

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 839**

51 Int. Cl.:
B64C 27/605 (2006.01)
B64C 27/615 (2006.01)
B64C 27/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08154292 .0**
96 Fecha de presentación: **10.04.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **1985536**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.10.2008**

54 Título: **Dispositivo de control de un rotor principal de helicóptero**

30 Prioridad:
26.04.2007 DE 102007020079

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.05.2012

73 Titular/es:
ZF Friedrichshafen AG
88038 Friedrichshafen, DE

72 Inventor/es:
Wintjen, Carsten;
Hausberg, André y
Fürst, Daniel

74 Agente/Representante:
Lehmann Novo, Isabel

ES 2 379 839 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

Dispositivo de control de un rotor principal de helicóptero.

- La invención concierne a un rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control, en el que varias palas de rotor están dispuestas de forma periféricamente distribuida en una cabeza de rotor de un árbol de rotor y están montadas de forma giratoria o torsionable alrededor de un eje longitudinal de pala, en donde está previsto, para la regulación colectiva del ángulo de las palas del rotor, un actuador colectivo dispuesto en el sistema en reposo y unido operativamente con las raíces de las palas del rotor a través de medios de reglaje, y en donde al menos un actuador individual dispuesto en el sistema rotativo está asociado a cada pala de rotor para realizar una regulación cíclica e individual del ángulo de la pala. La invención concierne también a un segundo rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control, en el que varias palas de rotor están dispuestas de forma periféricamente distribuida en una cabeza de rotor de un árbol de rotor y están montadas de manera giratoria o torsionable alrededor de un eje longitudinal de pala, en donde al menos un actuador individual dispuesto en el sistema rotativo está asociado a cada pala del rotor para realizar una regulación cíclica e individual del ángulo de la pala. Por consiguiente, en este sistema de control últimamente citado no está presente ningún actuador colectivo separado.
- El control primario del rotor principal de un helicóptero consiste en una regulación colectiva del ángulo de las palas, con la que se ajustan en valores idénticos los ángulos de ajuste de las palas del rotor para controlar movimientos de ascenso y descenso del helicóptero, y en una regulación cíclica del ángulo de las palas, superpuesta a ella, con la que, para controlar movimientos longitudinales del helicóptero, especialmente un vuelo de avance, se regulan los ángulos de ajuste de las palas del rotor en forma desfasada con la misma orientación angular de giro y en forma sinusoidal con la frecuencia de giro del rotor principal. Gracias a la regulación cíclica del ángulo de las palas el plano de las palas del rotor descrito por la traza de las puntas de dichas palas del rotor es inclinado en el sentido de la dirección de vuelo elegida por una basculación correspondiente de una palanca de control, con lo que se inclina de manera correspondiente el vector de empuje generado por el rotor principal y, en consecuencia, este vector presenta una componente de propulsión en la dirección de vuelo elegida.
- La activación de las palas del rotor principal se efectúa usualmente a través de un llamado disco oscilante en el que se inician y se superponen mutuamente los movimientos de control de la regulación colectiva del ángulo de las palas y la regulación cíclica de dicho ángulo. El disco oscilante está constituido sustancialmente por un elemento en reposo no rotativo y un elemento anular que gira juntamente con el árbol del rotor, cuyos elementos están unidos uno con otro en forma giratoria y están montados en forma axialmente desplazable e inclinable con relación al eje de giro del árbol del rotor. Los órdenes de control de un piloto se transmiten al elemento anular no rotativo a través de una disposición de palancas mixtas en el caso de una maniobra mecánica y a través de actuadores en el caso de una maniobra asistida por fuerza auxiliar, introduciéndose en el disco oscilante una regulación colectiva del ángulo de las palas en forma de un desplazamiento axial y una regulación cíclica de dicho ángulo en forma de un movimiento de inclinación. En el sistema rotativo estos movimientos de control son introducidos desde el elemento anular rotativo, casi siempre a través de disposiciones de varillaje, en elementos de reglaje de las palas del rotor, cuyo giro o desplazamiento conduce en cada caso directa o indirectamente a los ángulos de ajuste correspondientes de las palas del rotor.
- Otra clase de construcción conocida del dispositivo de control de un rotor principal se denomina control de araña, en el que, en lugar de un disco oscilante dispuesto coaxialmente sobre el árbol del rotor, los movimientos de control y las fuerzas de control del lado de entrada se transmiten de una manera en principio semejante del sistema en reposo al sistema rotativo del rotor principal a través de un cojinete de bolas centralmente dispuesto dentro del árbol del rotor y se introducen en las palas del rotor a través de una araña de control axialmente desplazable e inclinable con respecto al eje de giro del árbol del rotor.
- Dado que la propia regulación cíclica del ángulo de las palas y los efectos aerodinámicos, como, por ejemplo, la llegada al número Mach crítico en la punta de la respectiva pala del rotor adelantada en la dirección de vuelo y las interferencias pala-torbellino por la inmersión de una pala de rotor en el torbellino seguidor de la pala de rotor adelantada, conducen a vibraciones, irradiaciones de ruido y reducción de la eficiencia aerodinámica, se intenta desde hace bastante tiempo contrarrestar activamente estos efectos indeseados en el marco de un control secundario del rotor principal, por ejemplo por medio de una regulación armónica superior del ángulo de las palas (HHC = higher harmonic control) y/o mediante un control individual de cada pala (IBC = individual blade control). Gracias a estas medidas se pueden lograr para un helicóptero correspondiente una carga dinámica mas pequeño y una vida útil correspondientemente mayor de los componentes, un menor gasto en mantenimiento, mayores prestaciones de vuelo y un mayor confort de vuelo para los pilotos y pasajeros correspondientes.
- La variación del ángulo de ataque de las palas del rotor puede efectuarse en cada caso directamente de manera en sí conocida por medio de la conexión articulada excéntrica de una barra de tracción/empuje - unida con el disco oscilante o con la araña de control - a la raíz de la respectiva pala del rotor, con lo que la pala del rotor, en caso de un montaje giratorio, es hecha girar alrededor de su eje longitudinal y, en caso de un montaje sin articulación, es hecha pivotar alrededor de su eje longitudinal por efecto de una torsión de un cuello de pala elástico a la torsión dispuesto entre la cabeza del rotor y la raíz de la pala. Sin embargo, es posible también provocar indirectamente de

manera aerodinámica, mediante la regulación de un alerón dispuesto en el canto trasero o en el canto delantero de la pala del rotor, una rotación o torsión de la pala del rotor y, por tanto, una variación del ángulo de ataque o de la oblicuidad de la pala de rotor correspondiente.

5 Un dispositivo de control de esta clase se describe, por ejemplo, en el documento US 3 077 934 A. En este dispositivo de control conocido las palas del rotor principal están montadas de manera giratoria en su respectiva raíz alrededor de un eje longitudinal en contra de la fuerza de reposición de un muelle de torsión y están provistas de un alerón de canto trasero. Los alerones del canto trasero son maniobrados de forma puramente mecánica a través de un dispositivo de varillaje que está provisto de un disco oscilante y que está dispuesto parcialmente dentro del árbol hueco del rotor. Una desviación de un alerón del canto trasero hacia arriba conduce a una rotación contraria de la pala correspondiente del rotor, con lo que se incrementan el ángulo de ataque y, por tanto, la fuerza ascensional generada de la pala correspondiente del rotor.

15 Dado que el acoplamiento mecánico forzoso de las palas del rotor por medio de un disco oscilante o una araña de control al menos restringe fuertemente la introducción de órdenes de control armónicas superiores o individuales para regular el ángulo de las palas a través del sistema en reposo del dispositivo de control, se han propuesto diferentes soluciones en las que el control secundario de las palas del rotor, es decir, una regulación armónica superior y/o individual del ángulo de las palas (HHC, IBC), se efectúa por medio de actuadores maniobrados por fuerza auxiliar, dispuestos dentro del sistema rotativo y asociados a cada respectiva pala del rotor.

20 Un dispositivo de control de esta clase es conocido, por ejemplo, por el documento DE 101 25 178 A1. En este dispositivo de control conocido se tiene que, adicionalmente al control primario formado por una disposición de varillaje provista de un disco oscilante, está asociado a cada pala del rotor un actuador secundario formado por un actuador lineal dispuesto en la respectiva barra de tracción/empuje. La regulación colectiva y cíclica del ángulo de las palas se efectúa a través del control primario. A las desviaciones de control correspondientes de las barras de tracción/empuje se superponen aditivamente las desviaciones de control generadas a través de los actuadores secundarios independientemente activables para la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas. Debido a la disposición en serie de los actuadores secundarios, el control primario de la regulación del ángulo de las palas no resulta adversamente afectado en caso de un fallo de uno o varios actuadores secundarios. Por tanto, los actuadores secundarios son de construcción enclavable, en el presente caso en grupos periféricamente distribuidos por igual en sus posiciones extremas superiores o inferiores.

25 En base a los correspondientes progresos de desarrollo en la técnica de control y propulsión se puede prescindir también enteramente, mediante la utilización de actuadores primarios dispuestos en el sistema rotativo e individualmente asociados a cada pala del rotor, de una regulación mecánica del ángulo de las palas con un acoplamiento forzoso por medio de un disco oscilante o una araña de control.

30 Un dispositivo de control de esta clase se describe en el documento DE 103 48 981 A1. En este dispositivo de control conocido se tiene que, para la regulación colectiva y cíclica del ángulo de las palas, se ha asociado a cada respectiva pala del rotor un actuador primario que está dispuesto en el sistema rotativo sobre un dispositivo de soporte unido rígidamente con la cabeza del rotor y que, en una realización como actuador lineal, está unido con una palanca de regulación de pala unida con la raíz de la pala asociada del rotor. Debido a la función de control primario, los actuadores primarios tienen que ser de construcción relativamente robusta y/o redundante para lograr una seguridad de funcionamiento suficientemente alta, lo que está ligado desventajosamente a un alto peso y a una gran demanda de espacio de montaje.

35 Otro dispositivo de control de esta clase es conocido por el documento DE 601 01 928 T2 (EP 1 172 293 B1). En este dispositivo de control conocido cada pala del rotor presenta varios alerones de canto trasero yuxtapuestos en la dirección de la envergadura, los cuales pueden ser desviados por medio de dos respectivos actuadores eléctricos funcionalmente conectados en paralelo. Mediante la regulación de los alerones del canto trasero por medio de los actuadores se pueden realizar tanto las funciones del control primario (regulación colectiva y cíclica del ángulo de las palas) como las funciones del control secundario (regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas), proporcionándose una gran flexibilidad en la asignación de las diferentes funciones a los alerones del canto trasero. Sin embargo, el coste de construcción para las palas del rotor y el dispositivo de control correspondiente es considerable.

40 En el documento DE 10 2005 007 129 A1 se propone otro dispositivo de control de esta clase. En este dispositivo de control conocido están asociados a cada pala del rotor un actuador primario para la regulación colectiva y cíclica del ángulo de las palas y al menos un actuador secundario para la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas. Los actuadores primarios están operativamente dispuestos de preferencia entre la cabeza de rotor del árbol del rotor y la raíz de la respectiva pala del rotor de tal manera que, mediante el accionamiento de los mismos, la raíz de la pala correspondiente del rotor gire alrededor del eje longitudinal asociado con respecto a la cabeza del rotor y, por tanto, se varíe de manera correspondiente el ángulo de ataque de la pala del rotor. Los actuadores secundarios pueden estar configurados como actuadores adicionales de raíz de pala que están dispuestos cada uno de ellos entre el actuador primario y la raíz de la pala y, por tanto, están funcionalmente dispuestos en serie detrás del actuador primario correspondiente. Como alternativa o como complemento de esto, es posible también una

5 ejecución de los actuadores secundarios como servoaccionamientos de alerones de pala de rotor, tal como especialmente alerones de canto trasero, dispuestos dentro de las palas del rotor. Para garantizar una seguridad de funcionamiento suficiente del helicóptero, los actuadores primarios están unidos uno con otro en el presente caso a través de un dispositivo de acoplamiento mecánico en forma de una araña de varillaje que presenta elementos articulados elásticos y/o medios de enclavamiento activables según sea necesario.

10 Para evitar un dispositivo de acoplamiento tan complejo se contempla en un dispositivo de control conocido según el documento DE 10 2004 053 001 A1 que, para la regulación colectiva del ángulo de las palas del rotor, esté previsto un único actuador colectivo dispuesto en el sistema en reposo y unido operativamente con las raíces de las palas del rotor a través de unos medios de reglaje, tal como una espina de control axialmente desplazable, pero no inclinable.

15 Para la regulación cíclica y también la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas del rotor se ha asociado en el sistema rotativo a cada respectiva pala del rotor un actuador individual que está concebido preferiblemente como un actuador de raíz de pala funcionalmente pospuesto al medio de reglaje correspondiente del actuador primario. Dado que los actuadores individuales realizan en parte funciones del control primario, estos tienen que estar contruidos con suficiente seguridad de funcionamiento, es decir, con un grado correspondiente de robustez y/o redundancia, lo que conduce desventajosamente a un alto peso y una gran demanda de espacio de montaje. Asimismo, el acoplamiento mecánico de los actuadores requerido por la disposición funcionalmente en serie de dichos actuadores es desfavorable en lo que respecta a la carga mecánica de los medios de reglaje y a la influenciación mutua al producirse perturbaciones.

20 Debido a los inconvenientes de los dispositivos de control últimamente citados, la presente invención se basa en el problema de proponer un dispositivo de control de un rotor principal de helicóptero de la clase citada al principio que, en combinación con una estructura sencilla, presente una elevada seguridad de funcionamiento y una capacidad de control mejorada.

25 Por tanto, según las características de la primera reivindicación independiente, la invención parte de un rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control, en el que varias palas del rotor están dispuestas de forma periféricamente distribuida en una cabeza de rotor de un árbol de rotor y están montadas de forma giratoria o torsionable alrededor de un eje longitudinal de pala, estando previsto, para la regulación colectiva del ángulo de las palas del rotor, un actuador colectivo dispuesto en el sistema en reposo y operativamente unido con las raíces de las palas del rotor a través de medios de reglaje, y estando asociado a cada pala del rotor al menos un actuador individual dispuesto en el sistema rotativo para realizar una regulación cíclica e individual del ángulo de las palas.

30 Para resolver el problema planteado se ha previsto, además, que cada pala del rotor presente al menos un alerón de pala de rotor montado de manera pivotable alrededor de un eje de giro paralelo o coaxial al eje longitudinal de la pala, cuyo alerón pueda ser desviado por medio de un actuador de alerón dispuesto dentro de la pala de rotor correspondiente, estando previstos y correspondientemente concebidos los actuadores de alerón para las funciones del actuador individual.

35 Conforme a la segunda reivindicación independiente, la invención concierne a un rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control, en el que varias palas de rotor están dispuestas de forma periféricamente distribuida en una cabeza de rotor de un árbol de rotor y están montadas de manera giratoria o torsionable alrededor de un eje longitudinal de pala, estando asociado a cada pala del rotor al menos un actuador individual dispuesto en el sistema rotativo para realizar una regulación cíclica e individual del ángulo de las palas. Para resolver el problema planteado se ha previsto, además, que cada pala del rotor presente al menos un alerón de pala de rotor montado de forma pivotable alrededor de un eje de giro paralelo o coaxial al eje longitudinal de la pala, cuyo alerón pueda ser desviado por medio de un actuador de alerón dispuesto dentro de la pala de rotor correspondiente, estando previstos y correspondientemente concebidos los actuadores de alerón para las funciones del actuador individual y estando asociado adicionalmente a cada pala del rotor al menos un actuador de raíz de pala que está dispuesto en la cabeza del rotor y unido operativamente con la raíz de la pala correspondiente del rotor.

40

45

El dispositivo de control últimamente citado prescinde conscientemente del actuador colectivo según el primer dispositivo de control, de modo que, al utilizar la idea básica de la invención, se reducen el coste de fabricación y mantenimiento y la complejidad del dispositivo de control.

50 Ejecuciones y perfeccionamientos ventajosos y convenientes del dispositivo de control según la invención son objeto de las respectivas reivindicaciones subordinadas 3 a 12.

55 La invención se basa en el conocimiento de que un control de las funciones del respectivo actuador individual en forma mecánicamente independiente de la función del actuador colectivo es más ventajoso desde el punto de vista técnico de la carga y el control y se puede materializar de manera sencilla en forma de actuadores de alerón dispuestos en cada pala del rotor y que accionan un respectivo alerón de la pala del rotor. Los actuadores de alerón pueden estar configurados como servoaccionamientos lineales o rotativos que pueden funcionar con energía auxiliar hidráulica, neumática o eléctrica y que están unidos operativamente con el respectivo alerón de pala de rotor asociado, bien directamente o bien a través de medios de reglaje, tales como mecanismos de varillaje, palancas o ruedas dentadas.

Los alerones de pala del rotor consisten preferiblemente en alerones de canto trasero que son conocidos, por ejemplo, por el documento DE 601 01 928 T2. Sin embargo, es posible también una ejecución de los alerones de pala de rotor como alerones de canto delantero que son conocidos por el documento US 5 409 183 A en una versión antepuesta al perfil de la pala. Sin embargo, por alerón de pala de rotor se entiende en el presente caso también un tramo elásticamente deformable del perfil de la pala, por ejemplo un tramo de canto trasero - elásticamente deformable a la manera de un alerón - de una pala de rotor que es en sí conocida por el documento DE 103 34 267 A1. Dado que la desviación de un alerón de pala de rotor conduce en último extremo a una torsión de una pala de rotor elástica a la torsión, una disposición de actuador para producir una torsión directa del perfil de la pala, tal como ésta es conocida, por ejemplo, por el documento DE 36 14 371 A1, puede denominarse también alerón de pala de rotor en su más amplio sentido.

Por tanto, mientras que en el dispositivo de control según la reivindicación 1 se efectúa idénticamente en todas las raíces de pala el ajuste colectivo del ángulo de ajuste de las palas del rotor, necesario para controlar el vuelo de ascenso y de descenso del helicóptero, por medio del actuador colectivo a través de los medios de reglaje correspondientes, tales como barras de control y palancas de control, la regulación cíclica del ángulo de ataque de las palas, necesaria para el vuelo horizontal del helicóptero, y la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas, utilizada sustancialmente para combatir vibraciones y ruidos, se realiza según la invención mediante un accionamiento de los alerones de las palas del rotor. En este caso, por ejemplo, mediante la desviación de un alerón de canto trasero dispuesto radialmente por fuera se genera un momento de cabeceo contrario a la desviación del alerón, con ayuda del cual se torsiona una pala de rotor elástica a la torsión hasta la raíz de dicha pala y se varía así de manera correspondiente la distribución de los ángulos de ataque de la pala del rotor. Debido a las regulaciones de las palas mecánicamente independientes una de otra en el presente caso a través del actuador colectivo y los actuadores individuales es posible un control muy exacto de cada pala.

En el dispositivo de control conforme a la segunda reivindicación independiente no está presente una regulación colectiva forzosamente acoplada de las palas del rotor principal. En funcionamiento normal, está previsto un reparto de las funciones de los actuadores individuales entre los actuadores de alerón y los actuadores de raíz de pala asociados a cada pala del rotor. La regulación cíclica del ángulo de las palas se efectúa a través de actuadores de raíz de pala que, para controlar un vuelo descendente de emergencia, disponen preferiblemente de medios de enclavamiento separados con los cuales se puede inmovilizar en tal caso de funcionamiento el ajuste del ángulo de pala de rotor ventajoso para ello. Para que, en caso de fallo de uno o varios de los actuadores de raíz de pala, se pueda conservar al menos parcialmente la función de los mismos, se ha previsto preferiblemente que los actuadores de alerón y los alerones de pala de rotor estén contruidos de tal manera que también se pueda realizar con estos la regulación cíclica del ángulo de las palas que tendría que ser realizada por el actuador de raíz de pala que ha fallado. Sobre esto se volverá más adelante.

Para conseguir la seguridad de funcionamiento necesaria especialmente para la regulación cíclica del ángulo de las palas se han asociado preferiblemente a cada alerón de pala de rotor al menos dos actuadores de alerón funcionalmente conectados en paralelo. Debido a la redundancia así proporcionada, los actuadores de alerón pueden presentar una mayor probabilidad de fallo, es decir que pueden ser de fabricación más ligera, más compacta y más barata.

Sin embargo, se puede lograr también un incremento de la seguridad de funcionamiento haciendo que cada pala de rotor presente al menos dos alerones de pala de rotor dispuestos a distancia radial uno de otro y montados de forma pivotable alrededor de un respectivo eje de giro paralelo o coaxial al eje longitudinal de la pala, cuyos alerones puedan ser desviados por medio de un respectivo actuador de alerón dispuesto dentro de la pala de rotor correspondiente e independientemente activable, estando previsto, en funcionamiento normal, un reparto de las funciones de los actuadores individuales entre actuadores de los alerones de pala de rotor radialmente interiores y los actuadores de los alerones de pala de rotor radialmente exteriores.

Para el funcionamiento normal se ha previsto convenientemente, por motivos de resistencia y controlabilidad, que los actuadores de los alerones de pala de rotor radialmente interiores realicen la función de la regulación cíclica del ángulo de las palas y los actuadores de los alerones de pala de rotor radialmente exteriores realicen las funciones de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas y estén configurados de manera correspondiente. La regulación cíclica del ángulo de las palas requiere variaciones del ángulo de ataque relativamente grandes y de baja frecuencia y, por tanto, por motivos de resistencia y control, se efectúa preferiblemente en la parte radialmente interior de las palas del rotor, mientras que la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas requiere variaciones del ángulo de ataque relativamente pequeñas y de alta frecuencia y, en consecuencia, se efectúa preferiblemente en la parte radialmente exterior de las palas del rotor.

Sin embargo, para un funcionamiento de emergencia de al menos una corta duración es ventajoso que los actuadores de los alerones de pala de rotor radialmente interiores y los actuadores de los alerones de pala de rotor radialmente exteriores estén concebidos cada uno de ellos para asumir en solitario las funciones de la regulación cíclica del ángulo de las palas y de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas. Si en un sistema de esta clase falla, por ejemplo, el control o el suministro de energía de los alerones de pala de rotor

radialmente exteriores, se tiene entonces que, con un diseño correspondiente, el conjunto de funciones de todos los alerones de pala de rotor puede ser realizado en solitario al menos durante breve tiempo por los alerones de pala de rotor radialmente interiores, con lo que es posible al menos un aterrizaje de seguridad sin problemas del helicóptero.

5 Como alternativa o adicionalmente al empleo de otros alerones de pala de rotor, es posible también, para aumentar la seguridad de funcionamiento en el dispositivo de control según las características de la primera reivindicación independiente, que esté asociado adicionalmente a cada pala de rotor al menos un actuador de raíz de pala que esté dispuesto en la cabeza del rotor y esté unido operativamente con la raíz de la pala de rotor correspondiente, estando previsto, en funcionamiento normal, un reparto de las funciones de los actuadores individuales entre los
10 actuadores de alerón y los actuadores de raíz de pala.

Para el funcionamiento normal se ha previsto, por motivos de resistencia y controlabilidad, que los actuadores de raíz de pala realicen la función de la regulación cíclica del ángulo de las palas y los actuadores de alerón realicen la función de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas y estén contruidos de manera correspondiente. En este caso, la regulación colectiva de ángulo de pala efectuada a través del actuador colectivo
15 en la respectiva raíz de pala se superpone con la regulación cíclica de ángulo de pala efectuada a través de los actuadores de raíz de pala.

Sin embargo, para un funcionamiento de emergencia es ventajoso que los actuadores de raíz de pala y los actuadores de alerón estén concebidos cada uno de ellos para asumir en solitario las funciones de la regulación cíclica del ángulo de las palas y de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas. Si falla
20 entonces, por ejemplo, el control o el suministro de energía de los actuadores de raíz de pala, se tiene que, con un diseño correspondiente, el conjunto de funciones de los actuadores de raíz de pala y de los alerones de pala de rotor puede ser realizado en solitario al menos durante un breve tiempo por los alerones de pala de rotor, con lo que se garantiza al menos un aterrizaje de seguridad sin problemas del helicóptero.

Sin embargo, según otro aspecto de la invención puede estar previsto que los actuadores de raíz de pala estén concebidos de modo que estos, en funcionamiento normal, puedan asumir tanto las funciones de la regulación cíclica del ángulo de las palas como, en campos de trabajo parcial, las funciones de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas, y que los actuadores de alerón y sus alerones estén contruidos de tal manera que estos, en funcionamiento normal, puedan asumir tanto las funciones de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas como, en campos de trabajo parcial, la regulación cíclica del ángulo de las palas.

A título de ejemplo, los actuadores de raíz de pala podrían estar contruidos y ser activados de tal manera que con estos se pueda realizar completamente el ajuste cíclico del ángulo de las palas y que con estos se puedan realizar, además, 20% a 40% de los procesos de ajuste de pala de alta frecuencia de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas. Asimismo, los actuadores de alerón y los alerones de pala de rotor están contruidos de tal manera que con éstos se puedan realizar, además, de su campo de trabajo normal para la
30 regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas, 20% a 40% de los procesos cíclicos de baja frecuencia de ajuste del ángulo de las palas. No obstante, gracias a estos campos de trabajo normal mutuamente solapados de los actuadores de alerón y de los actuadores de raíz de pala se puede garantizar, en caso de fallo de los demás actuadores respectivos referidos a las palas del rotor, un vuelo ulterior seguro y ampliamente confortable.

Todos los actuadores anteriormente descritos pueden estar contruidos de manera en sí conocida para que sean hechos funcionar por vía hidráulica, neumática o eléctrica.
40

Se ha agregado un dibujo a la descripción para ilustrar la invención. Muestran en este dibujo:

La figura 1, un rotor principal de un helicóptero con una primera realización preferida del dispositivo de control según la invención, en una vista en perspectiva esquemática,

La figura 2, un rotor principal de un helicóptero con una segunda realización preferida del dispositivo de control según la invención, representado como en la figura 1,
45

La figura 3, un rotor principal de un helicóptero con una tercera realización preferida del dispositivo de control según la invención, en una vista en perspectiva esquemática, y

La figura 4, una realización práctica de un rotor principal provisto de actuadores de raíz de pala, en una representación en perspectiva.

50 En la figura 1 se ilustra un rotor principal 1 de un helicóptero, no representado en mayor grado, con un árbol de rotor 2 y cuatro palas de rotor 3. En la cabeza de rotor 4 del árbol 2 del rotor están dispuestas las palas 3 del rotor en forma periféricamente distribuida y éstas están apoyadas de manera giratoria o torsionable alrededor de su eje longitudinal de pala 5 que discurre en dirección radial. Un dispositivo de control 6.1 del rotor principal 1 comprende una actuador colectivo 7 y un respectivo actuador individual 8 por cada pala 3 del rotor.

El actuador colectivo 7 sirve para la regulación colectiva del ángulo de las palas 3 del rotor y en el presente caso está dispuesto por debajo del árbol 2 del rotor en el sistema en reposo y, por ejemplo, está fijado a una cabina, no ilustrada, del helicóptero. En el presente caso, el actuador colectivo 7 está construido como un actuador lineal y está unido a través de un cojinete de giro 9 con una barra 10 que está montada en forma axialmente móvil y cogiratoria dentro del árbol hueco 2 del rotor. En el extremo superior de la barra 10 que se proyecta fuera de la cabeza 4 del rotor está dispuesto un dispositivo de regulación mecánico en forma de una llamada araña 11 con un respectivo brazo volado 12 por cada pala 3 del rotor, la cual está unida rígidamente con la barra 10. Cada brazo volado 12 está unido articuladamente, a través de una respectiva barra de unión 13, con una palanca de reglaje 14 que, en el lado trasero alejado de la dirección de giro 15 del rotor principal 1, está rígidamente fijada a la raíz 16 (o al cuello) de la pala asociada 3 del rotor. Por tanto, mediante un desplazamiento axial 17 de la barra 10 provocado por medio de una maniobra del actuador colectivo 7 se realiza en las raíces 16 de las palas una variación del ángulo de ataque de las mismas que es idéntica para todas las palas 3 del rotor.

Los actuadores individuales 8 en las palas 3 del rotor sirven para la regulación cíclica y la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas 3 del rotor y están dispuestos en el sistema rotativo del rotor principal 1. En una primera forma de realización preferida del dispositivo de control 6.1 según la figura 1 cada pala 3 del rotor presenta un alerón 19 de pala de rotor montado de forma pivotable alrededor de un eje de giro 18 paralelo al eje longitudinal 5 de la pala y realizado en el presente caso como alerón de canto trasero, el cual puede ser desviado por medio de un actuador de alerón 20 dispuesto dentro de la pala correspondiente 3 del rotor. Por tanto, en esta primera variante de realización los actuadores individuales 8 están formados solamente por los actuadores de alerón 20.

Dado que el actuador colectivo 7 está dispuesto en el sistema en reposo, éste puede construirse sin problemas con suficiente robustez o redundancia para lograr la seguridad de funcionamiento necesaria de la regulación colectiva del ángulo de las palas. Dado que la regulación cíclica del ángulo de las palas representa también una función de control primario relevante para la seguridad, se han asociado preferiblemente a cada alerón 19 de pala de rotor al menos dos actuadores de alerón 20 funcionalmente conectados en paralelo, pero esto no se ha representado explícitamente en la figura 1. La estructura del dispositivo de control 6.1 es de construcción relativamente sencilla en su conjunto y se puede materializar a bajo coste. Además, el dispositivo de control 6.1 presenta, debido a su estructura básica, una alta seguridad de funcionamiento y unas buenas propiedades de control.

En una segunda forma de realización preferida del dispositivo de control 6.2 de la invención según la figura 2 cada pala 3 del rotor presenta, además del alerón 19 de pala de rotor ya existente, otro segundo alerón 22 de pala de rotor montado de manera pivotable alrededor de un eje de giro 21 paralelo al eje longitudinal 5 de la pala, cuyo segundo alerón puede ser desviado por medio de un actuador de alerón 23 dispuesto dentro de la pala correspondiente 3 del rotor e independientemente activable. La estructura restante del rotor principal 1 y del dispositivo de control 6.2 corresponde a la de la primera variante de realización según la figura 1.

Los alerones de pala de rotor adicionales 22 están contruidos también a título de ejemplo como alerones de canto trasero y en el presente caso están dispuestos radialmente por dentro de los alerones de pala de rotor existentes 19. En funcionamiento normal, las funciones del control individual están repartidas de tal manera entre los actuadores 19 y 23 de pala de rotor que los actuadores 23 de los alerones de pala de rotor radialmente interiores 22 realizan la función de la regulación cíclica del ángulo de las palas y los actuadores 20 de los alerones de pala de rotor radialmente exteriores 19 realizan las funciones de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas. Sin embargo, los actuadores de alerón 20 y 23 están contruidos convenientemente de tal manera que cada grupo de actuadores de alerón 20, 23 pueda asumir en solitario, al menos durante un breve tiempo, las respectivas funciones de los actuadores individuales 8 en una situación de funcionamiento de emergencia, es decir, al presentarse una perturbación en el otro grupo respectivo de actuadores 20, 23. Por tanto, el dispositivo de control 6.2 de la segunda realización conforme a la figura 2 presenta una seguridad de funcionamiento incrementada en comparación con la primera realización según la figura 1.

En una tercera variante de realización del dispositivo de control 6.3 según la figura 3 cada pala 3 del rotor presenta, además del alerón de pala de rotor ya existente 19, un respectivo actuador de raíz de pala 24 que está dispuesto en la cabeza 4 del rotor y está unido operativamente con la raíz 16 de la pala correspondiente 3 del rotor. La estructura restante del rotor principal 1 y del dispositivo de control 6.3 corresponde a la de la primera forma de realización según la figura 1.

Los actuadores de raíz de pala adicionales 24 están contruidos a título de ejemplo en el presente caso como servoaccionamientos rotativos y están dispuestos detrás en serie en la raíz de pala 16 (o en el cuello de pala) como el lugar de introducción de la regulación colectiva del ángulo de las palas a través de la respectiva palanca de reglaje 14. De este modo, la regulación individual del ángulo de las palas, realizada por medio de los actuadores de raíz de pala 24, se superpone aditivamente a la regulación colectiva del ángulo de las palas efectuada por medio del actuador colectivo 7. En funcionamiento normal, las funciones del control individual están repartidas de tal manera entre los actuadores de alerón 20 y los actuadores de raíz de pala 24 que estos actuadores de raíz de pala 24 realizan la función de la regulación cíclica del ángulo de las palas y los actuadores de alerón 20 realizan las

funciones de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas. Sin embargo, los actuadores 20, 24 están contruidos ventajosamente de tal manera que cada grupo de actuadores 20, 24 pueda asumir en solitario, al menos durante corto tiempo, las respectivas funciones de los actuadores individuales 8 en una situación de funcionamiento de emergencia, es decir, al presentarse una perturbación en el otro grupo respectivo de actuadores 20, 24. El dispositivo de control 6.3 de la tercera forma de realización según la figura 3 presenta también una seguridad de funcionamiento incrementada en comparación con la primera realización según la figura 1.

Para ilustrar un modo de construcción real se ha ilustrado en la figura 4 una realización a modo de ejemplo de una cabeza 4 de un rotor principal 1 provista de actuadores de raíz de pala 24. En la cabeza 4 del rotor están fijadas con igual distribución periférica seis bridas de conexión 25 para fijar cada pala 3 del rotor a través de unos respectivos cinturones de fijación superior e inferior 26, 27. Entre los cinturones de fijación 26, 27 contruidos como elásticos a la torsión está dispuesto un respectivo actuador de raíz de pala 24, realizado como servoaccionamiento rotativo, en una posición coaxial o paralela al eje longitudinal 5 de la pala correspondiente 3 del rotor. Un componente radialmente interior 28 de los actuadores de raíz de pala 24, por ejemplo la carcasa de un motor eléctrico o el cilindro de un servoaccionamiento de pistón rotativo, está unido de manera solidaria en rotación, en cada caso cerca de la cabeza 4 del rotor, con los cinturones de fijación 26, 27, mientras que un componente radialmente exterior 29 de los actuadores de raíz de pala 24, por ejemplo el rotor de un motor eléctrico o el pistón rotativo de un servoaccionamiento de pistón rotativo, está unido de manera solidaria en rotación con la respectiva brida de conexión correspondiente 25. En la figura 4 no se ilustran otros componentes destinados a asociarse a un dispositivo de control 6.3 para regular el ángulo de las palas.

20 Símbolos de referencia

- 1 Rotor principal
- 2 Árbol de rotor
- 3 Pala de rotor
- 4 Cabeza de rotor
- 25 5 Eje longitudinal de pala
- 6.1 Dispositivo de control
- 6.2 Dispositivo de control
- 6.3 Dispositivo de control
- 7 Actuador colectivo
- 30 8 Actuador individual
- 9 Cojinete de giro
- 10 Barra
- 11 Araña
- 12 Brazo volado
- 35 13 Barra de unión
- 14 Palanca de reglaje
- 15 Dirección de giro
- 16 Raíz de pala, cuello de pala
- 17 Desplazamiento axial
- 40 18 Eje de giro
- 19 Alerón de pala de rotor
- 20 Actuador de alerón
- 21 Eje de giro

- 22 Alerón de pala de rotor
- 23 Actuador de alerón
- 24 Actuador de raíz de pala
- 25 Brida de conexión
- 5 26 Cinturón de fijación superior
- 27 Cinturón de fijación inferior
- 28 Componente radialmente interior
- 29 Componente radialmente exterior

REIVINDICACIONES

1. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control, en el que varias palas de rotor (3) están dispuestas de forma periféricamente distribuida en una cabeza de rotor (4) de un árbol de rotor (2) y están montadas de manera giratoria o torsionable alrededor de un eje longitudinal de pala (5), en donde, para la regulación colectiva del ángulo de las palas (3) del rotor, está previsto un actuador colectivo (7) dispuesto en el sistema en reposo y unido operativamente con las raíces (16) de las palas (3) del rotor a través de medios de reglaje (9-14) y, para la regulación cíclica e individual del ángulo de las palas, está asociado a cada pala (3) del rotor al menos un actuador individual (8) dispuesto en el sistema rotativo, **caracterizado** porque cada pala (3) del rotor presenta al menos un alerón de pala de rotor (19) que está montado de manera pivotable alrededor de un eje de giro (18) paralelo o coaxial al eje longitudinal de pala (5) y que puede ser desviado por medio de un actuador de alerón (20) dispuesto por dentro de la pala correspondiente (3) del rotor, estando previstos los actuadores de alerón (20) para las funciones del actuador individual (8).
2. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control, en el que varias palas de rotor (3) están dispuestas de forma periféricamente distribuida en una cabeza de rotor (4) de un árbol de rotor (2) y están montadas de manera giratoria o torsionable alrededor de un eje longitudinal de pala (5), en donde, para la regulación cíclica e individual del ángulo de las palas, está asociado a cada pala (3) del rotor al menos un actuador individual (8) dispuesto en el sistema rotativo, en donde cada pala (3) del rotor presenta al menos un alerón de pala de rotor (19) que está montado de manera pivotable alrededor de un eje de giro (18) paralelo o coaxial al eje longitudinal de pala (5) y que puede ser desviado por medio de un actuador de alerón (20) dispuesto por dentro de la pala correspondiente (3) del rotor, y en donde los actuadores de alerón (20) están previstos para las funciones del actuador individual (8) y cada pala de rotor lleva asociado, además, al menos un actuador de raíz de pala (24) que está dispuesto en la cabeza (4) del rotor y operativamente unido con la raíz (16) de la pala correspondiente (3) del rotor, **caracterizado** porque, en funcionamiento normal, está previsto un reparto de las funciones de los actuadores individuales (8) entre los actuadores de alerón (20) y los actuadores de raíz de pala (24).
3. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque cada alerón de pala de rotor (19) lleva asociados al menos dos actuadores de alerón (20) funcionalmente conectados en paralelo.
4. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según la reivindicación 1, 2 ó 3, **caracterizado** porque cada pala de rotor presenta al menos dos alerones de pala de rotor (19, 22) dispuestos a distancia radial uno de otro y montados de forma pivotable alrededor de un respectivo eje de giro (18, 21) paralelo o coaxial al eje longitudinal de pala (5), los cuales pueden ser desviados por medio de sendos actuadores de alerón (20, 23) dispuestos dentro de la pala de rotor correspondiente (3) e independientemente activables, estando previsto, en funcionamiento normal, un reparto de las funciones de los actuadores individuales (8) entre los actuadores (23) de los alerones de pala de rotor radialmente interiores (22) y los actuadores (20) de los alerones de pala de rotor radialmente exteriores (19).
5. Rotor principal de helicóptero con dispositivo de control según la reivindicación 4, **caracterizado** porque los actuadores (23) de los alerones de pala de rotor radialmente interiores (22) están previstos, en funcionamiento normal, para la función de la regulación cíclica del ángulo de las palas y los actuadores (20) de los alerones de pala de rotor radialmente exteriores (19) están previstos, en funcionamiento normal, para las funciones de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas.
6. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado** porque los actuadores (23) de los alerones de pala de rotor radialmente interiores (22) y los actuadores (20) de los alerones de pala de rotor radialmente exteriores (19) están concebidos para asumir en solitario, durante el funcionamiento de emergencia, las respectivas funciones de la regulación cíclica del ángulo de las palas y de la regulación armónica superior e individual de dicho ángulo de las palas.
7. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según al menos una de las reivindicaciones 1 y 3 a 6, **caracterizado** porque cada pala de rotor lleva asociado, además, al menos un actuador de raíz de pala (24) que está dispuesto en la cabeza (4) del rotor y unido operativamente con la raíz (16) de la pala correspondiente (3) del rotor.
8. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según la reivindicación 7, **caracterizado** porque, en funcionamiento normal, está previsto un reparto de las funciones de los actuadores individuales (8) entre los actuadores de alerón (20) y los actuadores de raíz de pala (24).
9. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según la reivindicación 2 u 8, **caracterizado** porque los actuadores de raíz de pala (24) están previstos, en funcionamiento normal, para la función de la regulación cíclica del ángulo de las palas y los actuadores de alerón (20) están previstos, en funcionamiento normal, para la función de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas.
10. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según la reivindicación 8 ó 9, **caracterizado** porque

los actuadores de raíz de pala (24) y los actuadores de alerón (20) están concebidos para asumir en solitario, durante el funcionamiento de emergencia, las respectivas funciones de la regulación cíclica del ángulo de las palas y de la regulación armónica superior e individual de dicho ángulo de las palas.

5 11. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según la reivindicación 8, 9 ó 10, **caracterizado** porque los actuadores de raíz de pala (24) están concebidos de modo que estos, en funcionamiento normal, puedan asumir tanto las funciones de la regulación cíclica del ángulo de las palas como, en campos de trabajo parcial, la regulación armónica superior e individual de dicho ángulo de las palas, y porque los actuadores de alerón (20) están concebidos de tal manera que estos, en funcionamiento normal, puedan asumir tanto las funciones de la regulación armónica superior e individual del ángulo de las palas como, en campos de trabajo parciales, la regulación cíclica de dicho ángulo de las palas.

10 12. Rotor principal de helicóptero con un dispositivo de control según al menos una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque los actuadores de alerón (20, 23) y/o los actuadores de raíz de pala (24) están concebidos para ser hechos funcionar por vía hidráulica, neumática o eléctrica.

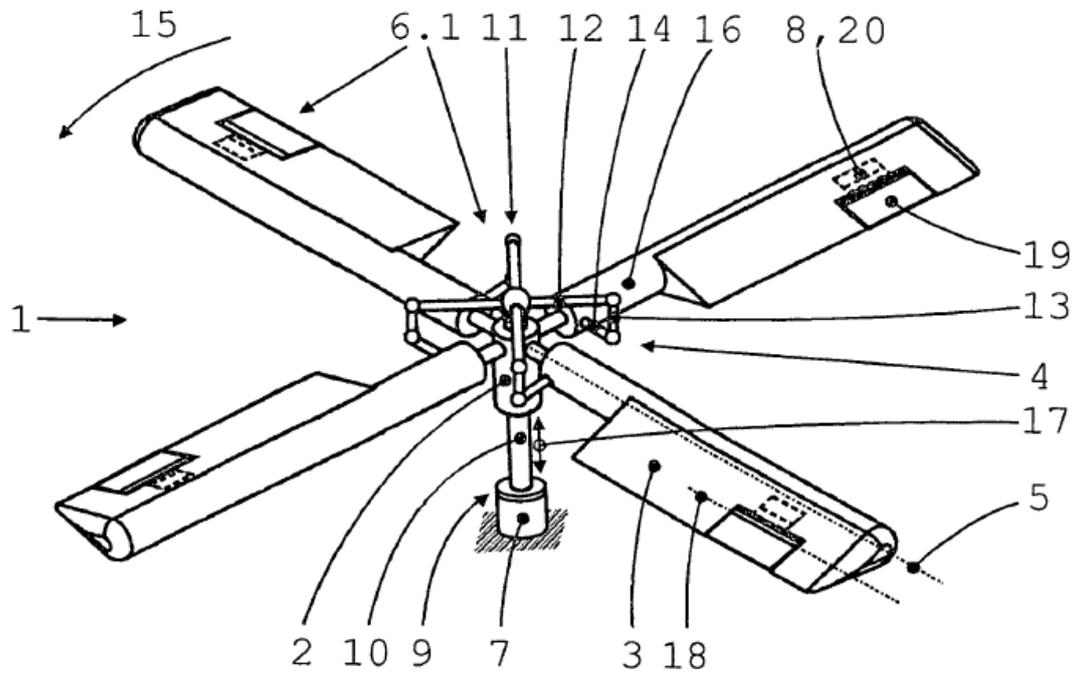


Fig.1

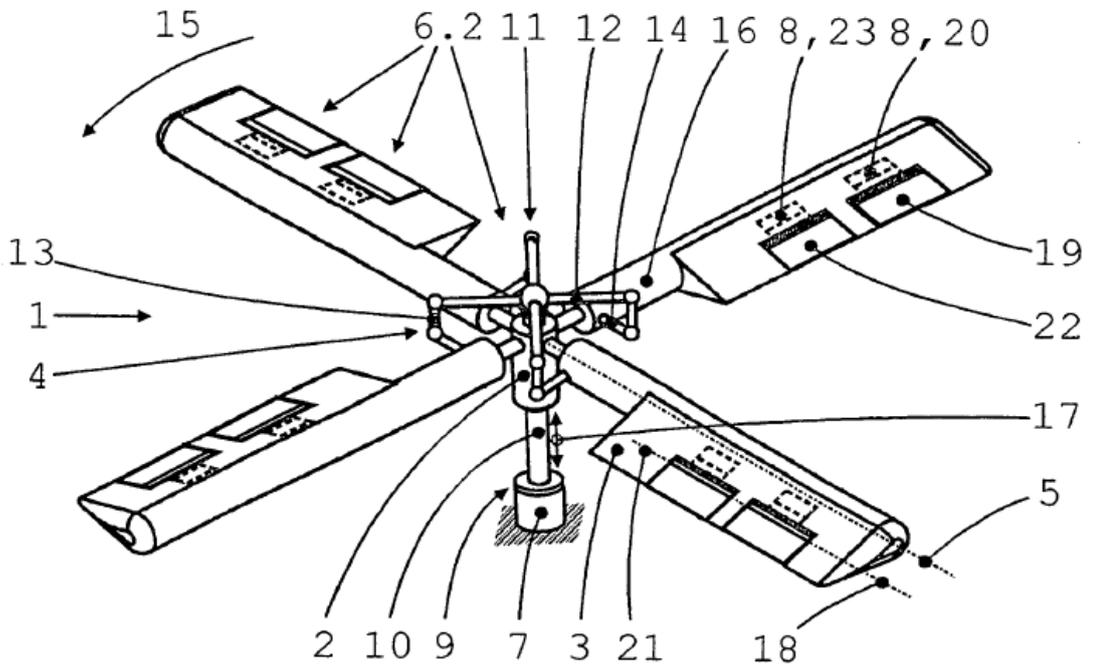


Fig.2

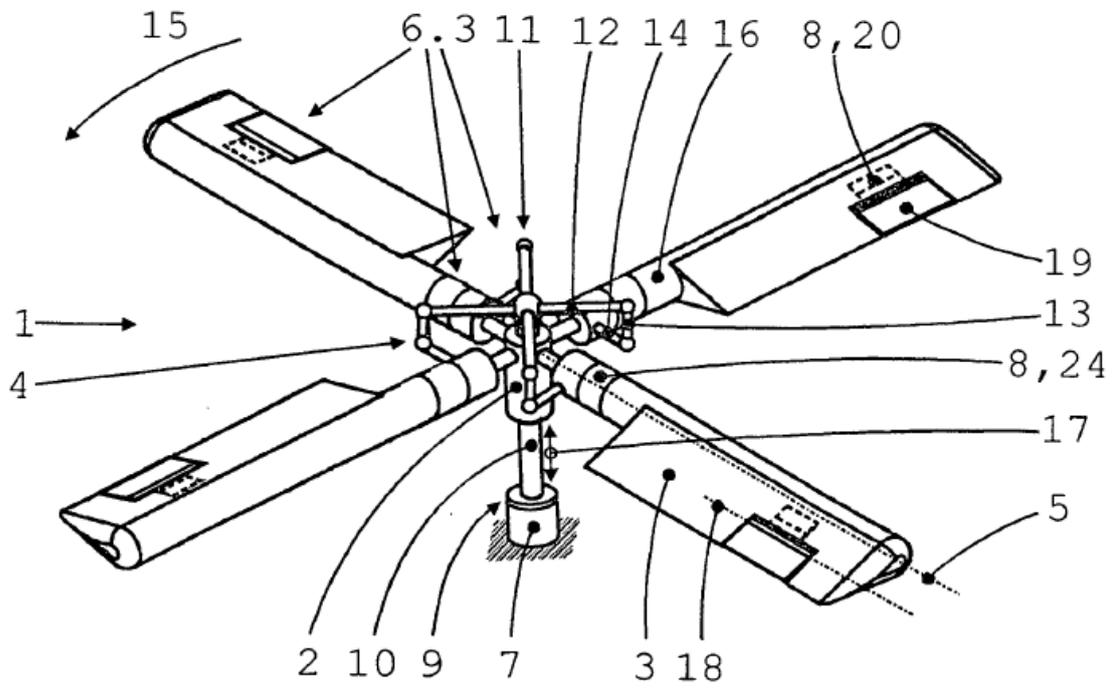


Fig. 3

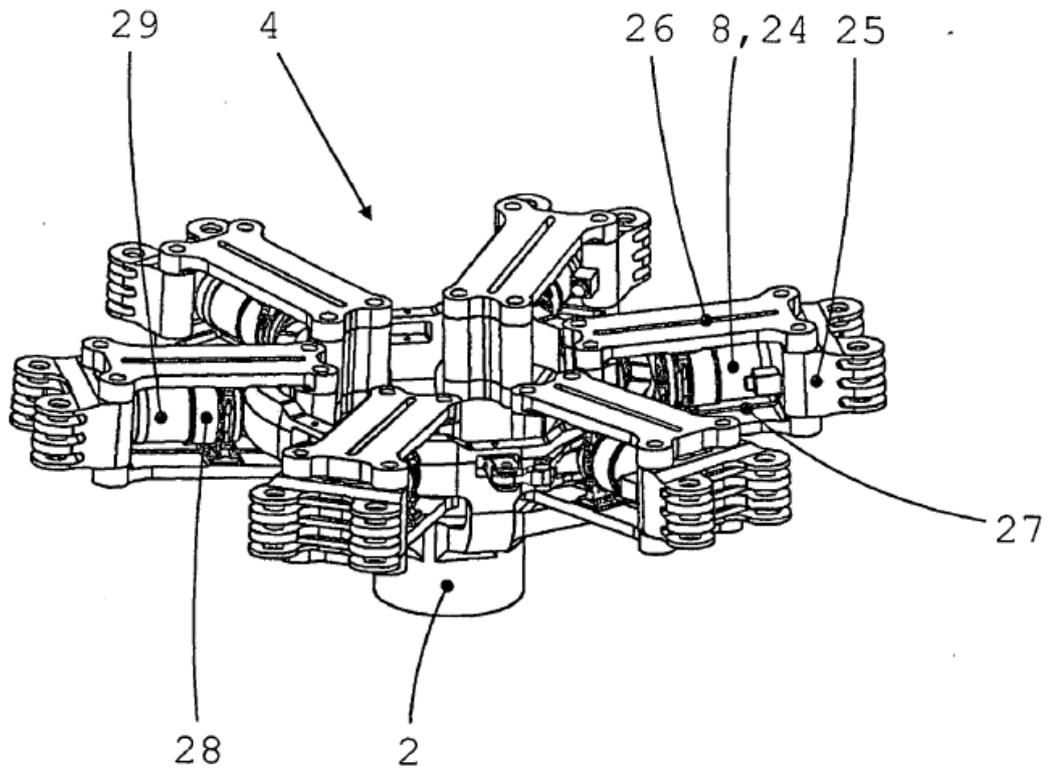


Fig. 4