

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 128**

51 Int. Cl.:

B64C 27/39 (2006.01)

B64C 27/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2015** E 15162498 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017** EP 2927121

54 Título: **Sistema modular de cubo de rotor de aeronaves de rotor**

30 Prioridad:

04.04.2014 US 201414245113

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

12.12.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LOFTUS JR., ROBERT T.;
HILL, JEREMY CLAY y
OPIE, SAUL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 646 128 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

Sistema modular de cubo de rotor de aeronaves de rotor

Antecedentes

5 La presente divulgación se refiere a un sistema de cubo de rotor de aeronave de rotor modular y métodos para ensamblar los mismos, y más particularmente, con un sistema de cubo de rotor de aeronave de rotor modular que incluye montajes de brazo de rotor completamente articulados que tienen rodamientos discretos para cada grado de libertad.

10 Un componente principal de una aeronave de rotor es el sistema de cubo de rotor principal. Proporciona unión de las palas del rotor principal durante operación. Se suministra energía rotacional al sistema de cubo de rotor principal para proporcionar velocidad rotacional a las palas con el fin de crear elevación aerodinámica. El sistema de cubo de rotor principal debe permitir el movimiento rotacional de las palas en las direcciones vertical (aleta), horizontal (avance-retroceso), y axial (paso) cerca a la conexión de raíz de pala con el cubo para acomodar la estabilidad dinámica y autoridad de control de vuelo. Los sistemas de cubo de rotor principal que acomodan estos movimientos con mecanismos de articulación discretos se denominan como sistemas de cubo completamente articulados.

15 Por lo menos algunos sistemas de cubo de rotor completamente articulados proporcionan cinemáticas de diseño benéficas, pero se esfuerzan en proporcionar estas libertades de rotación con sistemas de rodamientos que pueden acomodar el movimiento oscilatorio de alta frecuencia y alta amplitud bajo alta carga de empuje creada por la fuerza centrífuga de las palas giratorias. Un sistema de concentrador conocido es un sistema de rodamiento sin fricción tal como un sistema de rodamiento de bolas o rodillos. Los lubricantes y sellos de estos tipos de sistemas de rodamiento son susceptibles de escape y extrusión de humedad y por lo tanto demandan frecuente mantenimiento que requieren a menudo desmontaje y remoción del cubo de rotor completo para mantenimiento. Otro sistema de cubo conocido es un sistema de cubo de paquete de cintas que incluye cintas de estiramiento formadas de acero especializado costoso. Por lo menos algunos de los sistemas de cubos de paquete de cinta experimentan cargas severas y complicadas y por lo tanto estados de tensión, que resultan en criterios de daño estrictos y reemplazo frecuente que requiere a menudo remoción y desmontaje del cubo. Por lo tanto, la falla de los sistemas de cubo de empaque de cinta y no fricción pueden ser difíciles de detectar y su tolerancia de daño bajo pueden conducir rápidamente a falla o daño de la aeronave. Más aún, muchos sistemas de cubo de paquete de cinta y no fricción realizan actualmente un límite de energía máximo y pueden no ser capaces de manejar un aumento de cargas inducidas, dentro de su cubierta física actual, sin falla.

30 El documento US2003108258 describe un manguito de articulación dinámico de auto alineación para conexión a una articulación de paso en una posición que coloca el manguito de articulación en contacto con un rodamiento de paso. El documento US3589835 describe un rotor de múltiples palas conectadas al cubo mediante un mecanismo de articulación y con un resorte de rigidez variable que se extiende entre el cubo y la pala. El documento EP1752375 describe un método para producir una aleta cónica elastomérica que tiene un montaje para aeronave de rotor que incluye un elemento de rodamiento interno y un elemento de rodamiento externo fuera de borda dispuesto dentro de la carcasa externa. El documento US2006027957 describe un rodamiento elastomérico que tiene correderas internas y externas y un núcleo. El documento US6309182 describe un mecanismo de parada de caída para controlar la caída de un montaje del rotor en estado estático y dinámico. El documento RU2376201 describe un diseño de rotor que comprende palas, cubo de rotor con orejetas y uniones de pala a cubo.

40 Se ha sabido durante algún tiempo que el uso de rodamientos elastoméricos en un sistema de cubo de rotor eliminaría el peso, la necesidad de lubricación y minimizaría el mantenimiento. Como tal, por lo menos algunos sistemas de cubo de rotor conocidos incluyen rodamientos elastoméricos esféricos para acomodar la aleta y los grados de libertad del paso de tal manera que estos no se manejan mediante rodamientos discretos sino mediante un único rodamiento esférico. Como resultado de consolidar estos movimientos, las calidades dinámicas del sistema de cubo de rotor se tienen que considerar cuidadosamente, modelar, y controlar para asegurar la estabilidad de la aeronave. Por esta razón, reemplazar muchos cubos de legado, tal como sistemas de cubo de paquete de cinta, con un sistema de cubo elastomérico que utiliza rodamientos esféricos para cumplimiento de la aleta implicaría un gran esfuerzo de análisis y diseño, que frecuentemente tiene costes prohibitivos. Más específicamente, los rodamientos elastoméricos esféricos tienen huellas similares a cubos de paquete de cinta, pero las dinámicas y cinemáticas son muy diferentes, requieren costes significativos de investigación y desarrollo para implementar un sistema de cubo de rodamiento elastomérico esférico en una aeronave que tiene cubos de legado basados en rodamientos de rodillo o paquete de cintas.

Breve descripción

La presente invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Detalles adicionales de las realizaciones específicas se proporcionan en las reivindicaciones dependientes.

ES 2 646 128 T3

Las características, funciones, y ventajas que se han discutido se pueden alcanzar independientemente en diversas realizaciones o se pueden combinar en aún otras realizaciones cuyos detalles adicionales se pueden observar con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

5 La figura 1 es un diagrama de flujo de una metodología producción y mantenimiento de aeronave de ejemplo;

La figura 2 es un diagrama de bloques de una aeronave de ejemplo;

La figura 3 es una vista superior de una aeronave que ilustra una pluralidad de palas de rotor y un sistema de cubo de rotor de ejemplo;

10 La figura 4 es una vista en perspectiva del sistema de cubo de rotor mostrado en la figura 3 que tiene un cuerpo central y una pluralidad de montajes de brazo de rotor;

La figura 5 es una vista en perspectiva del cuerpo central y un montaje de brazo de rotor individual mostrado en la figura 4;

La figura 6 es una vista lateral de sección transversal del cuerpo central del montaje de brazo de rotor mostrado en la figura 5;

15 La figura 7 es una vista superior de sección transversal del cuerpo central y montaje de brazo de rotor mostrado en la figura 5 con el cuerpo central mostrado separado del montaje de brazo del rotor; y

La figura 8 es una vista en despiece del cuerpo central y montaje de brazo de rotor mostrado en la figura 5.

Descripción detallada

20 Las implementaciones descritas aquí se refieren a un sistema modular de cubo de rotor para uso con una aeronave de rotor. Más específicamente, el sistema modular de cubo de rotor de aeronave de rotor incluye montajes de brazo de rotor completamente articulados que tienen rodamientos discretos para cada grado de libertad. Como se utiliza aquí, el término "discreto" significa que describe que cada grado de libertad del montaje de brazo de rotor se facilita mediante un rodamiento independiente y distinto de tal manera que ninguno de los dos o más grados de libertad se facilitan mediante un único elemento de rodamiento. En la implementación de ejemplo, cada montaje de brazo de rotor
25 incluye un eje de paso que tiene una primera parte y una segunda parte perpendicular a la primera parte. Un par de rodamientos de aletas se acoplan a la segunda parte. Un rodamiento de paso interno se acopla a la primera parte próxima a la segunda parte y se acopla un rodamiento de paso externo en un extremo distal de la primera parte. El par de rodamientos de aleta, el rodamiento de paso interno, y el rodamiento de paso externo son rodamientos elastoméricos discretos configurados para facilitar el movimiento del montaje del brazo de rotor alrededor de una
30 pluralidad de grados de libertad, en el que no más de dos grados de libertad se acomodan mediante un único rodamiento.

Con referencia a la figura 1, las implementaciones de la divulgación se pueden describir en el contexto de un método
100 de fabricación y mantenimiento de aeronave y a través de una aeronave 102 (mostrada en la figura 2). Durante la
35 preproducción, que incluye datos de especificación y diseño 104 de la aeronave 102 se pueden utilizar durante el proceso de fabricación y se pueden suministrar otros materiales 106 asociados con el fuselaje. Durante la producción, la fabricación 108 de componentes y subensambles y el sistema 110 de integración de la aeronave 102 ocurre, antes que la aeronave 102 ingrese su certificación y proceso 112 de entrega. Luego de terminación y satisfacción exitosa de la certificación de la aeronave, la aeronave 102 se puede poner en servicio 114. Mientras está en servicio por el cliente, la aeronave 102 tiene programado mantenimiento y servicio 116 periódico, rutinario y programado, que incluye
40 cualquier modificación, reconfiguración, y/o reconstrucción, por ejemplo. En implementaciones alternativas, el método 100 de fabricación y mantenimiento se pueden implementar a través de vehículos diferentes de una aeronave.

Cada parte y proceso asociado con la fabricación y/o mantenimiento 100 de la aeronave se puede realizar o completar mediante un integrador de sistema, un tercero, y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir sin limitación cualquier número de fabricantes de aeronaves y
45 subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir sin limitación cualquier número de vendedores, subcontratistas, y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, compañía de arrendamiento, organismo militar, organización de servicios, etcétera.

Como se muestra en la figura 2, la aeronave 102 producida a través del método 100 puede incluir un fuselaje 118 que tiene una pluralidad de sistemas 120 y un interior 122. Ejemplos de los sistemas 120 de alto nivel incluyen uno o más

sistemas 124 de propulsión, un sistema 126 eléctrico, un sistema 128 hidráulico, y/o un sistema ambiental 130. Se puede incluir cualquier serie de otros sistemas.

5 Los aparatos y métodos incorporados aquí se pueden emplear durante una cualquiera o más de las etapas del método 100. Por ejemplo, los componentes o subensambles que corresponden a los procesos 108 de producción de componentes se pueden fabricar o manufacturar en una forma similar a los componentes o subensambles producidos mientras la aeronave 102 está en servicio. También, una o más implementaciones de aparatos, implementaciones de métodos, o una combinación de los mismos se puede utilizar durante las etapas 108 y 110 de producción, por ejemplo, mediante montar en forma substancialmente rápida, y/o reducir los costes de montaje de la aeronave 102. Del mismo modo, uno o más aparatos de implementación, implementación de método, o una combinación de los mismos, se puede utilizar mientras la aeronave 102 está en mantenimiento, por ejemplo, durante servicio y mantenimiento 116.

Como se utiliza aquí, el término "aeronave" puede incluir, pero no se limita a, aviones, vehículos aéreos no tripulados (UAV), planeadores, helicópteros, naves de rotor, y/o cualquier otro objeto que viaje a través del espacio aéreo. Adicionalmente, en una implementación alternativa, el método de fabricación y servicio de aeronave descrito aquí se puede utilizar en cualquier operación de fabricación y/o servicio.

15 La figura 3 ilustra una aeronave 200, que puede ser substancialmente similar a la aeronave 102. En una implementación de ejemplo, la aeronave 200 es una nave de rotor que incluye un fuselaje 202 que tiene una sección 204 delantera una sección 206 posterior (por ejemplo, una sección de cola) hacia atrás de la sección 204 delantera. Como se utiliza aquí, el término "nave de rotor" puede incluir cualquier nave que vuele que sea más pesada que el aire que utiliza palas de rotor que giran alrededor de un mástil para generar y sostener elevación. Ejemplos de aeronaves de rotor pueden incluir, pero no se limitan a, helicópteros, aeronaves de inclinación de rotor, ciclocópteros y "Gyrodynes". La aeronave 200 de rotor también incluye un sistema 208 de cubo de rotor, que se extiende hacia arriba desde la sección 204 delantera del fuselaje 202, y una pluralidad de palas 210 de rotor acopladas al sistema 208 de cubo de rotor configurado para rotación alrededor de un eje 212 de rotor. En algunas implementaciones, la aeronave 200 de rotor puede incluir más de un sistema 208 de cubo de rotor. En una implementación de ejemplo, el sistema 208 de cubo de rotor incluye cuatro palas del rotor, por ejemplo, una primera pala 214 de rotor, una segunda pala 216 de rotor, una tercera pala 218 de rotor, y una cuarta pala 220 de rotor. Sin embargo, se contemplan realizaciones que incorporan menos palas de rotor o palas de rotor adicionales. En general, cuando se despliega para operaciones de vuelo, las palas de rotor se separan uniformemente. Por ejemplo, en la realización ilustrada, y descrita anteriormente, las palas se separan a intervalos de 90 grados. Para una configuración de seis palas, el espacio será de 60 grados.

La figura 4 es una vista en perspectiva del sistema 208 de cubo de rotor que incluye un cuerpo 222 central y una pluralidad de montajes 224 de brazo de rotor. En la realización de ejemplo, la pluralidad de montaje 224 de brazo rotor incluye un primer montaje 226 de brazo de rotor configurado para acoplar una primera pala 214 de rotor al sistema 208 de cubo, un segundo montaje 228 de brazo de rotor configurado para acoplar una segunda pala 216 de rotor al sistema 208 de cubo, un tercer montaje 230 de brazo de rotor configurado para acoplarse a una tercera pala 218 de rotor al sistema 208 de cubo, y un cuarto montaje 232 de brazo de rotor configurado para acoplar la cuarta pala 220 de rotor al sistema 208 de cubo. Sin embargo, se contemplan realizaciones que incorporan menos montajes 224 de brazo de rotor o montajes de brazos de rotor adicionales. La figura 5 es una vista en perspectiva del cuerpo 222 central del primer montaje 226 de brazo de rotor. La figura 6 es una vista lateral de sección transversal del cuerpo 222 central y un primer montaje 226 de brazo de rotor. La figura 7 es una vista superior de sección transversal del cuerpo 222 central y el primer montaje 226 de brazo de rotor. La figura 8 es una vista en explosión del cuerpo 222 central y el primer montaje 226 de brazo de rotor. En la realización de ejemplo, el sistema 208 de cubo de rotor es un sistema de rotor completamente articulado, es decir, un sistema que gira alrededor del eje 212 y en el que cada pala 210 de rotor tiene movimiento de paso, avance-retroceso, y de aleta alrededor de un eje 234 de paso respectivo, eje 236 de aleta y eje 238 de avance-retroceso. Más específicamente, los montajes 224 de brazo de rotor proporcionan a la pala 210 de rotor respectiva un movimiento de paso alrededor del eje 234 de paso en el rango de entre aproximadamente +/- 40° desde la nominal, un movimiento de aletas alrededor del eje 236 de aletas en el rango de entre aproximadamente -10° y 30° desde la nominal, y un movimiento de avance y retroceso alrededor de un eje 238 de avance-retroceso en el rango de entre aproximadamente +/- 10° desde la nominal. Alternativamente, los montajes de brazo de rotor pueden proporcionar movimiento para paso, avance y retroceso y de aleta alrededor de ejes respectivos dentro de cualquier rango que facilita la operación de los montajes 224 de brazo de rotor como se describe aquí.

En la implementación de ejemplo, cada montaje 224 de brazo de rotor incluye una pluralidad de rodamientos elastoméricos discretos de tal manera que no se facilitan dos o más grados de libertad mediante un único rodamiento. Más específicamente, el primer montaje 226 de brazo de rotor incluye un par de rodamientos 240 de aleta elastomérico, un rodamiento 242 de empuje elastomérico, y una pluralidad de rodamientos 244 de paso elastomérico concéntrico que incluye un rodamiento 246 de paso interno y un rodamiento 248 de paso externo. Como se utiliza aquí, el término "interno" significa que describe que está más cerca al cuerpo 222 central y al eje 212 rotacional y el término "externo" significa que describe que está más cerca al eje 238 de avance-retroceso y una respectiva de la pluralidad de palas 210 de rotor. El primer montaje 226 de brazo de rotor también incluye un rodamiento 250 de avance-retroceso convencional, que puede ser uno de un rodamiento plano o un rodamiento de rodillo. Como se

describe en más detalle adelante, los rodamientos 240, 242, 246, 248 y 250 facilitan proporcionar un sistema de cubo de rotor modular completamente articulado que se diseña para reemplazar los sistemas de cubo de rotor conocidos utilizando sistemas de empaque de cinta y rodamientos de rodillo metálicos.

5 En la realización de ejemplo, el primer montaje 226 de rotor incluye un eje 252 de paso con forma de t que se acopla al cuerpo 222 central. Más específicamente, el eje 252 de paso incluye una primera parte 254 que se alinea substancialmente con el eje 234 de paso y una segunda parte 256 que se alinea substancialmente con el eje 236 de aleta. Los rodamientos 240 de aleta elastoméricos cónicos o cilíndrico se acoplan de forma deslizante a extremos opuestos de la segunda parte 256 y luego se acoplan a un par de soportes 258 de montaje que se extienden desde el cuerpo 222 central. Como tal, los rodamientos 240 de aleta y eje 252 de paso giran alrededor del eje 236 de aleta de tal manera que los rodamientos 240 de aleta limitan el eje 252 de paso al movimiento dentro de un único grado de libertad, el movimiento de aleta.

15 El montaje 226 de brazo de rotor también incluye un rodamiento 246 de paso elastomérico interno acoplado a la primera parte 254 de eje interno de la segunda parte 256 de tal manera que el rodamiento 246 de paso interno está próximo al cuerpo 222 central. El rodamiento 246 de paso se acopla dentro de una carcasa 260 con forma de u que incluye un par de brazos 262 que extienden la segunda parte 256 de eje de paso alrededor de la parte externa. Los extremos distales de los brazos 262 de carcasa de rodamiento de paso cada se acopla a una cubierta 264 de eje de paso que cubre por lo menos parcialmente la primera porción 254 del eje 252 de paso y se configura para proteger el eje 252 de paso y lleva cargas de torsión, de cuerda y de aleta, mientras que no lleva ninguna de las cargas centrífugas (es decir empuje) inducida sobre el montaje 226 de brazo de rotor durante operación. La cubierta 264 de eje de paso incluye un brazo 266 de paso que se alinea normalmente con el eje 236 de aleta, se proporcionan movimientos de paso y par mediante un enlace de paso de control (no mostrado) conectado al brazo 266 de paso. En la implementación de ejemplo, el extremo externo de la cubierta 264 de eje de paso incluye una abertura 268 configurada para recibir un extremo 270 interno de una carcasa 272 de paso allí. Alternativamente, la carcasa 272 de paso se puede formar integralmente con la cubierta 264 de eje de paso.

25 En la implementación de ejemplo, la carcasa 272 de paso tiene una estructura de rodamiento de carga, como se describe adicionalmente en detalle adelante, y se configura para cubrir un extremo 274 distal de la primera parte 254 del eje 252 de paso que se extiende más allá de la abertura 268 de la cubierta 264 del eje de paso. El extremo 274 distal incluye una abertura configurada para recibir un perno 276 de empuje allí. El rodamiento 248 de paso elastomérico externo se acopla alrededor de la primera parte 254 de eje de paso entre el extremo 274 distal y la carcasa 272 de paso. El rodamiento 248 de paso se acopla al eje 252 de paso en la parte externa tanto como sea posible para optimizar (reducir) cargas a las que debe reaccionar el rodamiento 248 de paso. Adicionalmente, el rodamiento 242 de empuje elastomérico se acopla al eje 252 de paso entre los rodamientos 246 y 248 de paso interno y externo concéntricos. Más específicamente, el rodamiento 242 de empuje se acopla a la primera parte 254 de eje de paso ligeramente interno del rodamiento 248 de paso externo de tal manera que cada uno de los rodamientos 242, 246 y 248 se alinean con el eje 234 de paso. En la implementación de ejemplo, los rodamientos 246 y 248 de paso internos y externos y el rodamiento 242 de empuje se combinan para facilitar el movimiento de torsión, o paso bandera, de la cubierta 264 de eje de paso y carcasa 272 de paso alrededor del eje 234 de paso. Más aún, los rodamientos 240 de aleta facilitan el movimiento de la cubierta 264 de eje de paso y la carcasa 272 de paso alrededor del eje 236 de aleta. Como tal, la cubierta 264 de eje de paso y la carcasa 272 de paso se limitan al movimiento en dos grados de libertad, el movimiento de paso y el movimiento de aleta.

45 La carcasa 272 de paso también incluye un extremo 278 externo que incluye un par de rebordes 280 opuestos configurados para recibir por lo menos una parte de la conexión 282 de avance-retroceso entre ellas. La conexión 282 de avance-retroceso se configura para facilitar el acoplamiento de la primera pala 214 de rotor al primer montaje 226 de brazo de rotor. El montaje 226 de brazo de rotor también incluye un par de amortiguadores 284 acoplados entre el extremo interno de la cubierta 264 de eje de paso y la conexión 282 de avance-retroceso. Los amortiguadores 284 se configuran para estabilizar el movimiento de la conexión 282 de avance-retroceso alrededor del eje 238 de avance-retroceso. En la implementación de ejemplo, cada reborde 280 de carcasa de paso incluye una abertura 286 que es concéntrica con la abertura 288 definida a través de la conexión 282 de avance-retroceso. Las aberturas 286 y 288 se alinean con el eje 238 de avance-retroceso y se configuran para recibir el rodamiento 250 de avance-retroceso allí. En la implementación de ejemplo, el rodamiento 250 de avance-retroceso es un rodamiento de rodillo convencional. Alternativamente, el rodamiento 250 de avance-retroceso puede ser cualquier tipo de rodamiento que facilite la operación de un montaje 224 de brazo de rotor como se describe aquí. En la implementación de ejemplo, los rodamientos 242, 246 y 248 concéntricos y elastoméricos se combinan para facilitar el movimiento de torsión o paso de bandera, de la conexión 282 de avance-retroceso alrededor del eje 234 de paso. Más aún, los rodamientos 240 de aleta elastoméricos facilitan el movimiento de la conexión 282 de avance-retroceso alrededor del eje 236 de aleta. Adicionalmente, el rodamiento 250 de avance-retroceso de rodillo facilita el movimiento del enlace 282 de avance-retroceso alrededor del eje 238 de avance-retroceso. Como tal, la conexión 282 de avance-retroceso es libre de moverse en tres grados de libertad, el movimiento de paso, el movimiento de aleta y el movimiento de avance-retroceso.

Como se describe aquí, cada montaje 224 de brazo de rotor del sistema 208 de cubo de rotor incluye rodamientos 240 de aleta elastoméricos discretos y rodamientos 246 y 248 de paso elastoméricos de tal manera que ninguno de los dos o más grados de libertad se facilitan mediante un único elemento de rodamiento elastomérico. Más específicamente, el primer montaje 226 de brazo de rotor incluye rodamientos 240 de aleta que facilitan el movimiento de aleta alrededor de solamente el eje de aleta, y los rodamientos 246 y 248 de paso internos y externos que se combinan con el rodamiento 242 de empuje elastomérico facilitan el movimiento de paso bandera alrededor solamente del eje 234 de paso. Adicionalmente, el rodamiento 250 de avance-retroceso discreto facilita el movimiento de avance-retroceso alrededor de solamente el eje 238 de avance-retroceso. Como tal, cada rodamiento 240, 242, 246, 248 y 250 se acomodan solamente en un único grado de libertad, que proporciona un sistema 208 de cubo de rotor completamente articulado y dinámicamente estable. Más específicamente, la ubicación y tipo de rodamiento dentro de cada montaje 224 de brazo de rotor como se describe aquí proporciona un sistema 208 de cubo de rotor dinámicamente estable que no requiere amortiguación activa, lo que reduce la complejidad, peso y coste del sistema 208 de cubo de rotor.

En la implementación de ejemplo, cada montaje 224 de brazo de rotor reacciona a por lo menos tres fuerzas que actúan sobre este. La primera es una carga de corte de cuerda, representada por la flecha 290 (mostrada en la figura 7), que actúa sustancialmente paralela al eje 236 de aleta. Otra fuerza que reacciona mediante el primer montaje 226 de brazo de rotor es una carga de corte de aleta, representada por la flecha 292, que actúa sustancialmente paralela al eje 238 de avance-retroceso. Aún otra fuerza que reacciona por el primer montaje 226 de brazo es una carga de fuerza centrífuga, representada por la flecha 294, que actúa sustancialmente en paralelo al eje 234 de paso. En una implementación de ejemplo, la carga 294 viaja a lo largo de una única ruta 296 de carga a través de los componentes del primer montaje 226 de brazo de rotor. Más específicamente, la conexión 282 de avance-retroceso transfiere la carga 294 de la primera pala 214 de rotor (mostrada en la figura 3) a la carcasa de paso 272. La ruta 296 de carga continúa a través de la carcasa 272 de paso hasta el rodamiento 242 de empuje y el rodamiento 248 de paso externo, secuencialmente, de tal manera que la cubierta 264 de eje de paso no lleva carga 294. La carga 294 se transfiere luego del rodamiento 248 de paso dentro de la primera parte 254 del eje 252 de paso a través del perno 276 de empuje. La carga 294 viaja luego a lo largo de la primera porción 254 hasta la segunda porción 256 del eje 252 de paso de tal manera que el eje 252 de paso transfiere la carga 294 a los rodamientos 240 de aleta. La ruta 296 de carga termina como rodamientos 240 de aleta que transfieren carga 294 al cuerpo 222 central. Las cargas de corte de aleta y cuerda, 290 y 292, que originan en la conexión 282 avance-retroceso, introducen momentos de flexión, así como otras fuerzas de corte en la cubierta 264 de eje de paso y la carcasa 272 de paso. Estos movimientos y fuerzas se hacen reaccionar mediante el acoplamiento formado por el rodamiento 246 de paso interno y el rodamiento 248 de paso externo. Finalmente, el acoplamiento de rodamiento de paso se transfiere al extremo 274 distal del eje de paso y el extremo interno del eje de paso cerca de la sección 256 de eje de paso. Finalmente, este acoplamiento de eje de paso resultante se transfiere a la sección 256 de eje de paso y se hace reaccionar mediante los rodamientos 240 de aleta soportados por el cuerpo 222 central.

Más aún, el sistema 208 de cubo de rotor es un sistema modular de cubo de tal manera se pueden construir diversos sistemas de cubo de múltiples palas utilizando un único diseño de montaje de brazo de rotor, tal como el primer montaje 226 de brazo de rotor, y un elemento de cubo central correspondiente, tal como el cuerpo 222 central. Por ejemplo, la figura 4 ilustra el sistema 208 de cubo de rotor que tiene cuatro montajes 224 de brazo de rotor y un cuerpo 222 de centro correspondiente configurado para acoplarse a cada montaje 224. Sin embargo, el sistema 208 de cubo de rotor puede ser un sistema tres o cinco brazos de rotor, en el que cada diseño de montaje de brazo de rotor de cualquiera de los sistemas de cubo de tres a cinco brazos de rotor es sustancialmente similar. Como tal, si se daña un montaje de brazo o requiere servicio, solamente se necesitará ensamblar el brazo dañado desde el sistema de cubo. En dicho caso, se puede montar rápida y fácilmente un montaje de brazo separado al cuerpo central, sin retirar ninguno de los montajes de brazo de rotor no dañados del cuerpo central y sin retirar el sistema de cubo de rotor de la nave de rotor, permitiendo de esta manera que la nave de rotor permanezca funcional mientras el montaje de brazo dañado está en servicio. Dicho diseño modular reduce el tiempo inactivo de la nave de rotor, mientras que se reduce los costes y tiempo de servicio del sistema de cubo.

De lo anterior se observará que se ha mostrado y descrito un sistema de cubo de rotor de nave de rotor y método de montaje que proporciona diversas ventajas. El sistema de cubo de rotor como se describe aquí difiere de otros sistemas de cubo conocidos descritos anteriormente en que cada una de la pluralidad de montajes de brazo del rotor del sistema de cubo de rotor incluye rodamiento de aleta y paso elastoméricos discretos que facilitan los grados de libertad de paso y de aleta, respectivamente. Adicionalmente, la carga centrífuga se transfiere a lo largo de una única ruta de carga que incluye una carcasa de paso de rodamiento de carga y un rodamiento de empuje elastomérico discreto. El sistema de cubo de rotor descrito aquí tiene una huella sustancialmente similar y cinemática como los sistemas de cubo de rodamiento de rodillo conocido y sistemas de cubo de empaque de cinta, pero es más fácil de prestar servicio, particularmente en el campo de escenarios de servicio. De acuerdo con lo anterior, una realización del sistema de cubo de rotor de ejemplo es retroadaptar sistemas de cubo conocidos con montajes de brazo de rotor descritos aquí al diseñar los montajes de brazo de rotor para que tengan el punto de unión consistente con los puntos de unión de los sistemas de cubo conocidos para permitir el uso de un cuerpo de centro similar. Más específicamente, el sistema de cubo de rotor de ejemplo puede reemplazar un eje de torsión y los rodamientos de rodillos metálicos encontrados en sistemas de cubo sin fricción conocidos y paquetes de cinta de sistemas de cubo de paquete de cinta

con la combinación de un eje de paso, un rodamiento de empuje elastomérico discreto y rodamiento de paso elastomérico discretos.

5 Reemplazar los rodamientos de rodillos metálicos y paquetes de con el eje de paso y rodamientos elastoméricos retienen las cinemáticas sustancialmente similares y la huella de los diseños conocidos, pero proporciona un sistema de cubo menos cinta complejo y económico. Más específicamente, a diferencia de los cubos de paquete de cinta conocidos, los sistemas de cubo de rotor descritos aquí utilizan materiales aeroespaciales comunes que reducen los costos de fabricación. Adicionalmente, si uno de los rodamientos elastoméricos falla, definido como un rasgado completo en las capas de elastómero, los rodamientos elastoméricos funcionan aun aceptablemente y son relativamente fáciles de detectar debido a un aumento en las vibraciones y la capacidad para realizar fácilmente un examen visual. Aunque las realizaciones particulares de la divulgación se han mostrado y descrito, se entenderá que 10 la divulgación no se limita al esto debido a las modificaciones que pueden hacer aquellos expertos en la técnica, particularmente a la luz de las anteriores enseñanzas. Por lo tanto, se contempla mediante las siguientes reivindicaciones que se cubra cualquiera de dichas modificaciones e incorpore aquellas características que constituyen los rasgos esenciales de estas mejoras dentro del alcance de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un montaje (226) de brazo de rotor para uso en un sistema (208) de cubo de rotor de aeronave (200) de rotor dicho montaje de brazo de rotor comprende:

5 un eje (252) de paso; y

una pluralidad de rodamientos discretos acoplado a dicho eje de paso, en el que dicha pluralidad de rodamientos son rodamientos elastoméricos configurados para facilitar el movimiento del montaje de brazo de rotor alrededor de una pluralidad de grados de libertad, en el que un rodamiento respectivo de dichos rodamientos se configura para acomodar un único grado de libertad,

10 en el que dicho eje (252) de paso comprende una primera parte (254) alineada con un eje (234) de paso y una segunda parte (256) perpendicular alineada con un eje (236) de aleta y en el que dicha pluralidad de rodamientos elastoméricos discretos comprende:

un par de rodamientos (240) de aleta acoplados a dicha segunda parte (256), dicho par de rodamientos de aleta se configuran para facilitar el movimiento alrededor de los ejes de aleta;

15 un rodamiento (246) de paso interno acoplado a dicha primera parte (254) próxima a dicha segunda parte;

un rodamiento (248) de paso externo acoplado en un extremo distal de dicha primera parte (254),

caracterizado porque dicho rodamiento de paso externo se conecta con dicho rodamiento de paso interno; y

20 porque dicha pluralidad de rodamientos elastoméricos discretos comprende adicionalmente un rodamiento (242) de empuje acoplado a dicha primera parte (254) entre dichos rodamientos de paso interno y externo, en el que dicho rodamiento de empuje es un rodamiento elastomérico configurado para reaccionar a cargas de empuje centrífugo y facilita el movimiento alrededor del eje (234) de paso.

2. El montaje (226) de brazo de rotor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho eje (252) de paso comprende una primera parte (254) alineada con un eje (234) de paso y una segunda parte (256) perpendicular alineada con un eje (236) de aleta y en el que dicha pluralidad de rodamientos discretos comprende:

25 un par de rodamientos (240) de aleta elastoméricos acoplados a dicha segunda parte (256), dicho par de rodamientos de aleta se configura para facilitar el movimiento alrededor del eje (236) de aleta; y

por lo menos un rodamiento (246) de paso elastomérico acoplado a dicha primera parte (254), dicho por lo menos un rodamiento de paso se configura para facilitar el movimiento al redor del eje (234) de paso.

30 3. El montaje (226) de brazo de rotor de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicho por lo menos un rodamiento (244) de paso comprende un rodamiento (246) de paso interno acoplado próximo a dicha segunda parte (256), y un rodamiento (248) de paso externo acoplado en un extremo distal de dicha primera parte (254), dicho rodamiento de paso externo es concéntrico con dicho rodamiento de paso interno.

35 4. El montaje (226) de brazo de rotor de acuerdo con la reivindicación 3 que comprende adicionalmente un rodamiento (242) de empuje acoplado a dicha primera parte (254) entre dichos rodamientos (246/248), de paso interno y externo en el que dicho rodamiento de empuje es un rodamiento elastomérico configurado para reaccionar a las cargas de empuje centrífugo y facilitar el movimiento alrededor del eje (234) del paso.

5. El montaje (226) de brazo de rotor de acuerdo con la reivindicación 1 comprende adicionalmente:

40 Una carcasa (272) de paso configurada para alojar por lo menos una parte de dicha primera parte (254) de dicho eje (252) de paso, en el que dicho rodamiento (248) de paso externo y dicho rodamiento (242) de empuje se acoplan entre dicha carcasa de paso y dicho eje de paso; y

una conexión (282) de avance-retroceso acoplada a dicha carcasa (272) de paso, dicha conexión de avance-retroceso comprende un rodamiento (250) de avance-retroceso configurado para facilitar el movimiento alrededor del eje (238) de avance-retroceso.

6. El montaje (226) de brazo de rotor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la aeronave (200) de rotor se selecciona del grupo que comprende un helicóptero, una aeronave de rotor de inclinación, un ciclocóptero y un Gyrodyne.
- 5 7. Un método para ensamblar un montaje (226) de brazo de rotor para uso en una aeronave (200) de rotor, dicho método comprende:
- proporcionar un eje (252) de paso que incluye una primera parte (254) y una segunda parte (256) perpendicular a la primera parte;
- acoplar un par de rodamientos (240) de aleta a la segunda parte;
- acoplar un rodamiento (246) de paso interno hacia la primera parte (254) próxima a la segunda parte (256);
- 10 acoplar un rodamiento (248) de paso externo en un extremo distal de la primera parte (254), en el que el par de rodamientos (240) de aleta, el rodamiento (246) de paso interno, y el rodamiento (248) de paso externo son rodamientos elastoméricos discretos configurados para facilitar el movimiento del montaje de brazo del rotor alrededor de una pluralidad de grados de libertad y caracterizado porque el método comprende adicionalmente acoplar un rodamiento (242) de empuje al eje (252) de paso entre los rodamientos (246/248) de paso interno y externo, en el que
- 15 el rodamiento de empuje es un rodamiento elastomérico configurado para reaccionar a cargas de empuje centrífugo y facilitar el movimiento del montaje de brazo de rotor alrededor del eje (234) de paso.
8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el acoplamiento de un par de rodamientos (240) de aleta comprende adicionalmente acoplar un par de rodamientos de aleta configurados para facilitar el movimiento del montaje de brazo de rotor sobre alrededor de solamente un eje (236) de aleta; y en el que acoplar un
- 20 rodamiento(246/248) de paso interno y externo comprende adicionalmente acoplar un rodamiento de paso interno y externo que se configura para facilitar el movimiento del montaje de brazo del rotor de solamente un eje (234) de paso.
9. El método de acuerdo con la reivindicación 7 que comprende adicionalmente.
- acoplar una carcasa (272) de paso alrededor de por lo menos una parte de la primera parte (254) del eje (252) de
- 25 paso, en el que el rodamiento (248) de paso externo y el rodamiento (242) de empuje se acoplan entre la carcasa de paso y el eje de paso; y
- acoplar una conexión (282) de avance-retroceso a la carcasa (272) de paso, en el que el enlace de avance-retroceso incluye un rodamiento (250) de avance-retroceso configurado para facilitar el movimiento alrededor de un eje (238) de avance-retroceso.
- 30 10. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende adicionalmente definir una ruta de carga que viaja secuencialmente a través de un enlace (282) de avance-retroceso, la carcasa (272) de paso, el rodamiento (242) de empuje, el rodamiento (248) de paso externo, el eje (252) de paso y el par de rodamientos (240) de aleta.
- 35 11. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 que comprende adicionalmente acoplar una carcasa (260) de rodamiento de paso alrededor del rodamiento (246) de paso interno, en el que la carcasa de rodamiento de paso tiene una carcasa con forma de U, que incluye un par de brazos (262) que se extienden hacia el exterior.

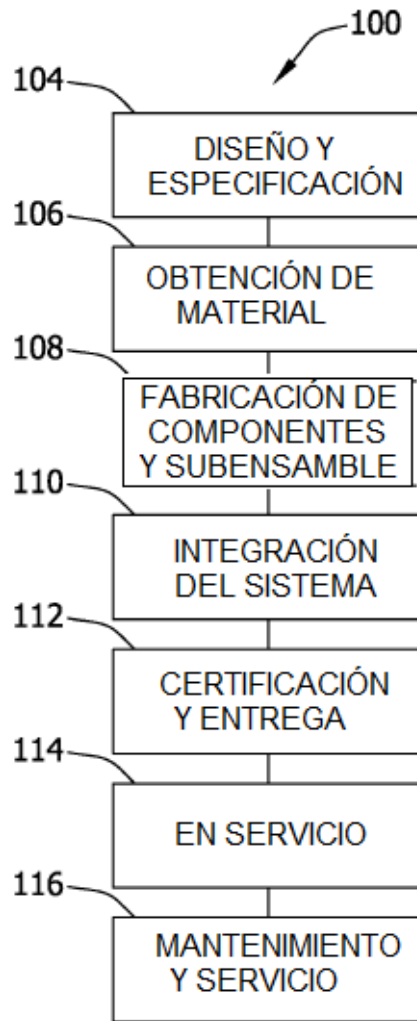


FIG. 1

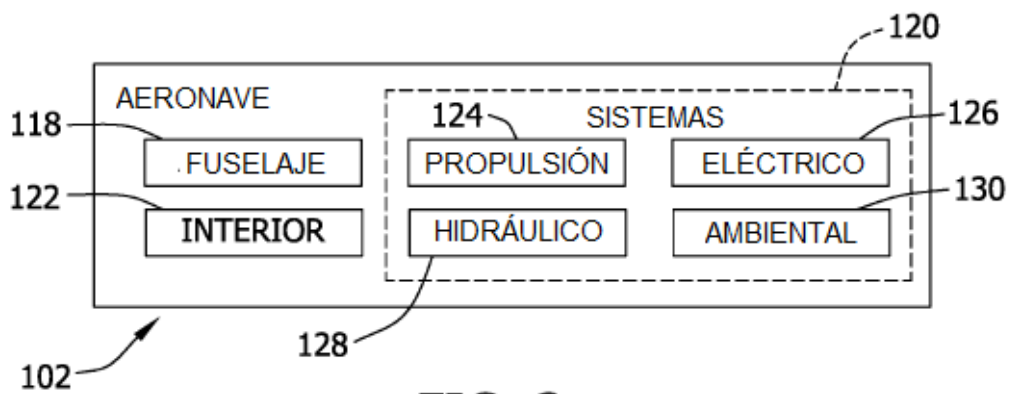


FIG. 2

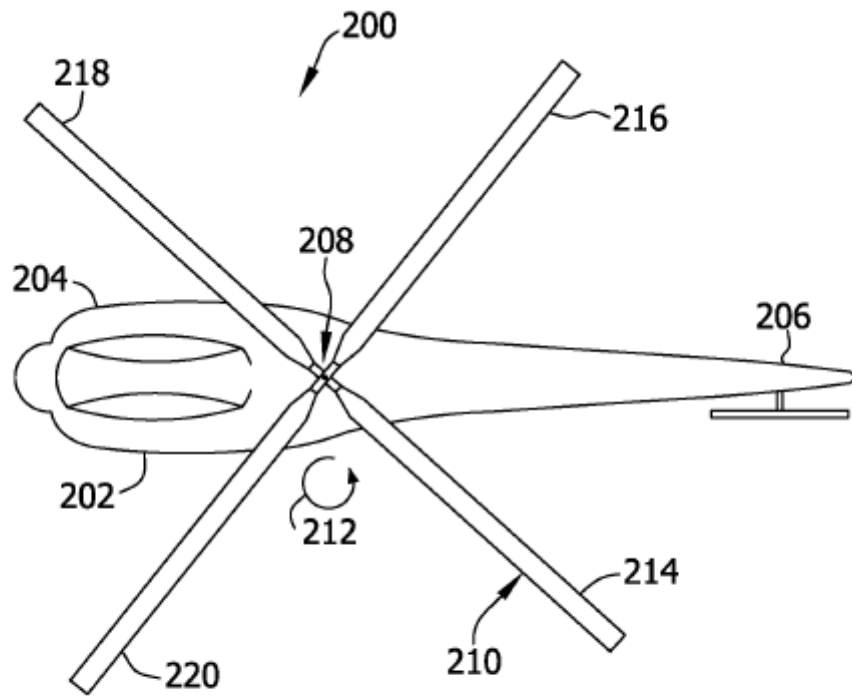


FIG. 3

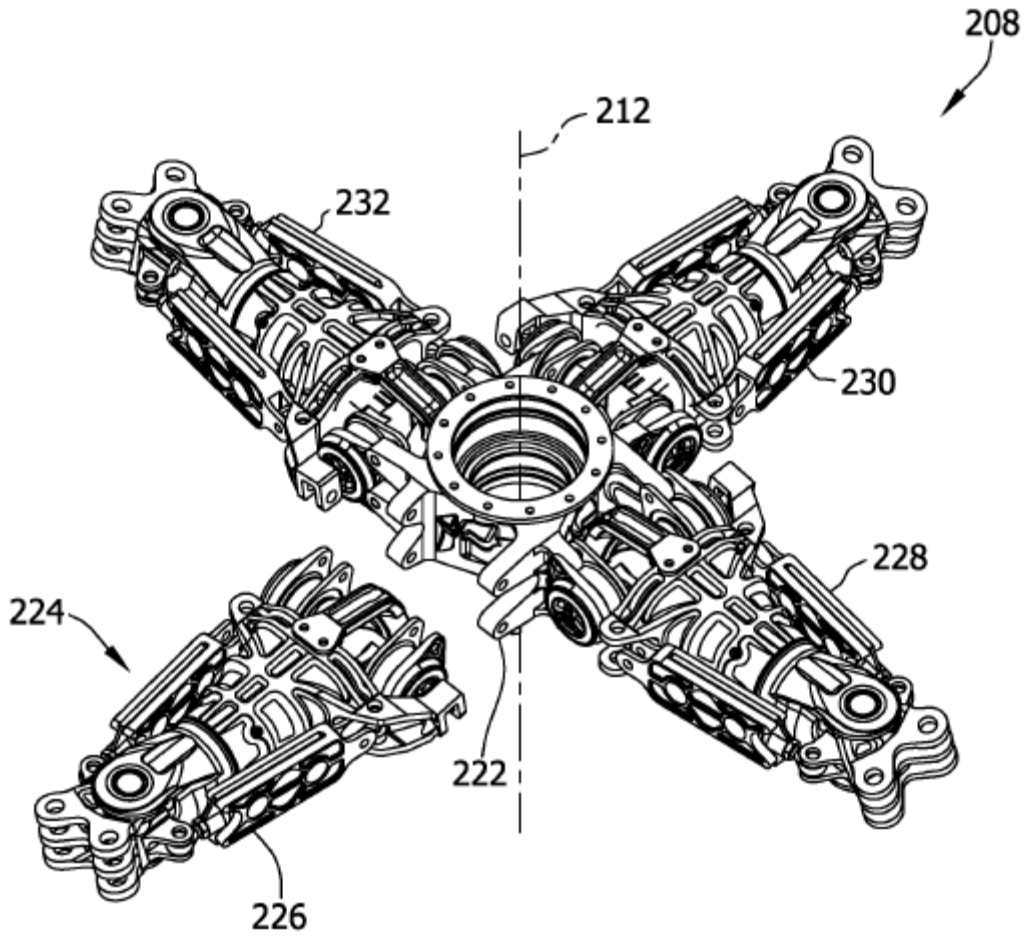


FIG. 4

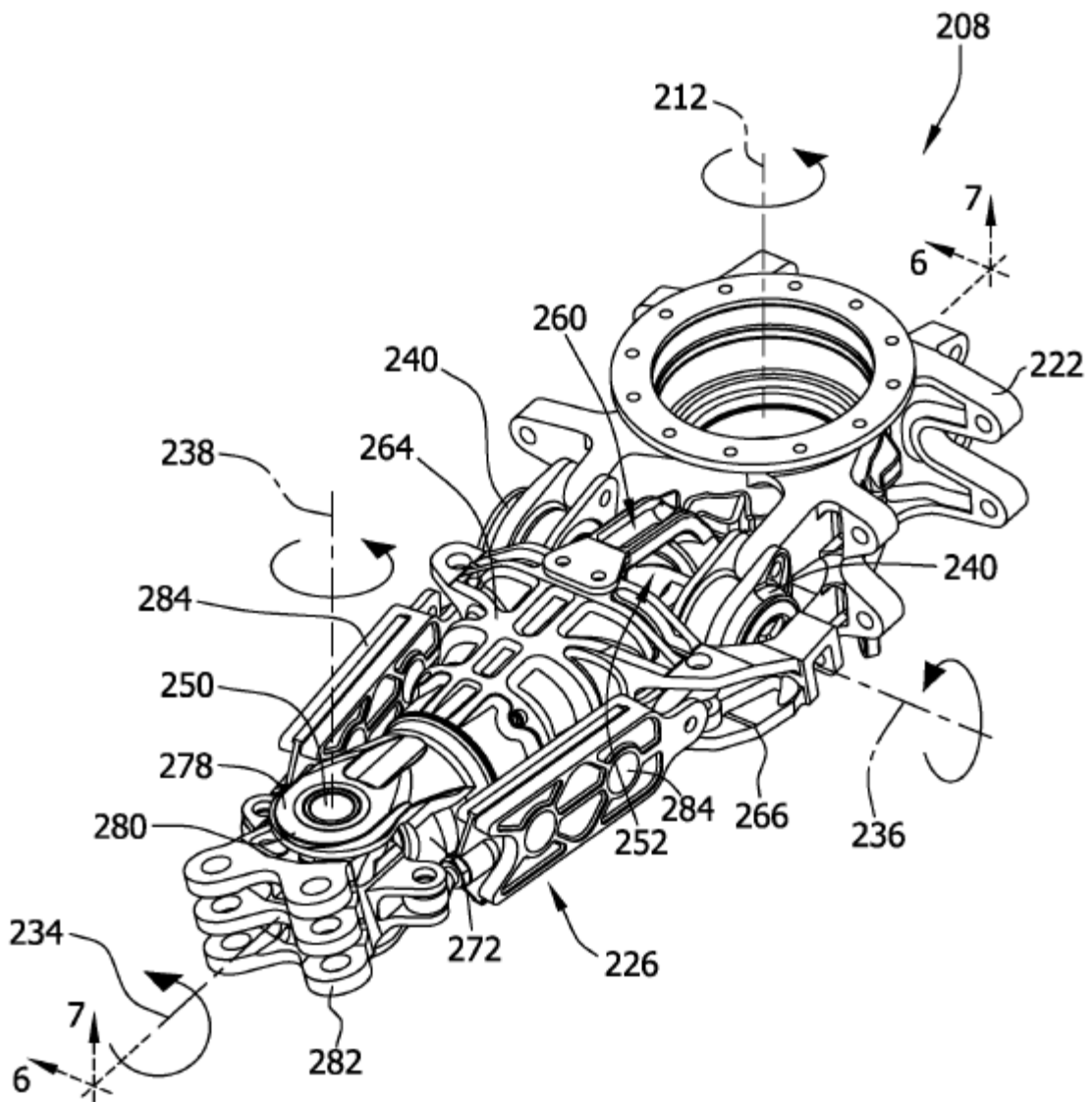


FIG. 5

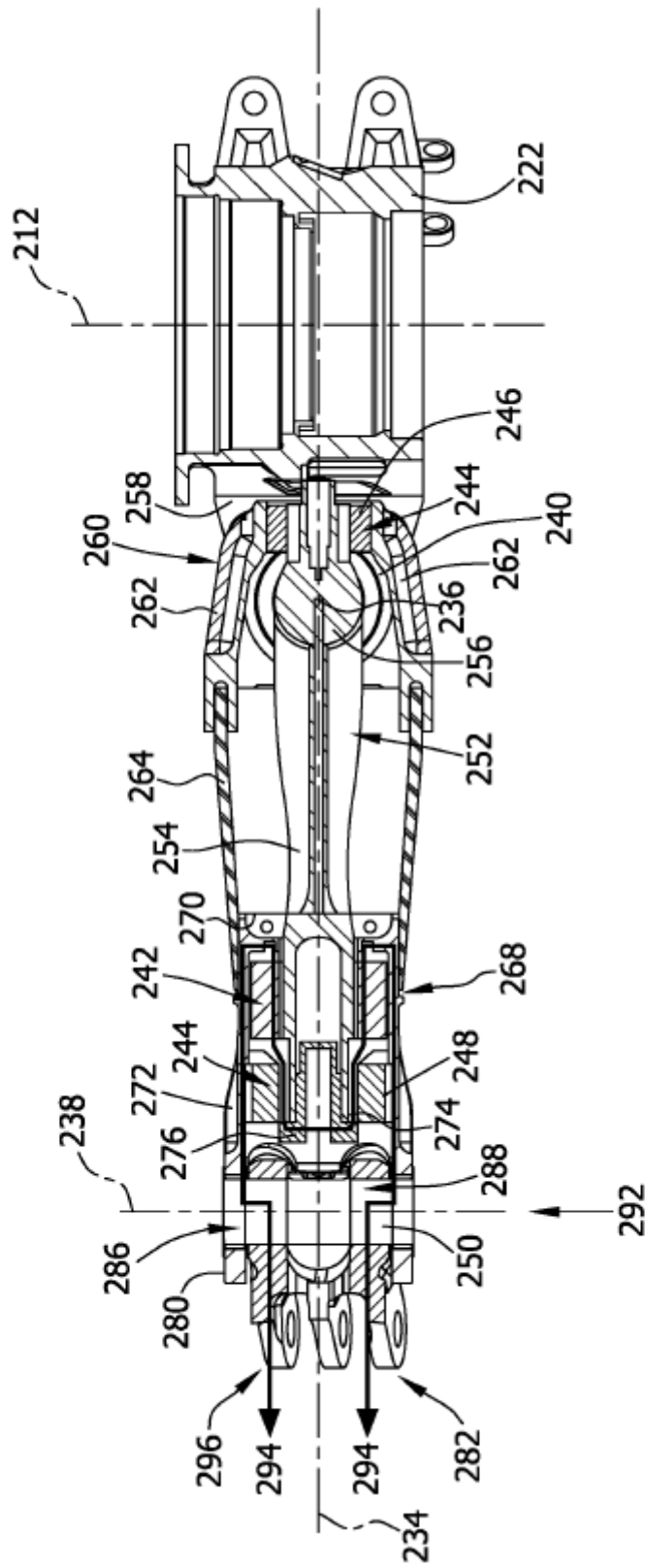


FIG. 6

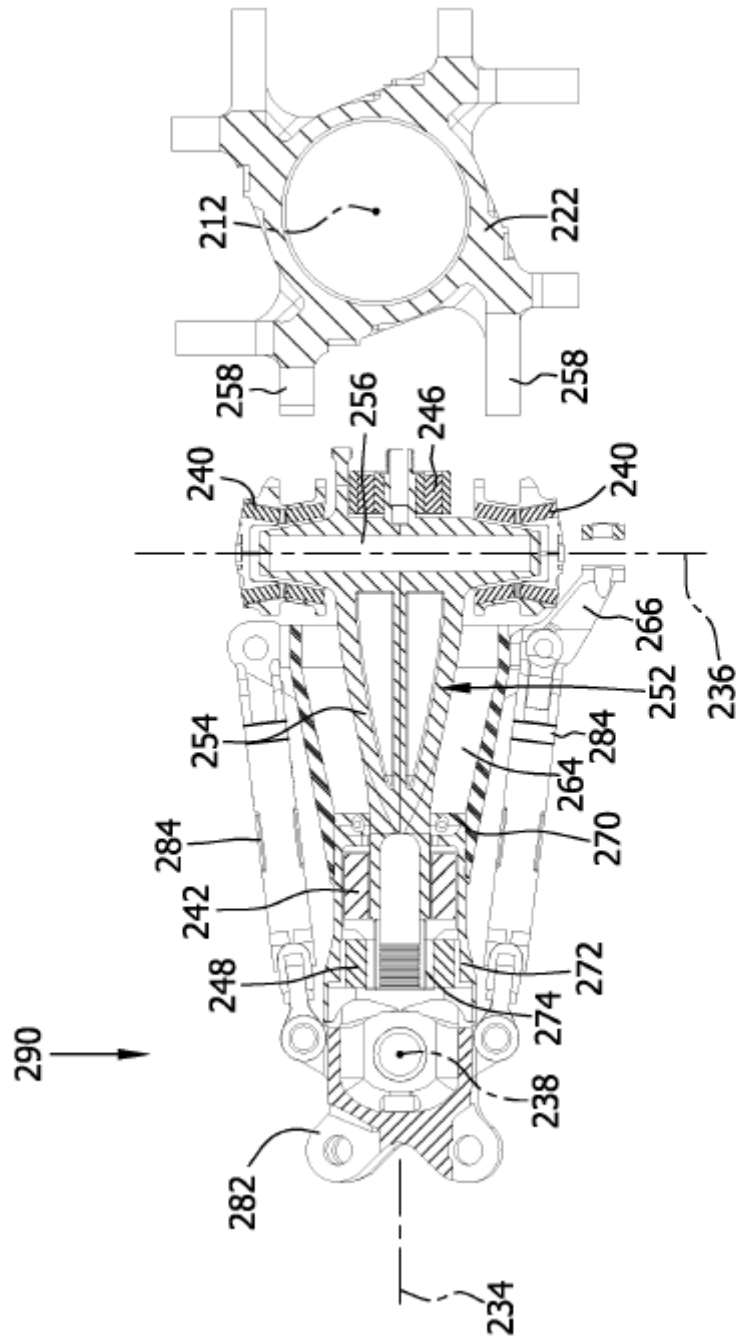


FIG. 7

