuador 423 lineal puede estar conectado al miembro 426 alargado mediante el miembro 502.

Con referencia ahora la figura 6, se representa una ilustración de varias configuraciones potenciales de un sistema de actuación de acuerdo con un modo de realización ilustrativo. Las configuraciones 600 representan configuraciones potenciales para un sistema de actuación para una pala. En particular, las configuraciones 600 pueden ser representaciones esquemáticas de sistemas de actuación.

40 Tal y como se representa, las configuraciones 600 incluyen una configuración 602, una configuración 604, una configuración 608, aunque esta configuración 608 no es reivindicada, y una configuración 610. Cada una de estas configuraciones para un sistema de actuación incluye un primer mecanismo de actuación y un segundo mecanismo de actuación.

45 El primer mecanismo de actuación puede estar asociado a una porción de raíz de una pala, mientras que el segundo mecanismo de actuación puede estar asociado a una porción de punta de una pala a través de un miembro ha alargado. De esta manera, el primer mecanismo de actuación y el segundo mecanismo de actuación pueden referirse como un mecanismo de actuación de raíz y un mecanismo de actuación de punta, respectivamente. El mecanismo de actuación de raíz y el mecanismo de actuación de punta puede cada uno ser implementado utilizando uno o más actuadores. Por ejemplo, cada uno de estos mecanismos de actuación puede ser implementado utilizando un actuador
50 lineal o un actuador rotatorio.

Además, los miembros descritos en las configuraciones más abajo pueden ser miembros rígidos de longitud y tamaños fijos. Cada uno de estos miembros puede ser seleccionado de uno de, por ejemplo, sin limitación, un enlace estructural, un vástago, una viga, un tubo, o cualquier otro tipo de miembro estructural.

ES 2 640 534 T3

- 5 La configuración 602 representa la misma configuración utilizada para el sistema 206 de actuación en las figuras 2-3. El sistema de actuación representado por la configuración 602 incluye un conjunto 612 de placa de oscilación, un primer actuador 614 lineal, un segundo actuador 616 lineal, un miembro 615, y un miembro 618. Tal y como se representa, el conjunto 612 de placa de oscilación incluye una primera placa 620 de oscilación y una segunda placa 622 de oscilación. La primera placa 620 de oscilación está asociada a la segunda placa 622 de oscilación a través de rodamientos 624 de bolas. Los rodamientos 624 de bolas permiten a la primera placa 620 de oscilación rotar con respecto a la segunda placa 622 de oscilación.
- 10 El primer actuador 614 lineal está conectado directamente a la primera placa 620 de oscilación. El miembro 615 está conectado al primer actuador 614 lineal. El segundo actuador 616 lineal y el miembro 618 están conectados al miembro 625.
- 15 El miembro 618 puede estar asociado con la porción de raíz de la pala. El accionamiento del primer actuador 614 lineal provoca el movimiento del miembro 618, el cual a su vez, provoca que la porción de raíz de la pala rote alrededor del eje de cabeceo a través de la pala.
- Además, el segundo actuador 616 lineal puede estar asociado con un miembro alargado que está conectado a la porción de punta de la misma pala. El accionamiento del primer actuador 614 lineal provoca el movimiento del segundo actuador 616 lineal, el cual a su vez, provoca que la porción de punta de la pala rote alrededor del eje de cabeceo. De forma adicional, el accionamiento del segundo actuador 616 lineal también provoca que la porción de punta de la pala rote alrededor del eje de cabeceo.
- 20 Con la configuración 602, el cabeceo de la pala puede requerir el accionamiento de tanto el primer actuador 614 lineal como del segundo actuador 616 lineal. Sin embargo, el alabeo de la pala puede sólo requerir que al menos uno de, el primer actuador 614 lineal y el segundo actuador 616 lineal sea accionado.
- 25 Volviendo ahora a la configuración 604, el sistema de actuación representado incluye un conjunto 626 de placa de oscilación, un primer actuador 628 lineal, un segundo actuador 630 lineal, un miembro 632, y un miembro 633. La configuración 604 representa la misma configuración para el sistema 418 de actuación en las figuras 4-5. Tal y como se representa, el conjunto 626 de placa de oscilación incluye una primera placa 634 de oscilación y una segunda placa 636 de oscilación, que están asociadas entre sí a través de rodamientos 638 de bolas.
- 30 El primer actuador 628 lineal y el segundo actuador 630 lineal están conectados a la primera placa 634 de oscilación a través del miembro 632 y del miembro 633. El primer actuador 628 lineal puede estar asociado con la porción de raíz de una pala y utilizado para girar esta porción de raíz alrededor del eje de cabeceo a través de la pala. El segundo actuador 630 lineal puede estar asociado con el miembro alargado que está conectado a una porción de punta de la misma pala y utilizado para girar esta porción de punta alrededor del eje de cabeceo.
- 35 El cabeceo de esta pala puede requerir el accionamiento de tanto el primer actuador 628 lineal como del segundo actuador 630 lineal. Sin embargo, el alabeo de la pala puede requerir sólo el accionamiento de al menos uno de, el primer actuador 628 lineal y el segundo actuador 630 lineal.
- 40 El sistema de actuación representado por la configuración 608 incluye un conjunto 652 de placa de oscilación dual, un mecanismo 654 de actuación de raíz, un mecanismo 656 de actuación de punta, un miembro 658, y un miembro 660. El mecanismo 654 de actuación de raíz incluye actuadores 662, 664 y 666 lineales. El mecanismo 656 de actuación de punta incluye actuadores 668, 670 y 672 lineales.
- 45 Tal y como se representa, el conjunto 652 de la caja de oscilación dual incluye placas 674, 676, 678 y 680 de oscilación. La placa 674 de oscilación y la placa 676 de oscilación están asociadas a través de rodamientos 682 de bolas. La placa 678 de oscilación y la placa 680 de oscilación están asociadas a través de rodamientos 684 de bolas. Los actuadores 662, 664 y 666 lineales del mecanismo 654 de actuación de raíz están conectados a la placa 680 de oscilación. Los actuadores 668, 670 y 672 lineales del mecanismo 656 de actuación de punta están conectados a la placa 676 de oscilación. Además, el miembro 658 está conectado a la placa 674 de oscilación, mientras que el miembro 660 está conectado a la placa 678 de oscilación.
- 50 Los actuadores 662, 664 y 666 lineales pueden ser utilizados para mover la placa 680 de oscilación, y por lo tanto la placa 678 de oscilación, la cual a su vez, mueve el miembro 660. El miembro 660 puede estar asociado con la porción de raíz de la pala. El movimiento del miembro 660 puede provocar que la porción de raíz sea rotada alrededor del eje de cabeceo a través de la pala.
- 55 Los actuadores 668, 670 y 672 lineales pueden ser utilizados para mover la placa 676 de oscilación, y por lo tanto la placa 674 de oscilación, la cual a su vez mueve el miembro 658. El miembro 658 puede estar asociado con un miembro alargado que está conectado a la porción de punta de la pala. El movimiento del miembro 658 puede provocar que la porción de punta sea rotada alrededor del eje de cabeceo.
- Con la configuración 608, el cabeceo de la pala puede requerir el accionamiento de tanto el mecanismo 654 de actuación de raíz como el mecanismo 656 de actuación de punta. Sin embargo, el alabeo de la pala puede requerir

sólo que al menos uno de, el mecanismo 654 de actuación de raíz y el mecanismo 656 de actuación de punta sea accionado.

5 El sistema de actuación representado por la configuración 610 incluye un conjunto 686 de placa de oscilación, un actuador 688 lineal, un actuador 690 rotatorio, un miembro 692, un miembro 694, y un miembro 695. El conjunto 686 de placa de oscilación incluye una primera placa 696 de oscilación y una segunda placa 698 de oscilación que están asociadas entre sí mediante rodamientos 699 de bolas.

10 El actuador 688 lineal está conectado a la primera placa 696 de oscilación. El miembro 695 está conectado al actuador 688 lineal. El miembro 692 y el miembro 694 están conectados al miembro 695. El miembro 692 puede estar asociado con una porción de raíz de una pala. El actuador 690 rotatorio está conectado al miembro 694. El actuador 690 rotatorio puede estar asociado con un miembro alargado que está conectado a una porción de punta de la pala.

15 El accionamiento del actuador 688 lineal provoca el movimiento del miembro 692 y del miembro 694. El movimiento del miembro 692 puede provocar la rotación de la porción de raíz de la pala alrededor del eje de cabeceo a través de la pala. El movimiento del miembro 694 puede provocar la rotación de la porción de punta de la pala alrededor del eje de cabeceo. Además, el accionamiento del actuador 690 puede también provocar la rotación de la porción de punta de la pala alrededor del eje de cabeceo.

La ilustración de las configuraciones 600 para un sistema de actuación en la figura 6 no quiere decir que implica limitaciones físicas o arquitecturales a la manera en que se puede implementar un modo de realización ilustrativo. Se pueden utilizar otros componentes en adición o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales.

20 Por ejemplo, en algunos casos, una configuración para el sistema de actuación puede incluir un actuador rotatorio asociado con la porción de raíz de la pala adicionalmente al actuador rotatorio asociado con el miembro alargado conectado a la porción de punta de la pala. En esta configuración puede que no se necesiten actuadores lineales.

En otros ejemplos de modos de realización más, el sistema de actuación puede incluir sólo un mecanismo de actuación. Por ejemplo, el mecanismo de actuación único puede ser utilizado para alabear la pala.

25 Con referencia ahora a la figura 7, se representa una ilustración de una porción de un sistema de rotor de acuerdo con un modo de realización ilustrativo. En este ejemplo ilustrativo, el sistema 700 de rotor incluye un mástil 702, un buje 704, y una pala 706. La pala 706 está conectada al buje 704 y configurada para girar alrededor del mástil 702. La pala 706 puede ser descrita como que tiene una porción 708 de raíz, una porción 710 de punta y una porción 712 intermedia situada entre la porción 708 de raíz y la porción 710 de punta.

30 El sistema 713 de actuación está asociado con una porción 708 de punta de la pala 706 pero es externo a la pala 706. El sistema 713 de actuación comprende un actuador 714 rotatorio. El actuador 714 rotatorio puede ser un ejemplo de una manera en la cual puede ser implementado el actuador 690 rotatorio en la figura 6. Sin embargo, puede que no estén presentes otros actuadores o mecanismos de actuación en el sistema 713 de actuación. En otras palabras, el sistema 713 de actuación puede que no incluya un actuador lineal tal como, por ejemplo, el actuador 688 lineal en la figura 6.

En este ejemplo ilustrativo, el actuador 714 rotatorio está asociado con el miembro 716 alargado que discurre a través de la pala 706. El miembro 716 alargado puede ser referido como un tubo de par de rotación. El miembro 716 alargado puede estar conectado a la porción 710 de punta de la pala 706 pero no a otra porción de la pala 706.

40 Tal y como se representa, el actuador 714 rotatorios está situado cerca de la porción 708 de raíz de la pala 706 externo a la pala 706. El actuador 714 rotatorio puede ser utilizado para rotar el miembro 716 alargado. El miembro 716 alargado que rota provoca que la porción 710 de punta de la pala 706 conectada al miembro 716 alargado gire alrededor del eje 718 de cabeceo a través de la pala 706. En particular, la porción 710 de punta de la pala 706 puede ser rotada alrededor del eje 718 de cabeceo con respecto a la porción 708 de raíz de la pala. De esta manera, la pala 706 puede ser alabeada.

45 La ilustración del sistema 700 de rotor en la figura 7 no significa que implique limitaciones físicas o arquitecturales en la manera a la manera en que se puede implementar un modo de realización ilustrativo. Se pueden utilizar otros componentes adicionalmente o en lugar de los ilustrados. Algunos componentes pueden ser opcionales.

50 Con referencia ahora a la figura 8, se representa una ilustración de un proceso para mover una pala de una aeronave de palas giratorias en forma de un diagrama de flujo de acuerdo con un modo de realización ilustrativo. El proceso ilustrado en la figura 8 puede ser implementado utilizando, por ejemplo, sin limitación, el sistema 116 de cabeceo y alabeo de la figura 1.

55 El proceso comienza aplicando un primer par de torsión a una porción de raíz de una pala utilizando un mecanismo de actuación de raíz asociado con la porción de raíz de la pala de tal manera que la porción de raíz de la pala rota alrededor de un eje a través de la pala (operación 800). Este eje puede ser, por ejemplo, un eje de cabeceo a través de la pala.

Posteriormente, se aplica un segundo par de torsión a un miembro alargado conectado a una porción de punta de la pala utilizando un mecanismo de actuación de punta asociado con el miembro alargado de tal manera que el miembro alargado y la porción de punta de la pala rotan alrededor del eje (operación 802), con el proceso terminando posteriormente. El miembro alargado puede también ser referido como un tubo de par de torsión. Además, el mecanismo de actuación de raíz y el mecanismo de actuación de punta puede cada uno tomar la forma de un actuador lineal, un actuador rotatorio, y/o uno o más actuadores de cualquier tipo.

El mecanismo de actuación de raíz y el mecanismo de actuación de punta son parte de un sistema de actuación para la pala. Dependiendo de la configuración para el sistema de actuación, la operación 800 y la operación 802 se pueden realizar de forma simultánea para cabecear la pala. En algunos casos, sólo se necesita que se realice la operación 800 para cabecear la pala. Además, al menos una de, la operación 800 y la operación 802 pueden realizarse para alabeo la pala.

Con referencia ahora a la figura 9, es representada una ilustración de un proceso para mejorar el rendimiento de una aeronave de palas giratorias durante el vuelo en forma de un diagrama de flujo, de acuerdo con un modo de realización ilustrativo. El proceso ilustrado en la figura 9 puede realizarse para mejorar el rendimiento de una aeronave de palas giratorias tal como, por ejemplo, la aeronave 100 de palas giratorias en la figura 1.

El proceso comienza haciendo funcionar la aeronave de palas giratorias (operación 900). La aeronave de palas giratorias puede tener un sistema de cabeceo y alabeo, tal como, por ejemplo, el sistema 116 de cabeceo y alabeo en la figura 1. El sistema de cabeceo y alabeo puede incluir un sistema de actuación asociado con cada una de las palas del rotor de la aeronave de palas giratorias. Cada uno de estos sistemas de actuación puede ser implementado utilizando cualquiera de las configuraciones 600 en la figura 6. Dependiendo de la implementación, se pueden utilizar las mismas y/o diferentes configuraciones para los diferentes sistemas de actuación asociados con las diferentes palas de rotor.

Durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias, al menos una de las palas del rotor de la aeronave de palas giratorias es cabeceada a una frecuencia de cabeceo seleccionada utilizando un sistema de actuación asociado con la al menos una de las palas del rotor de la aeronave de palas giratorias (operación 902). La frecuencia de cabeceo seleccionada puede ser, por ejemplo, un número de ciclos de cabeceo por revolución mayor que, pero no limitado a, una vez por revolución. El cabeceo de las palas del rotor a una frecuencia de cabeceo alta puede proporcionar un rendimiento de elevación mejorado de la aeronave de palas giratorias.

Además, durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias, la cantidad de alabeo del al menos una de las palas del rotor de la aeronave de palas giratorias se cambie utilizando un sistema de actuación asociado con al menos una de las palas de rotor de la aeronave de palas giratorias (operación 904), con el proceso terminando posteriormente. La cantidad de alabeo de la al menos una de las palas de rotor puede cambiarse cualquier número de veces mientras que la aeronave de palas giratorias está en cualquier o una combinación de los regímenes de vuelo de la aeronave de palas giratorias.

En algunos casos, el alabeo de una pala puede cambiarse dentro de una única revolución de la pala. El alabeo de las palas del rotor de la aeronave de palas giratorias puede utilizarse para reducir las vibraciones generadas por las palas del rotor y/o el ruido. De esta manera, se puede mejorar el rendimiento aerodinámico de la aeronave de palas giratorias.

Los diagramas de flujo y los diagramas de bloque en los diferentes modos de realización representados ilustran la arquitectura, funcionalidad y funcionamiento de algunas posibles implementaciones de aparatos y métodos en un modo de realización ilustrativo. A este respecto, cada bloque en el diagrama de flujo o en el diagrama de bloques puede representar un módulo, un segmento, una función, y/o una porción de una operación o etapa.

En algunas implementaciones alternativas de un modo de realización ilustrativo, la función o funciones de notadas en los bloques pueden suceder fuera del orden denotado en las figuras. Por ejemplo, en algunos casos, dos bloques mostrados en sucesión pueden ser ejecutados de forma sustancial, de forma concurrente, o los bloques algunas veces pueden ser realizados en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada. También, se pueden añadir otros bloques adicionalmente a los bloques ilustrados en el diagrama de flujo o el diagrama de bloques.

Por tanto, los modos de realización los ilustrativos proporcionan un sistema de actuación que puede estar asociado con una pala para una aeronave de palas giratorias y utilizado para cabecear y/o alabeo la pala. En un modo de realización ilustrativo, un sistema de actuación comprende un mecanismo de actuación de raíz y un mecanismo de actuación de punta.

El mecanismo de actuación de raíz está asociado con una porción de raíz de una pala y está configurado para transferir una primera fuerza a la porción de raíz de la pala. La transferencia de esta primera fuerza a la porción de raíz de la pala aplica un primer par de torsión a la porción de raíz de la pala que mueve la porción de raíz de la pala. En particular, la aplicación del primer par de torsión a la porción de raíz de la pala provoca que la porción de raíz de la pala gire alrededor del eje de cabeceo a través de la pala.

El mecanismo de actuación de punta está asociado con un miembro alargado en la porción de raíz de la pala. El miembro alargado está asociado con una porción de punta de la pala. La porción del miembro alargado en la porción de raíz de la pala puede considerarse como "con flotación libre" con respecto a la porción de raíz de la pala.

- 5 El mecanismo de actuación de punta está configurado para transferir una segunda fuerza al miembro alargado. Transfiriendo esta primera fuerza al miembro alargado aplica un segundo par de torsión al miembro alargado y la porción de punta de la pala asociada al miembro alargado que provoca que la porción de punta de la pala se mueva alrededor del eje de cabeceo a través de la pala. En particular, la aplicación del segundo par de torsión a la porción de punta de la pala provoca que la porción de punta de la pala rote alrededor del eje de cabeceo.
- 10 Los modos de realización ilustrativos reconocen y toman en cuenta que este tipo de sistema de actuación no requiere el uso de ningún actuador integrado en la pala. De esta manera, el sistema de actuación proporcionado por los modos de realización ilustrativos puede que no incremente el peso de la pala más de lo deseado. Además, puede que no se necesite entregar potencia a la propia pala. En otras palabras, puede que no se necesite añadir líneas de potencia adicionales y/u otros componentes a la pala para entregar potencia a la pala.
- 15 De forma adicional, utilizando un sistema de actuación que esté asociado con la porción de raíz de la pala, el contorno global de la pala puede que no sea afectado. Por tanto, el rendimiento de la pala puede que no se reduzca más allá de tolerancias seleccionadas con este tipo de sistema de actuación montado en raíz.
- 20 Además, la configuración del sistema de actuación descrita anteriormente permite a los mecanismos de actuación tener tiempos de respuesta más cortos que los actuadores basados en termoelectricidad o actuadores piezoeléctricos que se van a usar. De esta manera, el alabeo de la pala se puede lograr más rápidamente y de forma más efectiva utilizando el sistema de actuación descrito por los modos de realización ilustrativos en comparación con algunos sistemas de actuación disponibles actualmente.
- La descripción de los diferentes modos de realización ilustrativos ha sido presentada por propósitos de ilustración y descripción, y no pretende ser exhaustiva o limitada a los modos de realización en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes a los expertos medios en la materia.
- 25 Además, los diferentes modos de realización ilustrativos pueden proporcionar diferentes características en comparación con otros modos de realización ilustrativos. El modo de realización o modos de realización seleccionados son elegidos y descritos con el fin de explicar mejor los principios de los modos de realización, la aplicación práctica y para permitir a otros distintos al experto la materia entender la divulgación para los distintos modos de realización con varias modificaciones tal y como son adecuados para el uso particular contemplado.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato que comprende:

una pala (122) de una aeronave (100) de palas giratorias;

5 un mecanismo (302) de actuación de punta que es externo a la pala y asociado con un miembro (316) alargado que está conectado a una porción (305) de punta de la pala, en donde el mecanismo de actuación de punta está configurado para aplicar un par de torsión al miembro alargado de manera que la porción de punta de la pala rota alrededor de un eje (320) a través de la pala; y

10 un mecanismo (300) de actuación de raíz externo a la pala y asociado con una porción (301) de raíz de la pala, en donde el mecanismo de actuación de raíz está configurado para aplicar un par de torsión a la porción de raíz de la pala de tal manera que la porción de raíz de la pala rote alrededor del eje (320), en donde el mecanismo de actuación de punta y el mecanismo de actuación de raíz son parte del sistema de actuación configurado para alabeo la pala, estando el aparato caracterizado porque el mecanismo de actuación de raíz y el mecanismo de actuación de punta están asociados con un único conjunto de placa de oscilación.

15 2. El aparato de la reivindicación 1, en donde el sistema de actuación está configurado para cabecear la pala a una frecuencia de cabeceo seleccionada mayor que una vez por revolución durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias.

3. El aparato de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2, en donde el sistema de actuación está configurado para cambiar una cantidad de alabeo de la pala mientras que la aeronave de palas giratorias está en un régimen de vuelo durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias.

20 4. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el par de torsión aplicado a la porción de raíz de la pala es un primer par de torsión aplicado transfiriendo una primera fuerza generada por el mecanismo de actuación de raíz a la porción de raíz de la pala y en donde el par de torsión aplicado al miembro alargado es un segundo par de torsión aplicado por transferencia de una segunda fuerza generada por el mecanismo de actuación de punta a la porción de punta de la pala a través del miembro alargado.

25 5. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el miembro alargado es un tubo de par de torsión.

6. Un método para mover una pala (122) de una aeronave (100) de palas giratorias, el método que comprende:

hacer funcionar la aeronave de palas giratorias (900); y

30 aplicar un par de torsión a un miembro alargado conectado a una porción de punta de la pala (802) durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias utilizando un mecanismo de actuación de punta que es externo a la pala y asociado con el miembro alargado de tal manera que la porción de punta de la pala rota alrededor de un eje a través de la pala; y

35 aplicar un par de torsión a una porción de raíz de la pala (800) utilizando un mecanismo de actuación de raíz externo a la pala y asociado con la porción de raíz de la pala de tal manera que la porción de raíz de la pala rote alrededor del eje, en donde el par de torsión aplicado a la porción de raíz es un primer par de torsión y en donde el par de torsión aplicado al miembro alargado es un segundo par de torsión; y

realizar al menos uno de, aplicar el primer par de torsión a la porción de raíz de la pala y aplicar el segundo par de torsión al miembro alargado para cambiar una cantidad de alabeo de la pala mientras que la aeronave de palas giratorias está en un régimen de vuelo durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias (904);

40 en donde el mecanismo de actuación de raíz y el mecanismo de actuación de punta están asociados con un único conjunto de placa de oscilación.

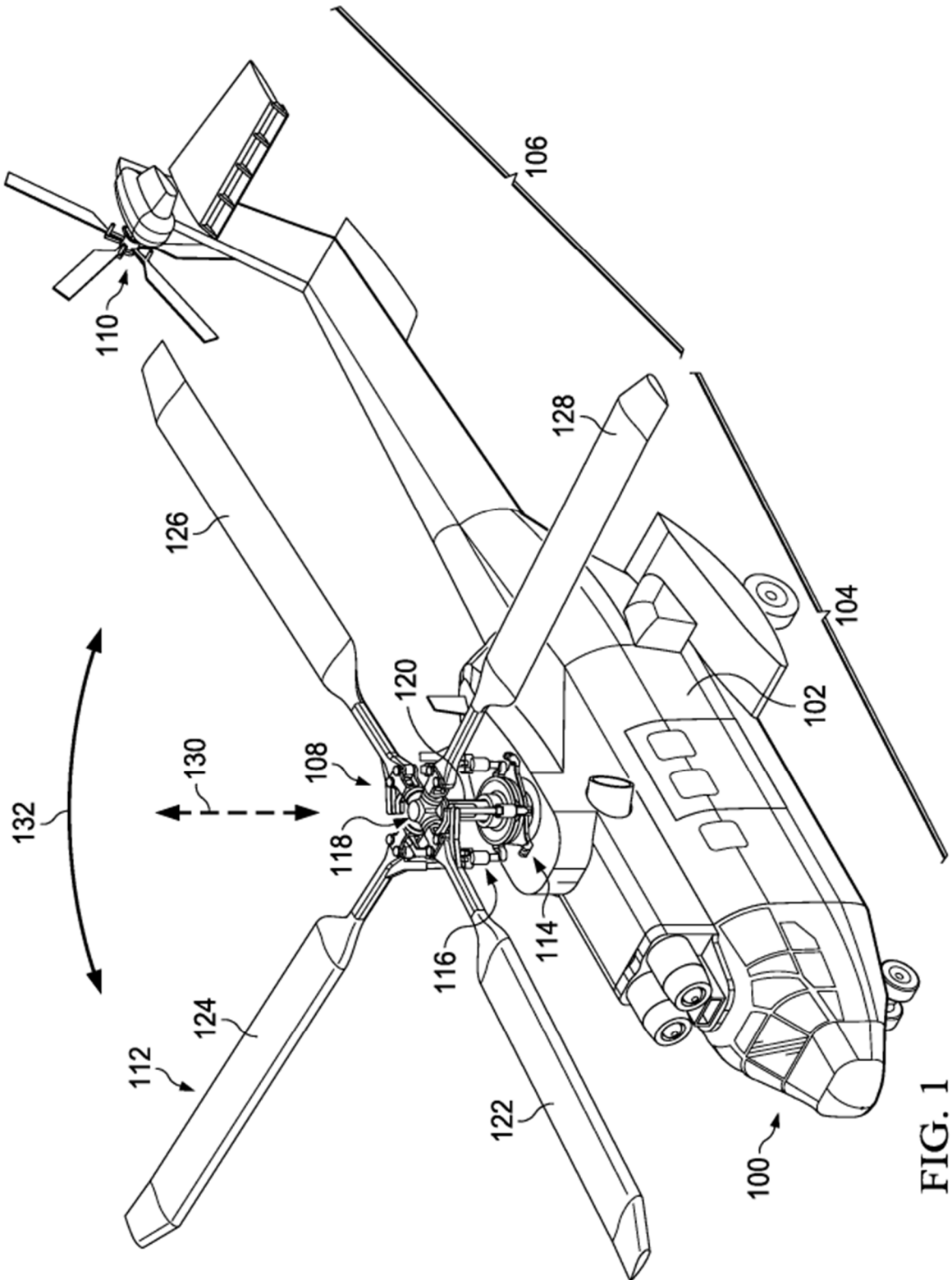
7. El método de la reivindicación 6 que además comprende:

45 realizar al menos uno de, aplicar el primer par de torsión a la porción de raíz de la pala y aplicar el segundo par de torsión al miembro alargado para cabecear la pala a una frecuencia de cabeceo mayor que una vez por revolución durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias.

8. El método de la reivindicación 7, en donde la etapa de realizar el al menos uno de, aplicar el primer par de torsión a la porción de raíz de la pala y aplicar el segundo par de torsión al miembro alargado comprende:

realizar el al menos uno de, aplicar el primer par de torsión a la porción de raíz de la pala y aplicar el segundo par de torsión al miembro alargado para cambiar la cantidad de alabeo de la pala mientras que la aeronave de palas giratorias

están en el régimen de vuelo durante el funcionamiento de la aeronave de palas giratorias de manera que se reduzca al menos uno de, las vibraciones generadas por la pala y el ruido y de manera que se mejore el rendimiento aerodinámico.



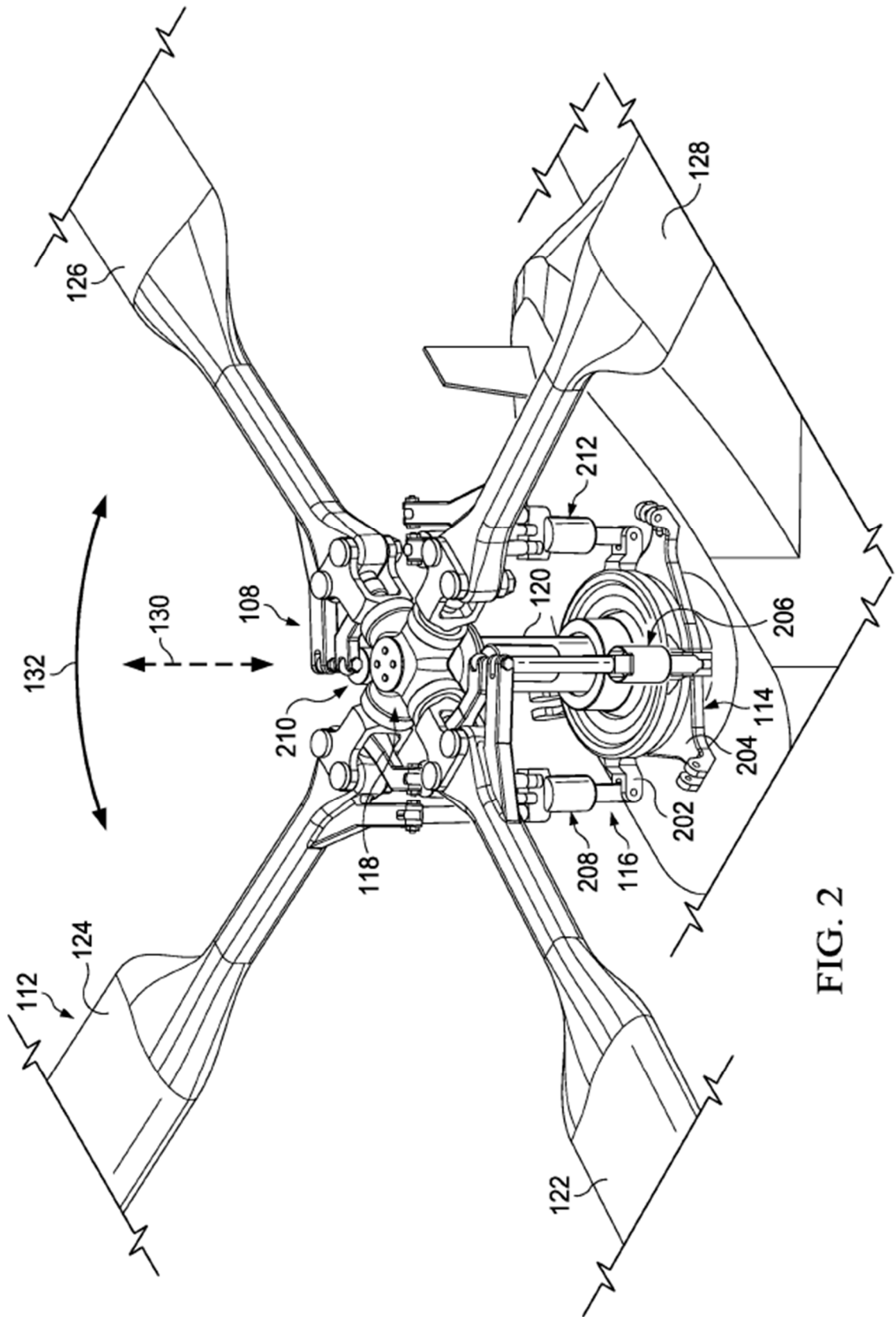


FIG. 2

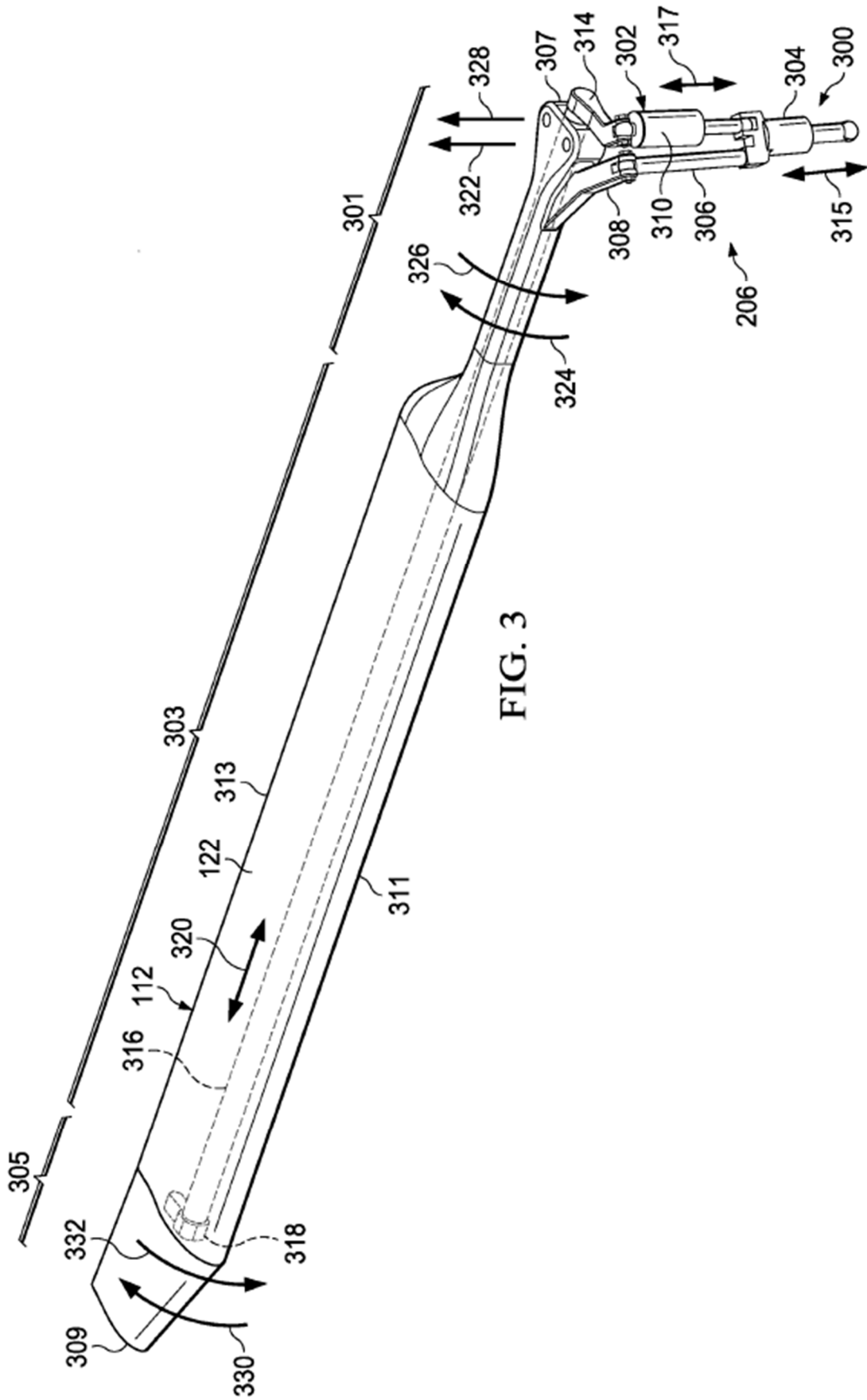


FIG. 3

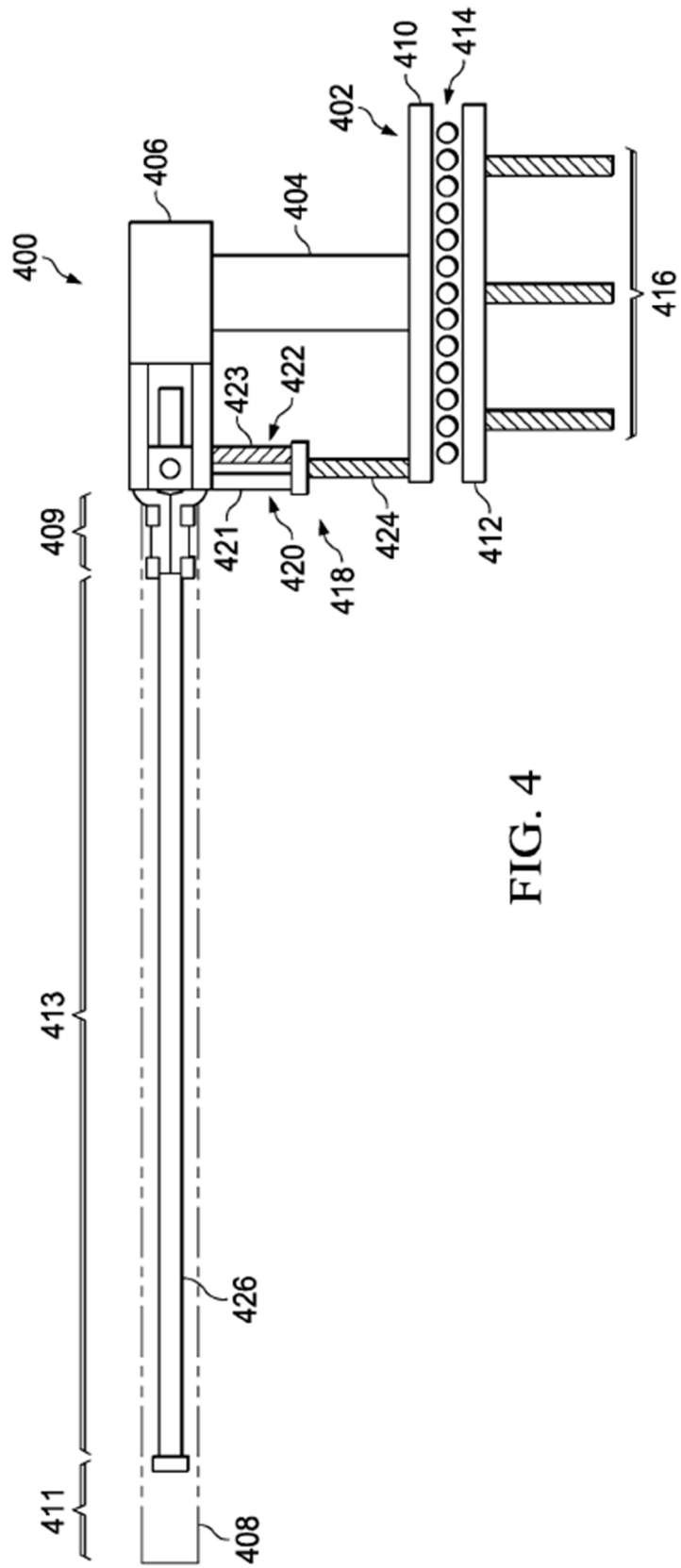


FIG. 4

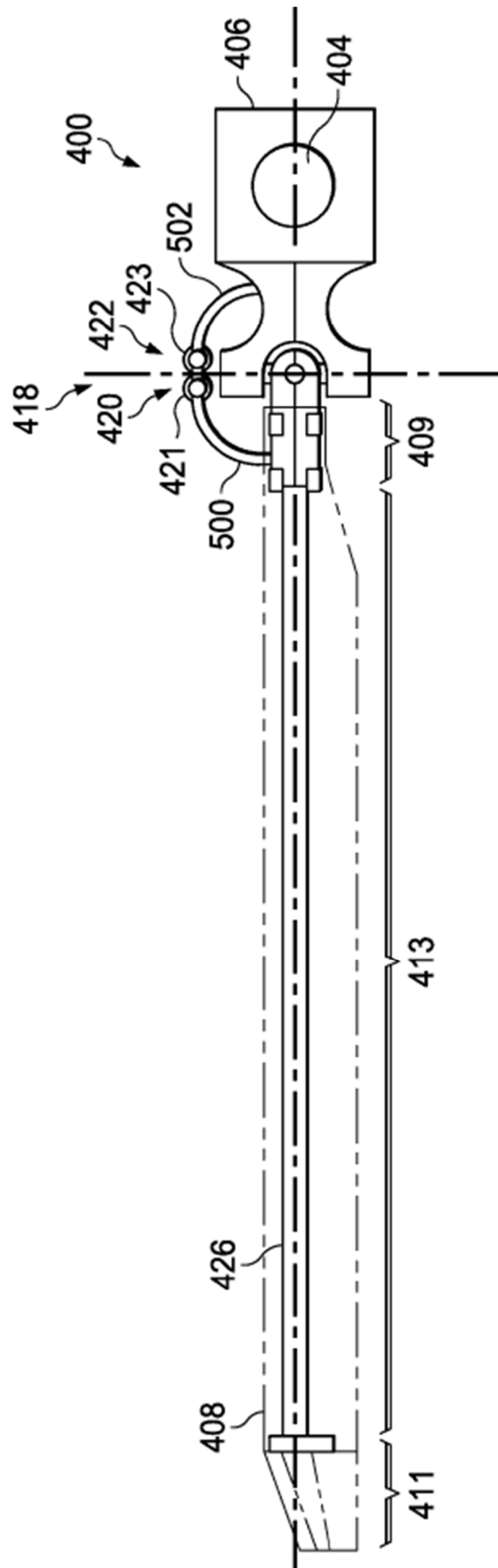


FIG. 5

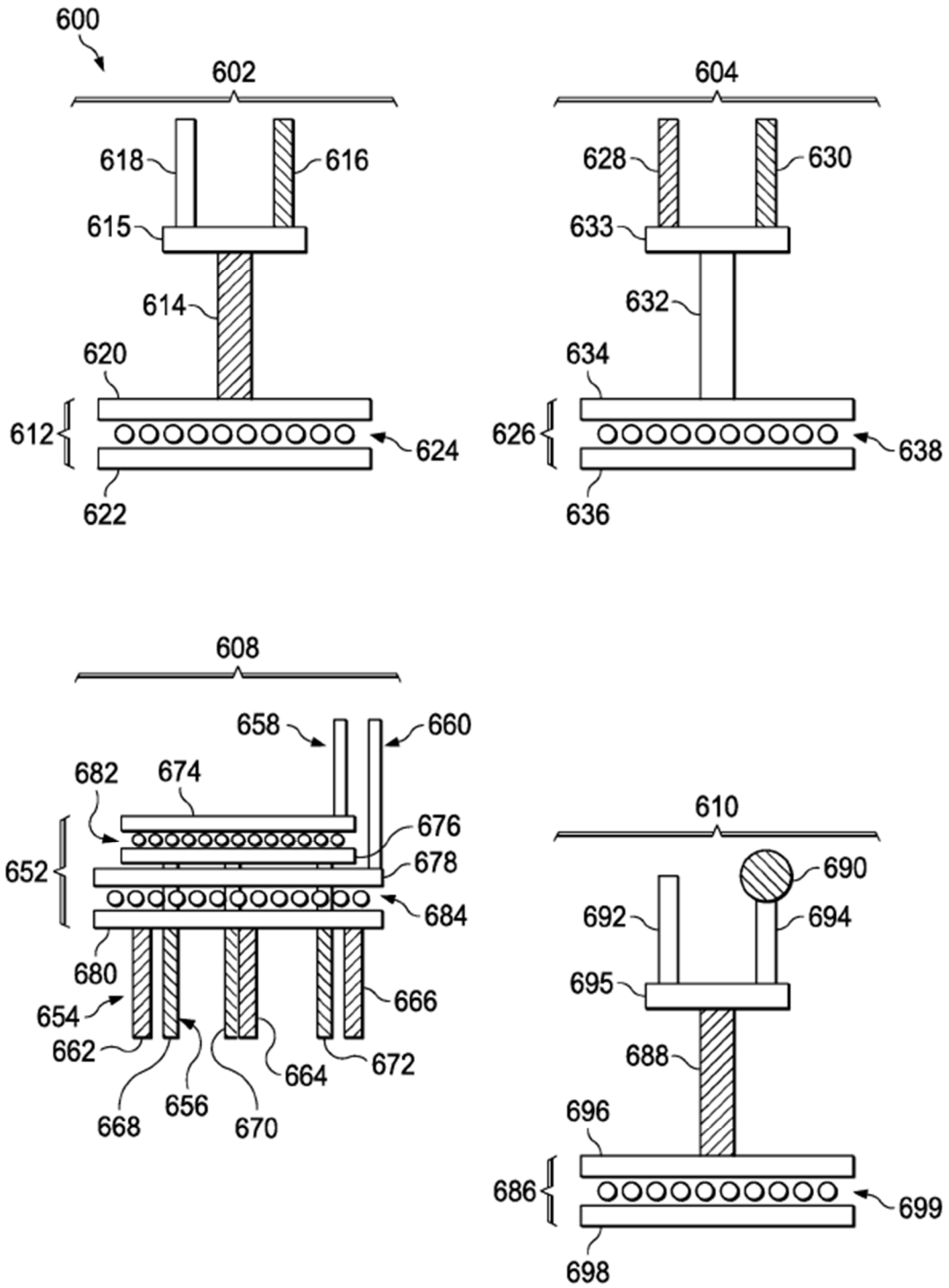


FIG. 6

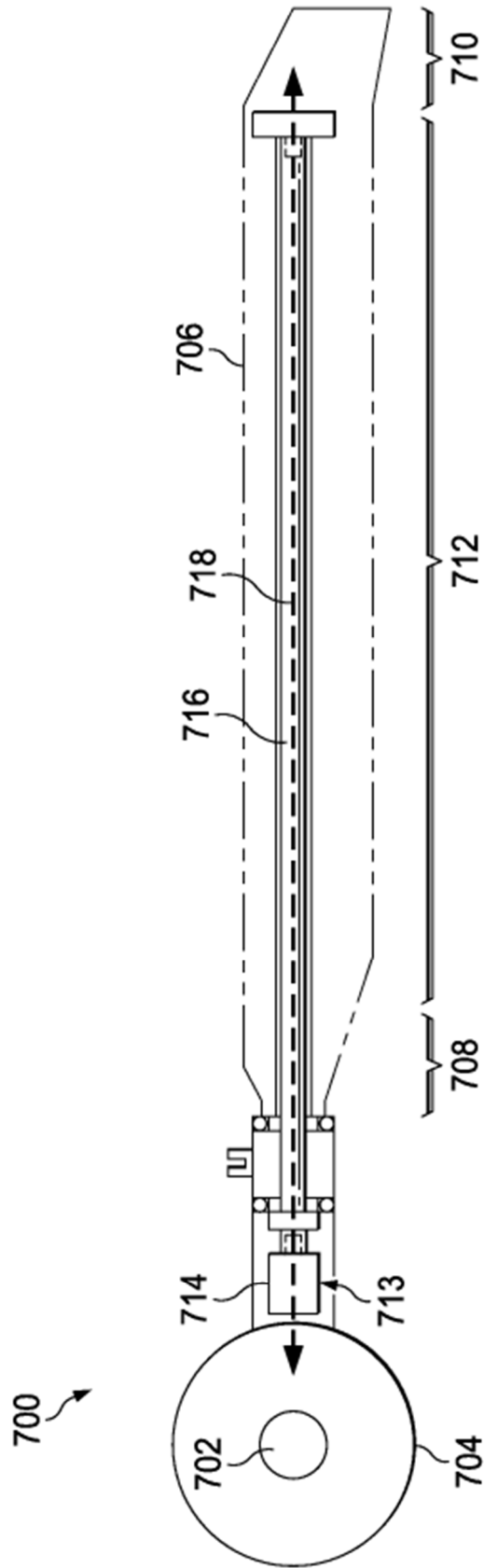


FIG. 7

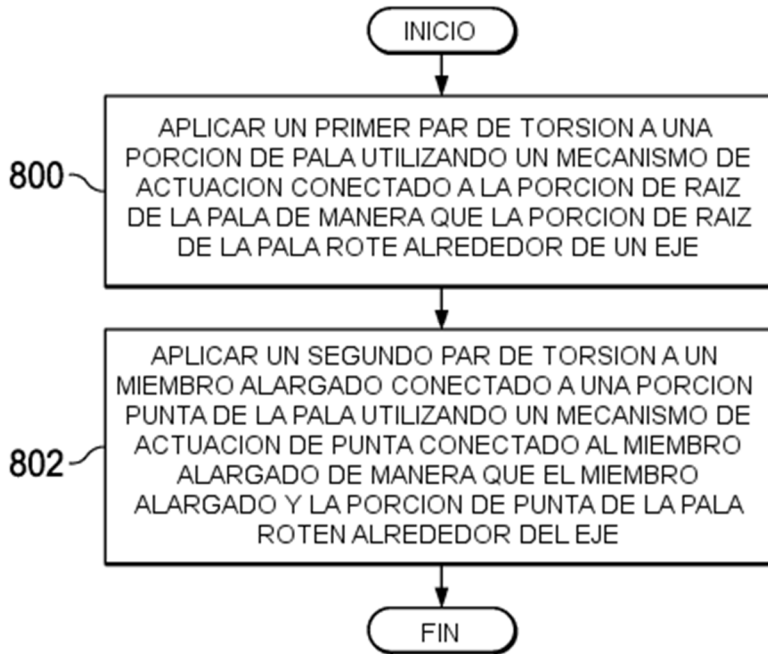


FIG. 8

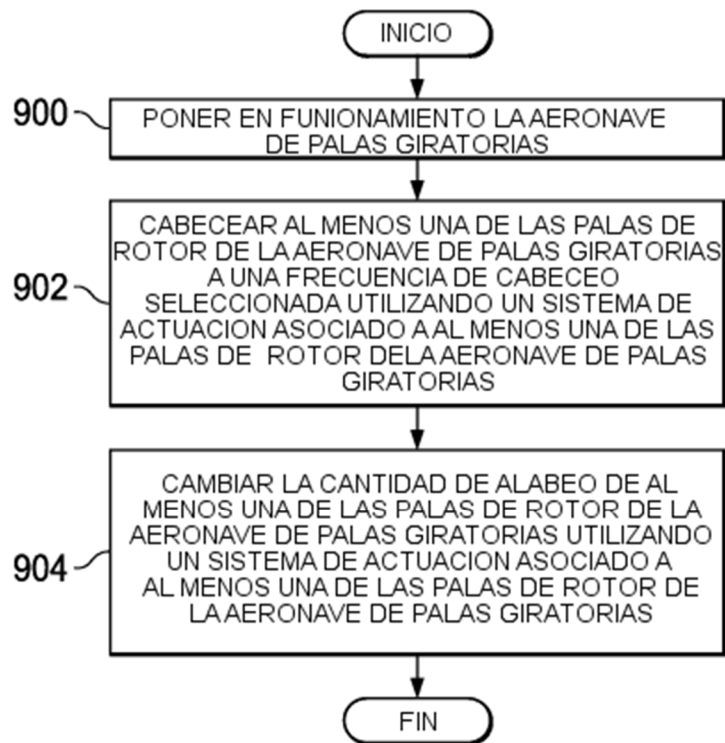


FIG. 9