

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 972**

51 Int. Cl.:

**F03D 13/10** (2006.01)

**F15B 15/18** (2006.01)

**F15B 15/26** (2006.01)

**F15B 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.12.2013 PCT/EP2013/075734**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.06.2014 WO14090690**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2013 E 13805321 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2929176**

54 Título: **Accionamiento giratorio para un aerogenerador y procedimiento para el giro del eje de rotor de un aerogenerador**

30 Prioridad:  
**10.12.2012 DE 102012222637**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.02.2019**

73 Titular/es:  
**SENVION GMBH (100.0%)  
Überseering 10  
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:  
**BROKES, MICHAEL;  
EDELMANN, ULF;  
EUSTERBARKEY, CARSTEN y  
LEHMANN, SVEN**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 699 972 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

Accionamiento giratorio para un aerogenerador y procedimiento para el giro del eje de rotor de un aerogenerador

La invención se refiere a un accionamiento giratorio para un aerogenerador. El accionamiento giratorio comprende un eje, un motor hidráulico para el accionamiento del eje y una línea de accionamiento para aportar al motor hidráulico un líquido hidráulico a presión. La invención se refiere además a un procedimiento para el giro del eje de rotor de un aerogenerador.

Normalmente, en la construcción de aerogeneradores se monta en primer lugar la góndola en una torre y, a continuación, el rotor se conecta a la góndola. Si las palas de rotor se montan individualmente en el cubo del rotor, el procedimiento habitual consiste en girar el cubo del rotor a una posición angular preestablecida, de manera que la pala de rotor se pueda aproximar al cubo desde una dirección predeterminada. Para el montaje de la siguiente pala de rotor, el cubo se gira de manera que la pala de rotor siguiente se pueda aproximar al cubo desde la misma dirección. Si, por ejemplo, el rotor tiene tres palas de rotor, el cubo se gira 120° entre el montaje de dos palas de rotor.

En la etapa intermedia, en la que sólo una parte de las palas de rotor está conectada al cubo, el rotor tiene un fuerte desequilibrio. Por consiguiente, es necesario un par de giro grande para modificar la posición angular del rotor. En el documento EP 1 659 286, por ejemplo, se describe un dispositivo que actúa directamente sobre el eje de rotor para aplicar este par de giro.

Si se prevé un engranaje entre el rotor y el generador del aerogenerador, la transmisión del engranaje se puede utilizar para reducir el par de giro a aplicar. Con esta finalidad se conecta un accionamiento giratorio al eje rápido del engranaje. El par de giro del accionamiento giratorio que actúa sobre el eje de engranaje rápido aumenta en función de la relación de transmisión del engranaje, de manera que el accionamiento giratorio sólo tenga que aplicar un par de giro relativamente reducido para hacer girar el rotor a pesar del desequilibrio. Los dispositivos que actúan sobre el eje de engranaje rápido para el giro del engranaje se describen, por ejemplo, en los documentos EP 1 167 754, EP 2 116 722 y DE 103 34 448. El problema de estos procedimientos consiste en que a través del engranaje se transmite un par de giro cercano a los límites de carga del engranaje. Si se añaden más fuerzas, por ejemplo, como consecuencia de una ráfaga de viento, se puede rebasar el límite de carga. No obstante, es preciso evitar una sobrecarga del engranaje para que no se produzcan daños en el engranaje ya antes de la primera puesta en marcha del aerogenerador.

Por el documento EP 2 159 472 se conoce un accionamiento giratorio según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención se basa en la tarea de presentar un accionamiento giratorio y un procedimiento para el giro del eje de rotor de un aerogenerador con los que sea posible evitar una sobrecarga del engranaje. Partiendo del estado de la técnica citado, la tarea se resuelve con las características de las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se pueden encontrar formas de realización ventajosas.

Según la invención, en el caso del accionamiento giratorio, la línea de accionamiento se dota de una válvula limitadora de presión ajustable. Mediante el ajuste de la válvula limitadora de presión se puede variar la presión a la que se abre la válvula limitadora de presión. Con la válvula limitadora de presión ajustable se limita el par de giro que puede transmitirse al engranaje.

Para el accionamiento del motor hidráulico se introduce en el motor hidráulico un líquido hidráulico a través de la línea de accionamiento. El par de giro con el que se acciona el eje es fundamentalmente proporcional a la presión con la que el líquido hidráulico entra en el motor hidráulico. Con la válvula limitadora de presión según la invención se consigue que la presión en la línea de accionamiento no pueda rebasar un valor umbral preestablecido. En caso de un rebasamiento del valor umbral se abre la válvula limitadora de presión y se desvía una parte del aceite hidráulico a través de la válvula limitadora de presión. Con la presión limitada, el par de giro que actúa sobre el eje también está limitado, de manera que quede excluida una sobrecarga del engranaje conectado al eje. La presión a la que se abre la válvula limitadora de presión se elige preferiblemente de manera que la presión se limite a un valor que corresponda al par de giro máximo con el que se puede cargar el engranaje. Si el par de giro del rotor es mayor que el umbral del par de giro en el que se abre la válvula limitadora de presión, el accionamiento giratorio no puede seguir girando el rotor. Este hecho es aceptado y tiene como consecuencia que, por ejemplo, durante una ráfaga de viento, el rotor se detenga o incluso gire en la dirección opuesta. Una vez finalizada la ráfaga de viento, el par de giro del accionamiento giratorio es de nuevo suficiente para girar el rotor y el rotor se pone de nuevo en movimiento en la dirección en cuestión. Realizando la válvula limitadora de presión de forma que se pueda regular, el accionamiento giratorio puede adaptarse fácilmente a, por ejemplo, diferentes palas de rotor y/o a diferentes condiciones ambientales.

El término línea no debe entenderse como una limitación en un sentido estructural. Por lo tanto, la invención comprende, por ejemplo, una válvula limitadora de presión dispuesta en la carcasa del motor hidráulico y conectada allí al canal del líquido hidráulico. Normalmente, los motores hidráulicos se alimentan con una línea de accionamiento por dirección de giro. En cada línea de accionamiento se prevé preferiblemente una válvula limitadora de presión, de manera que el valor umbral del par de giro se mantenga en ambas direcciones de giro. También se puede equipar una sola línea de accionamiento con una serie de válvulas limitadoras de presión. Esto tiene la ventaja de que el par de giro que se puede transmitir sigue siendo limitado, incluso si una de las válvulas limitadoras

de presión está defectuosa. Si el accionamiento giratorio comprende una serie de líneas de accionamiento, cada una de las líneas de accionamiento se puede dotar de una pluralidad de válvulas limitadoras de presión.

La potencia del motor hidráulico depende de la cantidad de líquido hidráulico que se aporte al motor hidráulico a través de la línea de accionamiento. En la línea de accionamiento se puede disponer una válvula, a fin de regular el flujo de líquido hidráulico a través de la línea de accionamiento. Preferiblemente se trata de una válvula proporcional que permite una transición continua entre una posición abierta y una posición cerrada. El accionamiento giratorio puede comprender un sistema de control configurado para ajustar adecuadamente la válvula proporcional.

Debido al flujo de fuga, un motor hidráulico generalmente no resulta adecuado para bloquear el rotor en una posición determinada. No obstante, para permitir un bloqueo del rotor, el accionamiento giratorio se dota con preferencia de un freno mecánico para el eje. El freno puede ser un freno multidisco en el que se puede generar una unión por fricción entre una primera parte que gira con el eje y una segunda parte que no gira con el eje. El freno multidisco se puede equipar con discos refrigerados por aceite de marcha húmeda. El freno multidisco se puede accionar mediante un movimiento en dirección axial del eje.

Para la activación del freno se puede prever un accionador hidráulico. Se puede prever una tubería de freno conectada al accionador hidráulico con la que se puede aportar líquido hidráulico al accionador. Para evitar que el freno se suelte de forma incontrolada en caso de fallo de la unidad hidráulica, el freno se diseña preferiblemente de manera que se accione sin presión. El freno se libera al someter el líquido hidráulico a presión en el accionador.

Aunque el eje esté bloqueado por el freno, no deben actuar sobrecargas sobre el engranaje. De este modo, el freno se puede ajustar a un par de deslizamiento preestablecido. El par de deslizamiento del freno coincide preferiblemente con el valor umbral del par de giro en el que se abre la válvula limitadora de presión en la línea de accionamiento. A continuación, el motor hidráulico o el freno ejercen un par de giro máximo uniforme sobre el eje de engranaje rápido. En la tubería del freno se puede disponer un reductor de presión ajustable para la regulación del par de deslizamiento. Con el reductor de presión, la presión en el accionador puede mantenerse en un valor constante, incluso si la presión suministrada por la unidad hidráulica varía.

Si el motor hidráulico y el freno actúan simultáneamente sobre el eje, existe el riesgo de que el par de giro total sea superior al admisible para el engranaje. Por este motivo, en una forma de realización ventajosa, el motor hidráulico y el freno se acoplan entre sí de manera que el par de giro ejercido conjuntamente sobre el eje no rebasa un valor umbral preestablecido. El valor umbral preestablecido puede coincidir con el par de giro máximo que el motor hidráulico o el freno pueden ejercer por separado sobre el eje.

Para el acoplamiento entre el freno y el motor hidráulico se puede prever un conducto de unión que se extiende entre el motor hidráulico y el freno. El conducto de unión puede acoplarse a la tubería del freno de manera que la mayor de las dos presiones actúe sobre el accionador del freno. Por ejemplo, el conducto de unión y la tubería del freno pueden conectarse entre sí a través de una válvula de múltiples vías. La presión más alta existente en la línea de accionamiento cuando el motor hidráulico está en funcionamiento se transmite automáticamente al accionador del freno, lo que tiene como consecuencia que el freno se suelte. Por consiguiente, el par de giro del freno y el par de giro del motor hidráulico no se pueden sumar.

Si el rotor ejerce un par de giro sobre el accionamiento giratorio superior al valor umbral, el freno comienza a resbalar. El freno sólo puede soportar este estado durante un corto período de tiempo sin sufrir daños. Por lo tanto se puede prever una tubería de freno auxiliar a través de la cual sea posible aportar líquido hidráulico al accionador sin pasar por el reductor de presión ajustable. A través de la tubería del freno auxiliar se puede someter a presión el accionador y liberar el freno después de que el freno haya resbalado durante un período de tiempo preestablecido. Sin embargo, no resulta deseable que el accionamiento giratorio siga un giro del rotor sin resistencia. Al soltar el freno, la válvula proporcional en la línea de accionamiento se abre preferiblemente al mismo tiempo, de manera que el motor hidráulico contrarreste el rotor con un par de giro. La válvula proporcional se ajusta preferiblemente de manera que el par de giro del motor hidráulico corresponda al valor umbral del par de giro. El accionamiento giratorio puede comprender un sistema de control que inicia una interacción correspondiente de una válvula en la tubería de freno auxiliar con la válvula proporcional.

Antes de aplicar un par de giro elevado con el accionamiento giratorio según la invención, el engranaje debería girarse durante un tiempo preestablecido sin carga en una fase de preparación de engranaje. Las bombas con las que se hace circular el aceite para engranajes pueden funcionar en la fase de preparación de engranaje, de manera que el aceite para engranajes se mantenga en movimiento y se caliente.

En la fase de preparación de engranaje, el accionamiento giratorio, que ya está conectado al eje de engranaje rápido, debería funcionar sin carga. Con este propósito, el motor hidráulico puede dotarse de una línea de cortocircuito, de manera que el motor hidráulico pueda hacer circular el líquido hidráulico sin mayor resistencia. Paralelamente, el accionador del freno puede estar bajo presión a través de la tubería de freno auxiliar, de manera que el freno se abra.

Para controlar que el par de giro ejercido sobre el engranaje se mantiene realmente por debajo del valor umbral del par de giro preestablecido, se puede medir el par de giro que actúa entre la unidad de accionamiento del accionamiento giratorio y la estructura del aerogenerador. Este par de giro corresponde al par de giro transmitido desde el accionamiento giratorio al eje de engranaje rápido. Se puede prever un sensor de par de giro para medir

- directamente el par de giro entre el accionamiento giratorio y la estructura del aerogenerador. En una forma de realización ventajosa, el accionamiento giratorio comprende un soporte, a través del cual el accionamiento giratorio se conecta a la estructura del aerogenerador, midiéndose el par de giro ejercido sobre el soporte. En una forma de realización ventajosa, el soporte del accionamiento giratorio se concibe para conectarse a las consolas de freno del freno de retención del eje de engranaje rápido. El soporte puede comprender una pluralidad de travesaños suspendidos de forma articulada. Gracias a la suspensión articulada se evitan fuerzas transversales en caso de que la unidad de accionamiento no esté alineada exactamente en el centro con respecto al eje de engranaje rápido. La unidad de accionamiento determina la parte del accionamiento giratorio que comprende el motor hidráulico y/o el freno.
- El accionamiento giratorio puede comprender un acumulador de presión de manera que la presión del líquido hidráulico también pueda mantenerse durante un período de tiempo preestablecido, incluso en caso de fallo de la unidad hidráulica. El acumulador de presión puede actuar sobre la tubería del freno y/o sobre la tubería de freno auxiliar.
- El valor umbral del par de giro al que se ajusta el accionamiento giratorio puede ser, por ejemplo, de entre 30 kNm y 100 kNm, preferiblemente de entre 50 kNm y 70 kNm. La presión a la que se abre la válvula limitadora de presión, puede ser, por ejemplo, de entre 100 y 400 bares. La presión para la apertura completa del freno puede ser, por ejemplo, de entre 10 bares y 30 bares. La presión a la que se ajusta el freno a un par de deslizamiento correspondiente al valor umbral del par de giro puede ser, por ejemplo, de entre 5 bares y 15 bares.
- Si el cubo del rotor se sitúa en la posición angular correcta para el montaje de la pala de rotor, el eje de rotor se bloquea preferiblemente de forma fija. Con esta finalidad se puede prever un dispositivo de bloqueo que fije el eje de rotor relativamente con respecto a la estructura del aerogenerador. Para volver a desbloquear el dispositivo de bloqueo después del montaje de la pala de rotor, el dispositivo de bloqueo se coloca en primer lugar en una posición libre de carga. Para ello, el eje de rotor se gira contra la carga con la ayuda del accionamiento giratorio hasta que se libera el dispositivo de bloqueo. El dispositivo de bloqueo se puede soltar de manera que el eje de rotor pueda girar de nuevo libremente.
- En esta fase, el accionamiento giratorio se puede manejar manualmente, para lo cual un operario observa el dispositivo de bloqueo y pone en funcionamiento el accionamiento giratorio. En una forma de realización ventajosa, el accionamiento giratorio se diseña de manera que este proceso se ejecute automáticamente. El accionamiento giratorio puede presentar para ello una entrada de señales, a través de la cual se puede aportar al accionamiento giratorio una información sobre el estado del dispositivo de bloqueo. El control del accionamiento giratorio puede configurarse de manera que ponga en marcha el motor hidráulico contra la carga del dispositivo de bloqueo hasta que obtenga la información mediante la entrada de señales de que el dispositivo de bloqueo está libre de carga. A continuación, el motor hidráulico se detiene y el freno se ajusta al par de deslizamiento preestablecido de manera que el dispositivo de bloqueo se pueda liberar.
- La invención también se refiere a un sistema a partir de un accionamiento giratorio y de un dispositivo de bloqueo para el eje de rotor, configurándose el dispositivo de bloqueo para una activación automática. De este modo, el dispositivo de bloqueo puede, por ejemplo, liberarse por medio de una señal de un sistema de control y encajar. Así es posible llegar a las respectivas posiciones de rotor de forma totalmente automática. Si se parte de la base de que en el estado inicial el dispositivo de bloqueo se encuentra encajado, el procedimiento comprende los siguientes pasos. En primer lugar se pone en marcha el motor hidráulico para descargar el dispositivo de bloqueo. En el estado descargado del dispositivo de bloqueo, el freno multidisco encaja. Acto seguido se libera el dispositivo de bloqueo, activándose dicha liberación preferiblemente mediante una señal de control. El motor hidráulico se vuelve a poner en marcha para pasar a la siguiente posición de rotor. Una vez alcanzada la posición de rotor deseada, el freno multidisco encaja de nuevo. El dispositivo de bloqueo encaja. Por último, se suelta el freno multidisco y se descarga el accionamiento giratorio. En este estado se puede montar la siguiente pala de rotor. En esta secuencia, el motor hidráulico, el freno multidisco y el dispositivo de bloqueo se encuentran preferiblemente bajo el control de una unidad de control común.
- Resulta deseable que durante el montaje de las distintas palas de rotor no sólo se cumplan los límites del par de giro exigidos, sino que también se disponga de la documentación correspondiente. Esta documentación es de gran utilidad para que, en el momento de la entrega del aerogenerador, se pueda proporcionar las garantías necesarias con respecto a un estado perfecto del engranaje. Por este motivo, el accionamiento giratorio puede comprender un registrador de datos que registre información a partir de la cual se puedan sacar conclusiones sobre las cargas a las que estuvo sometido el engranaje durante el montaje. Esta información puede incluir, por ejemplo, la presión del líquido hidráulico en el motor hidráulico, el par de giro entre el motor hidráulico y la estructura del aerogenerador, la temperatura del aceite del engranaje del aerogenerador, la velocidad del viento y la dirección del viento y/o la posición angular del eje lento del engranaje del aerogenerador. Preferiblemente, el accionamiento giratorio está equipado con los sensores adecuados o con entradas de señales para la información procedente de sensores externos. El registrador de datos debe registrar los datos relevantes al menos si el accionamiento giratorio está en funcionamiento y se libera el dispositivo de bloqueo del eje de rotor. Para una documentación completa, el registro de los datos también puede continuar en las fases en las que el eje de rotor está bloqueado con el dispositivo de bloqueo.

La invención también se refiere a un dispositivo a partir de un accionamiento giratorio o de un sistema de este tipo y de un engranaje de un aerogenerador, encajando el eje del accionamiento giratorio con el eje de engranaje rápido. Preferiblemente el eje del accionamiento giratorio se alinea concéntricamente con respecto al eje rápido del engranaje.

5 La invención se refiere además a un procedimiento para el giro de un eje de rotor de un aerogenerador conectado a un engranaje. En este procedimiento se conecta un accionamiento giratorio al eje de engranaje rápido, dotándose el accionamiento giratorio de un motor hidráulico. Una válvula limitadora de presión en una línea de accionamiento del motor hidráulico se ajusta a un valor umbral preestablecido, a fin de limitar el par de giro que se puede transmitir al engranaje. Un líquido hidráulico a presión se aporta al motor hidráulico, abriéndose la válvula limitadora de presión  
10 cuando la presión del líquido hidráulico rebasa el valor umbral preestablecido. El procedimiento puede perfeccionarse con otras características que se describen en el contexto del accionamiento giratorio según la invención.

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos por medio de formas de realización ventajosas. Se muestra en la:

15 Figura 1 diferentes estados (A a E) durante el montaje individual de las palas de rotor;  
Figura 2 una representación esquemática de una barra de tracción de un aerogenerador;  
Figura 3 una unidad de accionamiento de un accionamiento giratorio según la invención;  
Figuras 4 a 6 diferentes estados durante la conexión del accionamiento giratorio según la invención al eje rápido del engranaje de un aerogenerador;  
20 Figura 7 una representación esquemática del funcionamiento del accionamiento giratorio según la invención; y  
Figura 8 una representación esquemática de un registrador de datos del accionamiento giratorio según la invención.

Un aerogenerador mostrado en la figura 1 tiene un rotor con tres palas de rotor 14. Al montar el aerogenerador, las palas de rotor 14 se conectan una tras otra al cubo 15 del rotor. Para el montaje de la primera pala de rotor 14, el cubo 15 se gira de manera que la brida para la pala de rotor 14 apunte horizontalmente hacia la izquierda (posición de las 9 en punto) visto desde la dirección de la góndola. Como se muestra en la figura 1A, la pala del rotor 14 se aproxima horizontalmente a la brida y se conecta a la brida con una serie de tornillos.

En el siguiente paso, el rotor parcial 14, 15 se gira 120°, de modo que la siguiente brida adopte la posición de las 9 en punto, véase figura 1B. La segunda pala de rotor 14 se conduce horizontalmente hasta la brida y se conecta a la brida mediante una serie de tornillos, véase figura 1C. Después de un nuevo giro del rotor parcial 14, 15 de 120°, la tercera brida adopta, según la figura 1D, la posición de las 9 en punto. Después de la conexión de la tercera pala de rotor 14 a la brida, el rotor está completo, véase figura 1E.

Si sólo una parte de las palas de rotor 14 está conectada al cubo 15, se aplica al rotor un par de giro considerable. Éste se compone de un par de giro estático resultante del peso de las palas de rotor 14, así como de un componente dinámico resultante de las fuerzas que actúan sobre las palas de rotor 14. En el caso de estas fuerzas se trata especialmente de las fuerzas del viento que actúan sobre las palas de rotor 14.

De acuerdo con la figura 2 se prevé conectar el rotor 14, 15 a través de un engranaje 18 a un generador no representado. El eje 17, que se extiende desde el rotor 14, 15 hasta el engranaje 18, es al mismo tiempo el eje de rotor y el eje de engranaje lento. El eje de engranaje rápido 19 se extiende desde el engranaje 18 en la dirección del generador no representado.

40 El accionamiento giratorio según la invención se conecta al eje de engranaje rápido 19. El accionamiento giratorio hace girar el eje de engranaje rápido 19, lo que da lugar a un giro del eje de rotor 17 que es más lento en función de la transmisión de engranaje. En este caso, el eje de engranaje rápido 19 puede girar, por ejemplo, a una velocidad de aproximadamente 2 rpm. El giro del eje de rotor 17 de 120° dura unos 15 minutos.

Si el eje de rotor 17 se ha colocado en la posición angular adecuada para el montaje de una pala de rotor 14, el eje de rotor se fija mecánicamente con un dispositivo de bloqueo 20 con respecto a la estructura del aerogenerador. El dispositivo de bloqueo 20 comprende un disco 46 que se une de forma fija al eje de rotor 17. En el disco 46 se forma una pluralidad de orificios en los que pueden encajar los pernos 21 que presentan una conexión fija a la estructura del aerogenerador. Si los pernos 21 penetran en los orificios, el eje de rotor 17 se bloquea y el par de giro total ejercido por el rotor 14, 15 se transfiere a la estructura del aerogenerador. Si los pernos 21 se extraen de los orificios, el eje de rotor 17 puede girar libremente y el par de giro total del rotor 14, 15 se transmite al engranaje 18.

El engranaje 18 se configura de manera que pueda soportar la suma del par de giro estático y dinámico del rotor 14, 15 hasta una velocidad del viento de aproximadamente 12 m/s. Si el par de giro rebasa este valor umbral, por ejemplo, porque una ráfaga actúa brevemente sobre las palas de rotor 14, existe el riesgo de que el engranaje 18 se deteriore. Con el accionamiento giratorio según la invención se garantiza que el par de giro se mantenga en todo momento por debajo de este umbral crítico.

Forma parte del accionamiento giratorio una unidad de accionamiento 31 mostrada en la figura 3, en cuyo interior se disponen un motor hidráulico 27 y un freno multidisco 28 que no se pueden ver en la figura 3. La unidad de

accionamiento 31 comprende un eje 52 con una brida 32. A través de la brida 32, el eje 52 puede conectarse a un disco de freno 33 situado en el eje de engranaje rápido 19. En la figura 4 se muestra el estado en el que la unidad de accionamiento 31 se conecta concéntricamente al disco de freno 33 del aerogenerador por medio de tres tornillos.

5 A continuación se atornilla un soporte 34 a la carcasa del engranaje 18, véase figura 5. La unión mecánica entre la carcasa de la unidad de accionamiento 31 y el soporte 34 se establece, según la figura 6, a través de cuatro travesaños 35, 36. El par de giro transmitido al soporte 34 a través de los travesaños 35 y 36 corresponde al par de giro que actúa sobre el eje de engranaje rápido 19. Los travesaños 35 se dotan de sensores de par de giro 37 con los que se puede medir este par de giro. Las fuerzas se transmiten hidráulicamente en los travesaños 35. Los sensores del par de giro 35 determinan el par de giro midiendo la presión en el interior de los travesaños 35. Los travesaños 35 se pueden realizar como varillas articuladas, de manera que se eviten las fuerzas transversales en caso de que el accionamiento giratorio no esté exactamente centrado en el disco de freno.

10 Según la representación esquemática de la figura 7, el accionamiento giratorio comprende además una unidad hidráulica 38 diseñada para alimentar la unidad de accionamiento 31 con líquido hidráulico a presión procedente de un depósito de reserva 16. La unidad hidráulica 38 puede ser una unidad separada conectada a la unidad de accionamiento 31 a través de conductos hidráulicos. El líquido hidráulico se conduce desde la unidad hidráulica 38 a través de una válvula proporcional 29 por la línea de accionamiento 39 al motor hidráulico 27. Mediante el líquido hidráulico se hace girar el eje 52 de la unidad de accionamiento 31, siendo el par de giro fundamentalmente proporcional a la presión del líquido hidráulico. La válvula proporcional 29 permite una transición continua entre un estado cerrado y un estado abierto, de manera que sea posible regular el flujo de líquido hidráulico en la dirección del motor hidráulico 27 con la válvula proporcional 29. En la figura 7 sólo se muestra una línea de accionamiento 39 con una válvula proporcional 29. De hecho, el accionamiento giratorio comprende una línea de accionamiento 39 y una válvula proporcional 29 para cada una de las dos direcciones de giro.

15 Si el eje 52 gira, el giro se transmite al eje de rotor 17 a través del disco de freno 33 y del eje de engranaje rápido 19. De este modo, el rotor 14, 15 puede colocarse en una posición angular adecuada para el montaje de una pala de rotor 14.

20 En el presente ejemplo, el par de giro aplicado con la unidad de accionamiento 31 al eje de engranaje rápido 19 no debe superar un valor umbral de 60 kNm. Por encima de este valor umbral existe el riesgo de dañar el engranaje 18. La unidad hidráulica 38 está diseñada para que pueda generar una presión que corresponda a un par de giro de más de 60 kNm. El par de giro ejercido por el rotor 14, 15 sobre el eje de engranaje rápido 19 también puede rebasar temporalmente el valor umbral, por lo que el accionamiento giratorio se dota de elementos para la limitación del par de giro.

25 En el accionamiento giratorio según la invención se prevé una válvula limitadora de presión 30 en la línea de accionamiento 39 que se extiende desde la unidad hidráulica 38 hasta el motor hidráulico 27. Si la presión en la línea de accionamiento 39 aumenta hasta tal punto que se rebasa el valor umbral del par de giro, se abre la válvula limitadora de presión 30 y una parte del líquido hidráulico vuelve a pasar por el motor hidráulico 27 hasta el depósito de reserva 16. La presión a la que se abre la válvula limitadora de presión puede ser, por ejemplo, de 200 bares. Así se garantiza que el par de giro ejercido por el motor hidráulico 27 no supere en ningún momento el valor umbral del par de giro.

30 Un motor hidráulico 27 tiene, debido a su construcción, un flujo de fuga, por lo que el motor hidráulico 27 no resulta adecuado para bloquear el rotor 14, 15 en una posición. Por este motivo, la unidad de accionamiento 31 se dota adicionalmente de un freno que en el presente ejemplo se configura como un freno multidisco 40. El freno multidisco 40 se acciona mediante un accionador hidráulico 28 y comprende un elemento unido al eje 52, así como un elemento unido a la carcasa de la unidad de accionamiento 31, entre los que existe una unión por fricción cuando el freno multidisco se encuentra encajado. Si se suelta el freno multidisco 40, los dos elementos pueden girar relativamente uno respecto a otro. Si el accionador 28 se encuentra bajo presión, el freno multidisco 40 se suelta, mientras que sin presión el freno multidisco 40 encaja.

35 Con el freno multidisco 40, el rotor 14, 15 se puede mantener en cualquier posición angular. El freno multidisco 40 también se configura de manera que pueda aplicar al eje de engranaje rápido 19 un par de giro por encima del valor umbral. Una limitación del par de giro se consigue disponiendo un reductor de presión ajustable 24 en la tubería del freno 41 que se extiende desde la unidad hidráulica 38 hasta el accionador 28. El reductor de presión 24 se ajusta de manera que el par de deslizamiento del freno multidisco 40 corresponda al valor umbral del par de giro. Por ejemplo, el reductor de presión 24 puede ajustarse a 12 bares. Así se garantiza que el freno multidisco 40 no pueda sobrecargar el engranaje 18.

40 Por consiguiente, tanto el motor hidráulico 27, como también el freno multidisco 40, considerados por sí solos, están limitados al valor umbral del par de giro que puede soportar el engranaje. Además debe garantizarse que el par de giro del motor hidráulico 27 y del freno multidisco 40 no se puedan sumar. Con esta finalidad, el accionamiento giratorio según la invención se dota de un conducto de unión 42 que se extiende entre el motor hidráulico 27 y el freno multidisco 40. El conducto de unión 42 y la tubería del freno 41 se unen entre sí a través de una válvula de múltiples vías 43, de manera que actúe sobre el accionador 28 la mayor de las dos presiones.

45 A modo de explicación se supone un estado en el que el rotor con el freno multidisco 40 se mantiene en una posición angular determinada, desde la cual el rotor 14, 15 debe colocarse en otra posición angular con el motor

hidráulico 27. A continuación, la válvula proporcional 29 se abre lentamente para suministrar líquido hidráulico al motor hidráulico 27. Tan pronto como la presión en la línea de accionamiento 39 sea mayor que la presión en la tubería del freno 41 y el motor hidráulico 27 comience a generar su par de giro, la presión del conducto de la línea de accionamiento 39 actúa sobre el accionador 28 a través de la válvula de múltiples vías 43 y del conducto de unión 42. En la misma medida en la que se genera el par de giro del motor hidráulico 27, el par de deslizamiento del freno multidisco 40 disminuye, de manera que el valor umbral del par de giro se mantenga en la suma. Se aplica lo contrario si el rotor 14, 15 se ha colocado con el motor hidráulico 27 en la posición angular deseada y el rotor 14, 15 debe mantenerse en esta posición angular con el freno multidisco 40.

El deslizamiento representa una carga considerable para el freno multidisco 40 que el freno multidisco 40 sólo puede soportar durante un período de tiempo limitado de, por ejemplo, 2 minutos. Por este motivo se prevé una tubería de freno auxiliar 53 con la que se puede aportar líquido hidráulico al accionador 28 sin pasar por el reductor de presión 24. La tubería de freno auxiliar 53 se acopla a la tubería del freno 41 a través de una válvula de múltiples vías 44, de manera que la mayor de las dos presiones actúe sobre el accionador 28. De este modo, el freno multidisco 40 se libera inevitablemente al alcanzar el período máximo de deslizamiento. Para ello, el accionamiento giratorio comprende un control 45 no representado en la figura 7 que activa de forma correspondiente la válvula distribuidora 25.

Al mismo tiempo que se suelta el freno multidisco 40, el control 45 ajusta la válvula proporcional 29 de manera que el motor hidráulico 27 del eje de engranaje rápido 19 contrarreste un par de giro. El par de giro del motor hidráulico 27 aumenta continuamente hasta que corresponde al valor umbral del par de giro. El rotor parcial 14, 15 puede girar en este estado sin dañar el accionamiento giratorio, si es necesario, hasta que, por ejemplo, una pala de rotor 14 o las dos palas de rotor 14 señalen hacia abajo.

Antes de hacer girar el rotor 14, 15 mediante el accionamiento giratorio, se lleva a cabo una fase de preparación de engranaje. Con esta finalidad, el eje de rotor 17 se gira cinco vueltas completas en el transcurso de 25 minutos con la ayuda de un accionamiento interno. En esta fase, la bomba con la que se hace circular el aceite para engranajes está en funcionamiento, de manera que el aceite para engranajes se mantenga en movimiento y se caliente.

El accionamiento giratorio según la invención debe girar en esta fase con la menor resistencia posible. La unidad de accionamiento 31 comprende con este propósito una línea de cortocircuito 22, de manera que el motor hidráulico 27 pueda impulsar el líquido hidráulico en un circuito directo. Además, el accionador 28 se somete a presión a través de la tubería de freno auxiliar 53, de modo que el freno multidisco 40 se libere por completo.

Después de la fase de preparación de engranaje puede comenzar el uso del accionamiento giratorio según la invención. En primer lugar, el control 45 da una orden de control a la válvula distribuidora 25 para interrumpir la tubería de freno auxiliar 53. De este modo, el accionador 28 se conecta sin presión y el freno multidisco 40 encaja. A continuación se envía una orden de control a la válvula distribuidora 23 para conectar la tubería del freno 41. La presión de la tubería del freno 41 actúa sobre el accionador 28 a través de las válvulas distribuidoras 43, 44. En el siguiente paso, el reductor de presión ajustable 24 se ajusta de manera que el par de deslizamiento del freno multidisco 40 corresponda al valor umbral del par de giro máximo con el que se puede cargar el engranaje 18.

El funcionamiento real del accionamiento giratorio comienza abriendo lentamente la válvula proporcional 29 bajo el control del sistema de control 45. La presión en la línea de accionamiento 39 aumenta y el motor hidráulico 27 empieza a generar un par de giro. Paralelamente, la presión de la línea de accionamiento 39 actúa a través de las válvulas distribuidoras 43, 44 sobre el accionador 28, de manera que el par de deslizamiento del freno multidisco 40 disminuya de forma continua. La suma del par de giro del motor hidráulico 27 y del par de giro (par de deslizamiento) del freno multidisco 40 es siempre inferior al valor umbral del par de giro. Tan pronto como se aplica una presión suficiente en la línea de accionamiento 39, el freno multidisco 40 queda completamente libre y sólo el par de giro del motor hidráulico 27 actúa sobre el eje de engranaje rápido 19. El accionamiento giratorio permanece en este estado de funcionamiento hasta que el rotor 14, 15 ha girado en la posición angular deseada. Si, por ejemplo, el eje de engranaje rápido 19 gira a 2 rpm, el eje de rotor tarda unos 15 minutos en girar 120°. Una vez que el rotor 14, 15 ha alcanzado la posición angular deseada, la válvula proporcional 29 se cierra y el freno multidisco 40 actúa de nuevo con el par de deslizamiento ajustado sobre el eje de engranaje rápido 19.

En esta posición, el eje de rotor 17 se bloquea con el dispositivo de bloqueo 20, de manera que el engranaje 18 quede libre de carga. Si el eje de rotor 17 está bloqueado, el freno multidisco 40 puede liberarse completamente. El eje de rotor 17 permanece bloqueado durante el montaje de la pala de rotor 14.

Después del montaje de la pala de rotor 14, el dispositivo de bloqueo 20 está sometido a una gran carga. El dispositivo de bloqueo 20 debe descargarse en primer lugar con el accionamiento giratorio antes de que el dispositivo de bloqueo se pueda soltar. Bajo el control del sistema de control 45, la válvula proporcional 29, responsable de la dirección de giro en cuestión, se abre lentamente de manera que el eje de rotor 17 gire contra el peso de la pala de rotor 14. Según la figura 8, el dispositivo de bloqueo 20 comprende un sensor 47 para el estado de carga de los pernos 21. La señal del sensor 47 se envía al sistema de control 45 a través de una entrada de señal correspondiente. El sistema de control 45 detiene el motor hidráulico 27 tan pronto como los pernos 21 se liberan de carga y el freno multidisco 40 encaja con el par de deslizamiento ajustado. Ahora un operario puede desbloquear el dispositivo de bloqueo 20. Si se produce una ráfaga durante esta fase, el par de giro que actúa sobre

el eje de rotor 17 puede elevarse por encima del par de deslizamiento y el eje de rotor 17 comienza a girar. Esto puede provocar daños en el dispositivo de bloqueo 20 que se admiten para proteger el engranaje 18.

5 Después del desbloqueo del dispositivo de bloqueo 20, el motor hidráulico 27 se pone en marcha en la dirección opuesta, a fin de girar 120° el eje de rotor 17, de manera que sea posible montar la siguiente pala de rotor 14. El proceso descrito se repite una vez más hasta que las tres palas de rotor 14 estén montadas.

10 Puede suceder que sea necesaria una pausa entre el montaje de dos palas de rotor 14, por ejemplo, porque se hace de noche o porque las condiciones meteorológicas empeoran. En este caso, el aerogenerador se lleva a un estado de reposo en el que el rotor parcial 14, 15 se encuentra en un equilibrio estable. En caso de un rotor parcial 14, 15 con una pala de rotor 14, esto significa que la pala de rotor 14 señala verticalmente hacia abajo. En caso de un rotor parcial 14, 15 con dos palas de rotor 14, las dos palas de rotor 14 forman respectivamente un ángulo de 60° con las verticales que señalan hacia abajo. Si es necesario, el aerogenerador también puede permanecer en el estado de reposo durante un período de tiempo más largo.

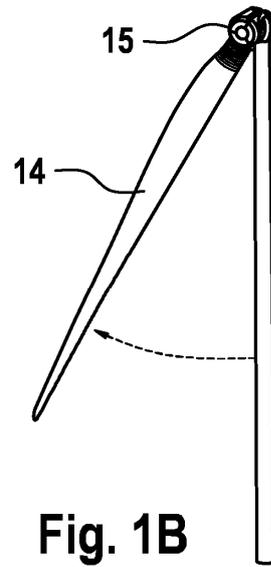
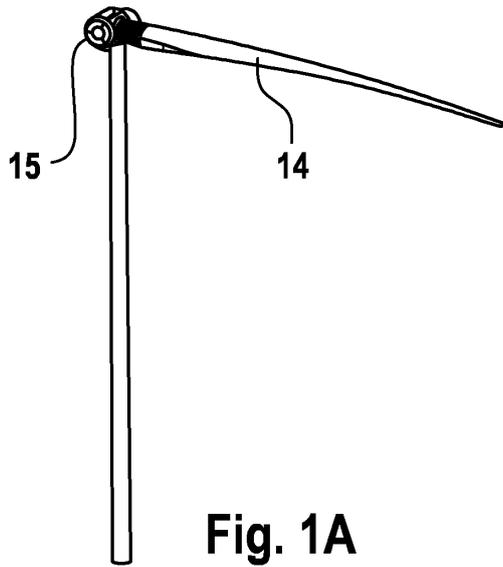
15 El intervalo de tiempo hasta el montaje de la siguiente pala de rotor 14 es suficiente para que el engranaje 18 se enfríe de nuevo por completo. Por lo tanto, es necesaria una nueva fase de preparación de engranaje antes de someter el engranaje 18 a pares de giro grandes. Para ello, el rotor parcial 14, 15 se gira en primer lugar con el accionamiento giratorio en un ángulo preestablecido, por ejemplo, de 10°, en contra de la dirección de giro real. A continuación se invierte la dirección de giro y se gira el rotor parcial 14, 15 hasta que la conexión de pala para el montaje de la siguiente pala de rotor 14 llegue a la posición de las 9 en punto. Girando el rotor parcial 14, 15 en primer lugar 10° en una dirección, acto seguido otra vez a la posición de 0° y a continuación 10° en la otra dirección, se produce en conjunto un giro de 30° en el que el engranaje 18 sólo está sometido a cargas reducidas. Esto es suficiente para calentar el aceite para engranajes y preparar el engranaje 18 para su funcionamiento. La parte principal del giro para alcanzar la posición de las 9 en punto se lleva a cabo con aceite para engranajes precalentado.

20 A efectos de documentación, el accionamiento giratorio comprende un registrador de datos 48 que registra distintos datos durante el montaje de las palas de rotor 14 y que permiten sacar conclusiones sobre las cargas a las que fue sometido el engranaje 18. Puede ser suficiente si los datos sólo se registran en las fases en las que el accionamiento giratorio está en funcionamiento y se libera el dispositivo de bloqueo 20. No obstante, para una documentación completa es mejor registrar los datos durante todo el proceso de montaje de las palas de rotor 14.

25 El registrador de datos 48 se conecta en primer lugar al sensor de par de giro 37 que mide el par de giro transmitido entre la unidad de accionamiento 31 y el soporte 34. El registrador de datos 48 se conecta además a un sensor de presión 49 que mide la presión del líquido hidráulico en el motor hidráulico 27. Dado que esta presión es fundamentalmente proporcional al par de giro aplicado por el motor hidráulico 27, la presión permite sacar conclusiones directas sobre la carga del engranaje 18. Además se registra la información sobre la velocidad del viento y la dirección del viento medida con un anemómetro 50. Con otro sensor 51 se registra la posición angular del eje de rotor 17. La suma de estos datos proporciona una documentación completa de las cargas a las que se ha sometido el engranaje 18 durante el montaje de las palas de rotor.

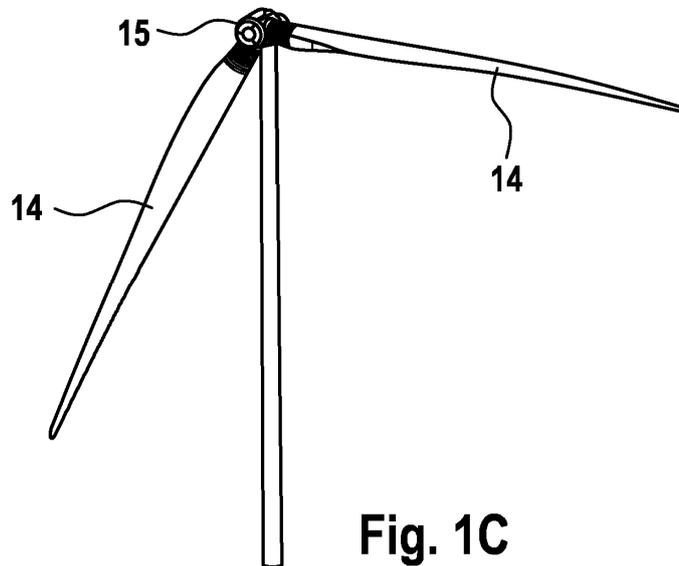
**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Accionamiento giratorio para un aerogenerador que comprende un eje (52), un motor hidráulico (27) para el accionamiento del eje (52) y una línea de accionamiento (39) para aportar al motor hidráulico (27) un líquido hidráulico a presión, dotándose la línea de accionamiento (39) de una válvula limitadora de presión ajustable (30), caracterizado por que el accionamiento giratorio se prevé para la conexión a un eje rápido (19) de un engranaje del aerogenerador y por que se prevé un freno mecánico (40) para el eje (52).
- 10 2. Accionamiento giratorio según la reivindicación 1, caracterizado por que el freno (40) presenta un accionador hidráulico (28), conectándose al accionador (28) una tubería de freno (41) que conduce un líquido hidráulico y soltándose el freno (40) cuando el líquido hidráulico se encuentra bajo presión.
- 15 3. Accionamiento giratorio según la reivindicación 2, caracterizado por que en la tubería del freno (41) se dispone un reductor de presión ajustable (24).
4. Accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que un conducto de unión (42) se dispone entre el motor hidráulico (27) y el freno (40).
- 20 5. Accionamiento giratorio según la reivindicación 4, caracterizado por que el conductor de unión (42) y la tubería del freno (41) se unen entre sí a través de una válvula de múltiples vías (43), de manera que actúe sobre el accionador (28) la mayor de las dos presiones.
- 25 6. Accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que una tubería de freno auxiliar (53) se extiende hacia el accionador (28), a fin de aportar al accionador (28) líquido hidráulico sin pasar por el reductor de presión ajustable (24).
7. Accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el motor hidráulico (27) se dota de una línea de cortocircuito (22).
- 30 8. Accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por un sensor del par de giro (37) para el par de giro transmitido entre una unidad de accionamiento (31) del accionamiento giratorio y una estructura del aerogenerador.
- 35 9. Accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 2 a 8, caracterizado por un acumulador de presión para la presión en la tubería del freno (41) y/o para la presión en la tubería de freno auxiliar (53).
10. Accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por un sistema de control (45) con una entrada de señal para una señal sobre el estado de un dispositivo de bloqueo (20) del eje de rotor (17).
- 40 11. Accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que se prevé un registrador de datos (48) que durante el funcionamiento del accionamiento giratorio registra uno o varias de las siguientes informaciones:
- 45 a. presión del líquido hidráulico en el motor hidráulico (27);  
b. par de giro entre el motor hidráulico (27) y la estructura del aerogenerador;  
c. temperatura del aceite del engranaje (18) del aerogenerador;  
d. velocidad del viento y dirección del viento;  
e. posición angular del eje de rotor (17) del aerogenerador.
- 50 12. Dispositivo compuesto por un engranaje de un aerogenerador y por un accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que el eje (52) del accionamiento giratorio engrana con el eje rápido (19) del engranaje (18).
- 55 13. Dispositivo según la reivindicación 12, caracterizado por que el eje (52) del accionamiento giratorio se alinea concéntricamente con respecto al eje de engranaje rápido (19).
- 60 14. Procedimiento para el giro del eje de rotor (17) de un aerogenerador, conectándose el eje de rotor (17) a un engranaje (18) del aerogenerador, conectándose un accionamiento giratorio según una de las reivindicaciones 1 a 11 al eje rápido (19) del engranaje (18), dotándose el accionamiento giratorio de un motor hidráulico (27) y presentando un freno mecánico (40) previsto para el eje (19), ajustándose una válvula limitadora de presión (30) en una línea de accionamiento (39) del motor hidráulico (27) a un valor umbral preestablecido para limitar el par de giro que se puede transmitir al engranaje (18), aportándose al motor hidráulico (27) un líquido hidráulico a presión y abriéndose la válvula limitadora de presión (30) si la presión del líquido hidráulico rebasa el valor umbral preestablecido.

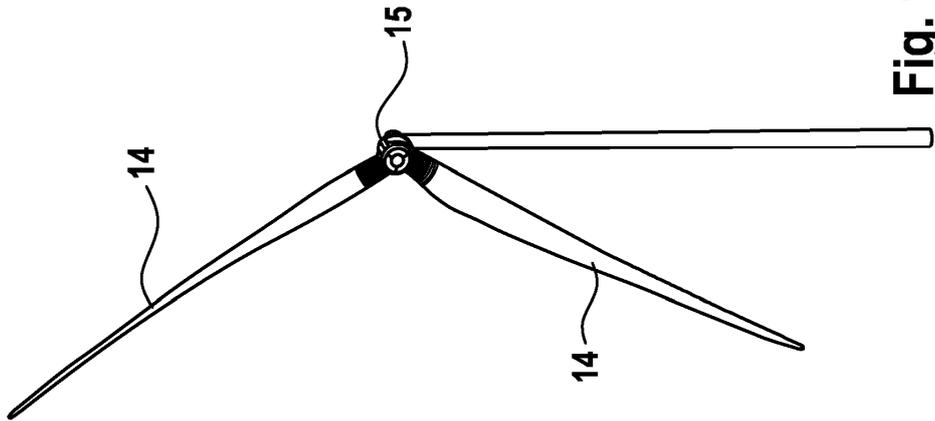
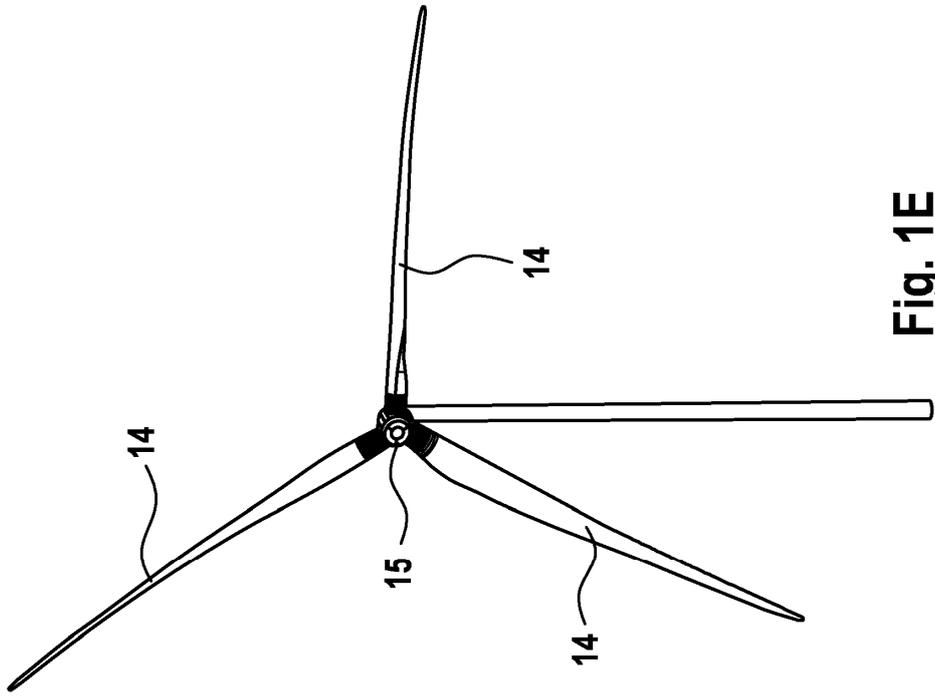


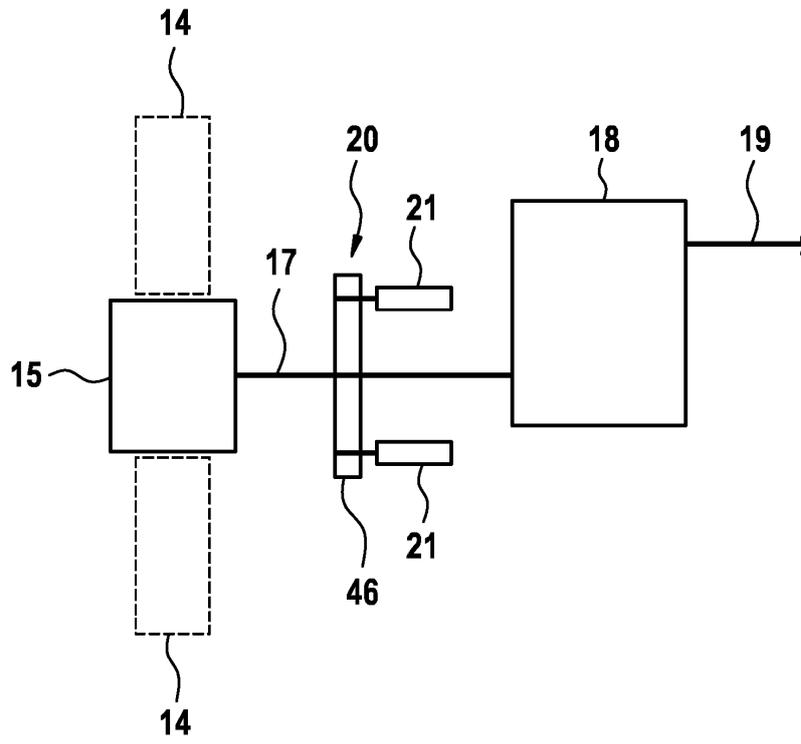
**Fig. 1A**

**Fig. 1B**

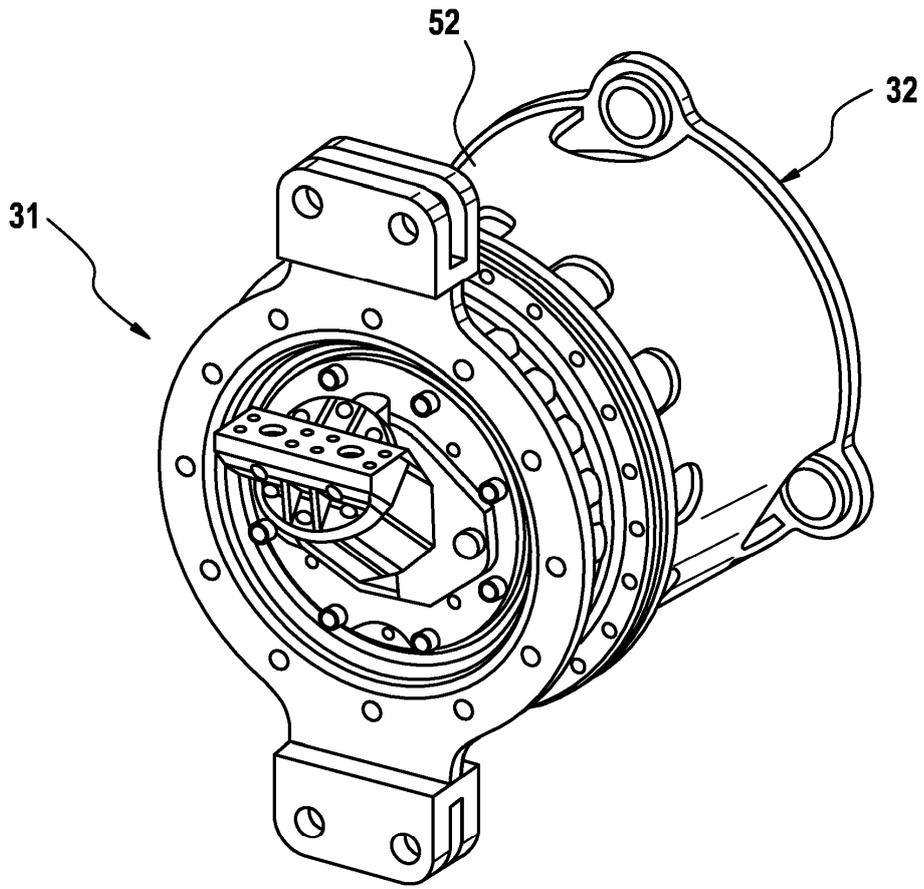


**Fig. 1C**

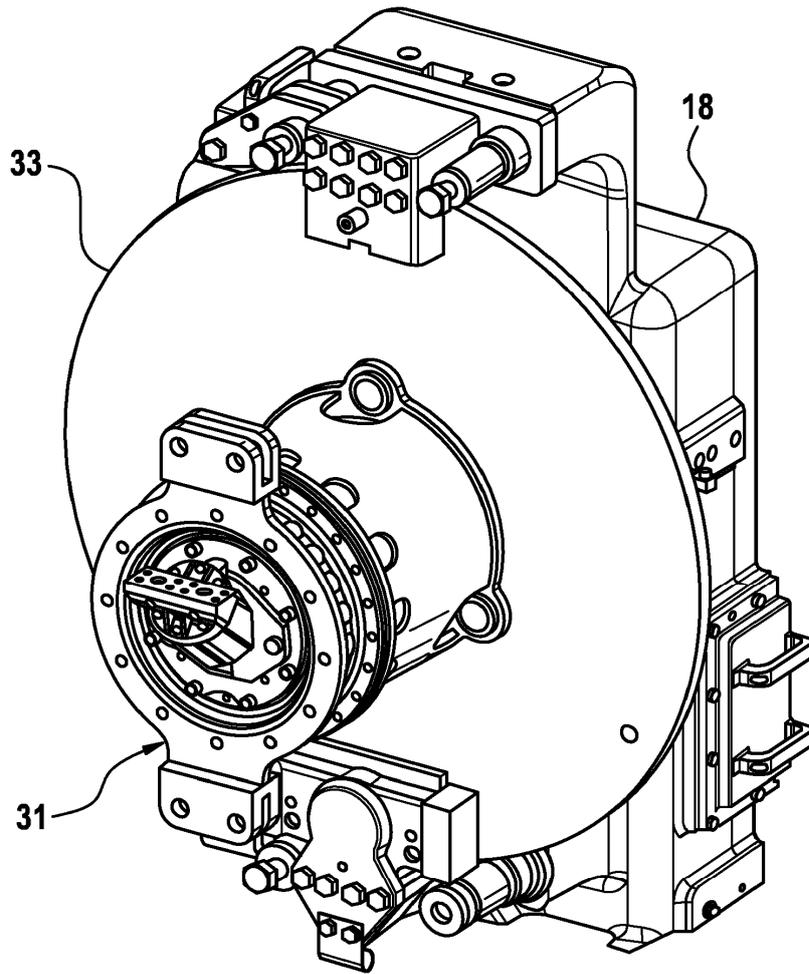




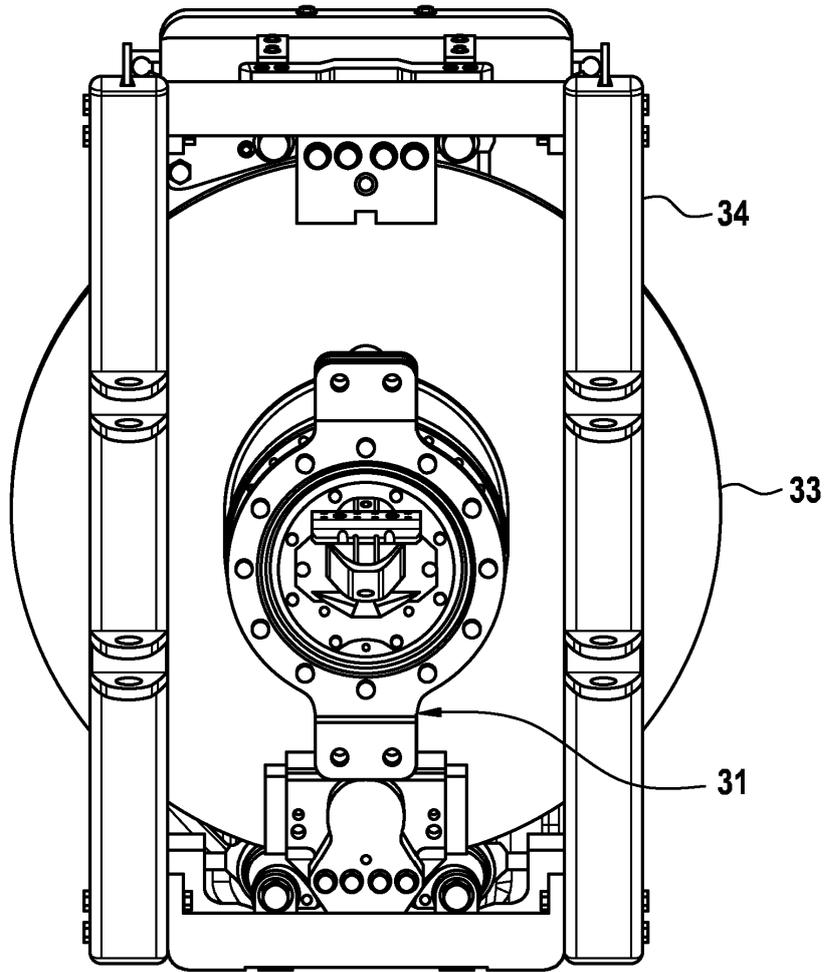
**Fig. 2**



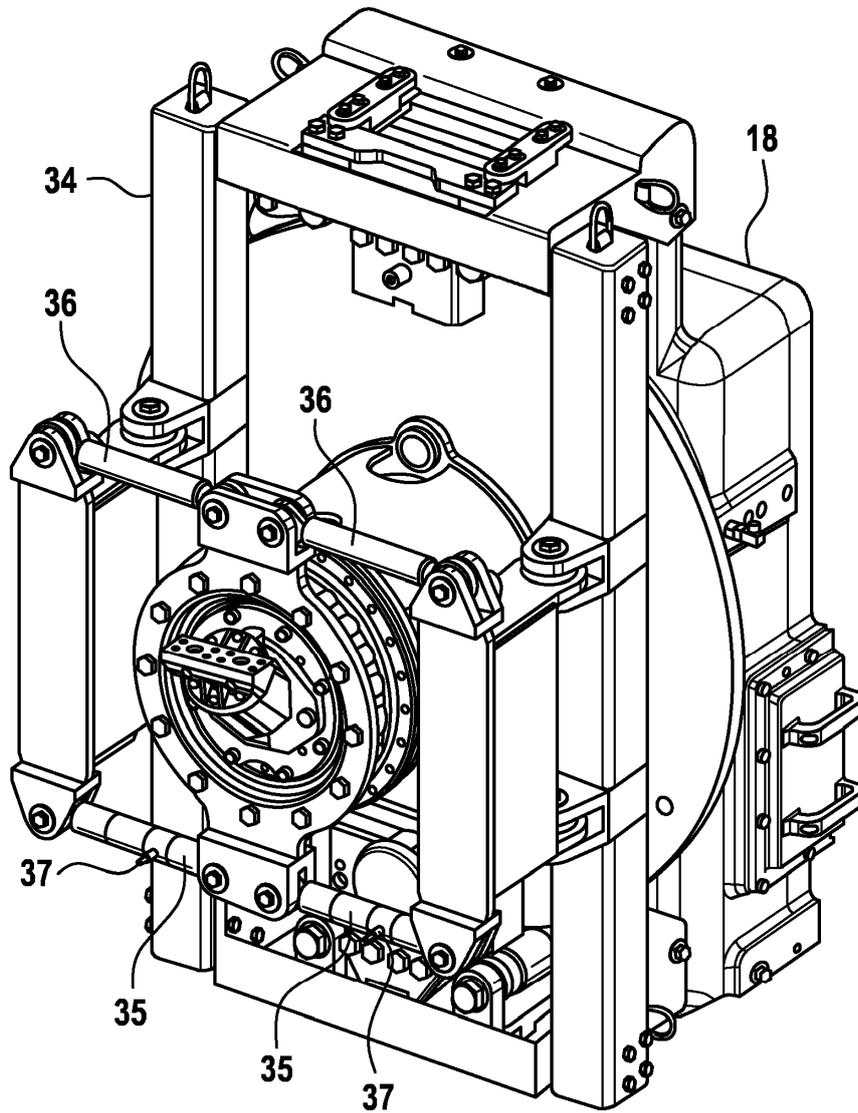
**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

