

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 599 368**

51 Int. Cl.:

F03D 80/70 (2006.01)

B23P 19/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2009** **E 09177814 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.09.2016** **EP 2199605**

54 Título: **Procedimiento y conjunto de montaje de cojinetes de pala de rotor de una turbina eólica**

30 Prioridad:

18.12.2008 US 338251

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

01.02.2017

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

KOESTERS, ACHIM

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 599 368 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

Procedimiento y conjunto de montaje de cojinetes de pala de rotor de una turbina eólica

La presente invención se refiere en general a turbinas eólicas que tienen una barquilla de máquina y un rotor que incluye al menos una pala de rotor y un buje. La presente invención se refiere más específicamente a los cojinetes de pala de rotor que se proporcionan para girar la al menos una pala de rotor sobre su eje longitudinal de tal forma que puede ajustarse un ángulo de paso de la respectiva pala de rotor.

Las turbinas eólicas se usan como un medio de conversión eficiente para convertir energía ambiental en energía eléctrica. El rotor de una turbina eólica tiene un árbol principal y acciona un generador eléctrico que convierte la energía de giro mecánica en energía eléctrica. La conversión de energía ambiental en la forma de energía eólica en energía de giro mecánica se proporciona por medio de la al menos una pala de rotor que normalmente tiene forma de una superficie aerodinámica.

El ángulo de paso de la pala de rotor puede ajustarse para hacer frente a velocidades de viento variables de tal forma que un momento de accionamiento aplicado a un árbol principal de la turbina eólica puede adaptarse a condiciones ambientales cambiantes de la turbina eólica.

El ángulo de paso de una superficie aerodinámica individual (pala de rotor) puede ajustarse, es decir una posición de giro de una pala de rotor individual puede ajustarse con respecto a su eje longitudinal. Normalmente, cada pala de rotor de una turbina eólica se conecta al buje de la turbina eólica a través de un cojinete de pala de rotor.

Como las palas de rotor son componentes grandes y pesados, el montaje de una pala de rotor individual en el buje de una turbina eólica es un problema importante. El cojinete de pala de rotor se conecta al buje de la turbina eólica por medio de una pluralidad de pares de tuerca de perno-tornillo que normalmente se sujetan y aprietan en un orden predeterminado.

Un gran número de pares de tuerca de perno-tornillo proporciona una conexión segura del cojinete de pala de rotor individual al buje. Por otro lado, sujetar y apretar un gran número de tuercas de tornillo sobre pernos es una medida costosa y que requiere mucho tiempo.

El documento WO 2008/000995 desvela un dispositivo de tensado de vástagos roscados. El dispositivo comprende actuadores y una pluralidad de cámaras hidráulicas.

El documento US 4.802.806 se refiere a un dispositivo de tensado para apretar o aflojar pernos o pasadores que tienen al menos un conector hembra equipado con un pistón.

El documento US 4.773.146 se refiere a tensores con múltiples pernos prisioneros que se operan para tensar pernos prisioneros simultáneamente a una tensión predeterminada.

En vista de lo anterior de acuerdo a un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de sujeción de al menos una tuerca de tornillo a apretar de un cojinete de pala de rotor de una turbina eólica, el procedimiento que incluye las etapas de proporcionar un conjunto de llave para tuerca de tornillo en una porción giratoria del cojinete de pala de rotor, siendo el conjunto de llave para tuerca de tornillo adaptado para apretar automáticamente la al menos una tuerca de tornillo, de alinear el conjunto de llave para tuerca de tornillo con la tuerca de tornillo a apretar mediante el giro de la porción giratoria con un accionamiento de paso de la turbina eólica, y de apretar la tuerca de tornillo con el conjunto de llave para tuerca de tornillo.

De acuerdo con otro aspecto se proporciona un conjunto de llave para tuerca de tornillo adaptado para sujetar automáticamente al menos una tuerca de tornillo de un cojinete de pala de rotor de una turbina eólica, siendo el conjunto de llave para tuerca de tornillo adaptado adicionalmente para montarse en una porción giratoria del cojinete de pala de rotor y para alinearse con una tuerca de tornillo a apretar mediante el giro de la porción giratoria con un accionamiento de paso de la turbina eólica.

De acuerdo con otro aspecto más se proporciona un detector de posición adaptado para detectar una posición de un llave para tuerca de tornillo con respecto a una tuerca de tornillo de un cojinete de pala de rotor de una turbina eólica, el detector de posición que incluye un sensor de proximidad adaptado para percibir una tuerca de tornillo a apretar y una lógica de control y posición adaptado para proporcionar una señal de control para la llave para tuerca de tornillo.

Diversas realizaciones ilustrativas se describen de acuerdo con las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 muestra una vista lateral de una turbina eólica que tiene una torre y una barquilla de máquina giratoria encima de la torre, en la que la barquilla de máquina incluye un rotor que tiene al menos una pala de rotor;

la Figura 2 es una vista esquemática de un cojinete de pala de rotor que tiene una primera unidad de montaje en forma de anillo y una segunda unidad de montaje en forma de anillo que es giratoria dentro de la primera unidad de montaje en forma de anillo;

la Figura 3 es una vista parcial del cojinete de pala de rotor mostrado en la Figura 2, en la que se ilustra un sistema de accionamiento de ajuste del ángulo de paso de la pala de rotor;

la Figura 4 es una vista parcial del cojinete de pala de rotor mostrado en la Figura 2, en la que la vista parcial de la Figura 4 es similar a la vista parcial mostrada en la Figura 3 excepto que una placa de soporte que soporta una llave para tuerca de tornillo se une a la segunda unidad de montaje en forma de anillo giratoria, de acuerdo con una realización típica;

5 la Figura 5 es una vista lateral de un conjunto de llave para tuerca de tornillo usado para sujetar y apretar tuercas de tornillo de la primera unidad de montaje en forma de anillo mostrado en las Figuras 2, 3 y 4, de acuerdo con una realización típica;

la Figura 6 es un diagrama de bloques de un sistema de control para el conjunto de llave para tuerca de tornillo mostrado en la Figura 5, de acuerdo con una realización típica; y

10 la Figura 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento de sujeción de al menos un cojinete de pala de rotor en un buje de una turbina eólica, de acuerdo con una realización típica.

A continuación se hará referencia en detalle a las diversas realizaciones ilustrativas, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación y no se entiende como una limitación. Por ejemplo, las características ilustrada o descritas como parte de una realización pueden usarse en o en
15 conjunción con otras realizaciones para producir una realización adicional más. Se pretende que la presente divulgación incluya tales modificaciones y variaciones.

Un número de realizaciones se explican a continuación. En este caso, características estructurales idénticas se identifican mediante símbolos de referencia idénticos en los dibujos. Las estructuras mostradas en los dibujos no se representan en escala real sino que solo sirven para la mejor comprensión de las realizaciones.

20 La Figura 1 muestra una vista lateral de una turbina 100 eólica que incluye una torre 102 y una barquilla 103 de máquina dispuesta de forma giratoria encima de la torre 102.

La torre 102 puede ser torre tubular como la mostrada en la Figura 1. La torre habitualmente tiene un eje 107 de torre que puede disponerse en una dirección vertical. La barquilla 103 de máquina puede girarse sobre el eje 107 de torre con respecto a un ángulo 106 de guiñada.

25 El ángulo 106 de guiñada se ajusta de tal forma que una dirección 105 del viento incidente habitualmente coincide con el eje de un árbol 110 principal de un rotor de la turbina 100 eólica. El rotor de la turbina eólica además incluye un buje 104 y al menos una pala 101 de rotor que se une al buje 104.

Una conexión mecánica entre la al menos una pala 101 de rotor y el buje 104 de la turbina eólica se proporciona habitualmente por medio de un respectivo cojinete de pala de rotor. El cojinete de pala de rotor se diseña de tal forma que una pala 101 de rotor individual se conecta al buje 104 de tal forma que la pala 101 de rotor es giratoria sobre su eje longitudinal de tal forma que puede ajustarse un ángulo 108 de paso de la pala de rotor.
30

Un ajuste del ángulo 108 de paso se realiza habitualmente para adaptar un par mecánico transferido al eje 110 principal de la turbina eólica a una resistencia del viento 105 entrante. Como un par mecánico aplicado al eje 110 principal de la turbina 100 eólica se convierte en una energía eléctrica por medio de un generador eléctrico 109, una frecuencia de giro de entrada del árbol 110 principal habitualmente está dentro de límites predeterminados.
35

Así pues, la pala de rotor se ajusta con respecto a su ángulo 108 de paso de tal forma que la resistencia 105 del viento entrante resulta en una frecuencia de giro predeterminada específica del árbol 110 principal. Un cojinete de pala de rotor (no mostrado en la Figura 1) puede ser un sistema complejo que proporciona un soporte para una pala 101 de rotor individual y a continuación se describe en más detalle con respecto a las Figuras 2, 3 y 4 en el presente documento.
40

La Figura 2 ilustra un cojinete 200 de pala de rotor que incluye una primera unidad 201 de montaje en forma de anillo y una segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo que se dispone coaxialmente a la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo sobre un eje 203 de cojinete central. La (segunda) unidad 202 de montaje en forma de anillo interior que es una porción giratoria del cojinete de pala de rotor, es giratoria en una dirección 204 dentro de la (primera) unidad 201 de montaje en forma de anillo exterior (fija).
45

Una pala de rotor individual (no mostrada en la Figura 2) se soporta mediante la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo de tal forma que un cambio en la posición 204 de giro de la segunda unidad de montaje en forma de anillo con respecto a la primera unidad de montaje en forma de anillo resulta en un ajuste del ángulo 106 de paso (mostrado en la Figura 1) con respecto a un eje longitudinal de la pala 101 de rotor. La primera unidad 201 de montaje en forma de anillo se fija al buje 104 (no mostrado en la Figura 2) de la turbina 100 eólica usando pares 301 tuerca-perno.
50

Las tuercas se disponen circunferencialmente a lo largo de la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo y proporcionan una conexión segura del cojinete 200 de pala de rotor al buje 104 de la turbina 100 eólica. En la Figura 2, se muestran solo algunos de los pares 301 tuerca-perno para fines de ilustración. En el buje, se proporciona un accionamiento de pala de rotor (no mostrado). El accionamiento de pala de rotor acciona un engranaje 302 de accionamiento de paso que a su vez puede girar la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo en la dirección 204, por ejemplo atrás y adelante para ajustar el ángulo 108 de paso (Figura 1). Para este fin, la segunda unidad 202 de montaje está provista de una cremallera 303 dentada que engrana con el engranaje 302 de accionamiento de paso.
55

La Figura 3 es una vista parcial del cojinete 200 de pala de rotor mostrado en la Figura 2. La Figura 3 representa partes respectivas de la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo y la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo dispuesta dentro de la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo y siendo giratoria con respecto a una dirección 204. La Figura 3 detalla el sistema de accionamiento de paso que habitualmente consiste en un engranaje 302 de accionamiento de paso que es giratorio y que se acciona mediante una unidad de accionamiento de paso (no mostrado).

La segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo está provista de agujeros 416 de montaje de pala de rotor. Estos agujeros se diseñan para pernos que fijarán la respectiva pala de rotor a la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo del cojinete 200 de pala de rotor.

El engranaje 302 de accionamiento de paso se acopla con una cremallera 303 dentada que se une circunferencialmente en la (segunda) unidad 202 de montaje en forma de anillo interior para cambiar el ángulo 108 de paso de una pala 101 de rotor individual (Figura 1).

Se aprecia en este punto que, para evitar una descripción redundante, componentes que se han descrito con respecto a figuras anteriores, no se detallan de forma repetitiva en la Figura 4 y los dibujos siguientes.

La Figura 4 es otra vista parcial de un cojinete 200 de pala de rotor que tiene una primera unidad 201 de montaje en forma de anillo y una segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo dispuesta de forma giratoria dentro de la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo. La segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo incluye la cremallera 303 dentada que se acopla con el engranaje 302 de accionamiento de paso descrito anteriormente en el presente documento con respecto a las Figuras 2 y 3.

La combinación engranaje 302 de accionamiento de paso - cremallera 303 dentada acciona la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo en las direcciones indicadas por una flecha 204. Se aprecia en este punto que el cojinete 200 de pala de rotor mostrado en las Figuras 2, 3 y 4 puede incluir componentes de cojinete que proporcionan un movimiento suave de la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo con respecto a la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo, por ejemplo cojinetes de rodillos y/o cojinetes lisos. Como esto es bien conocido para el experto facultativo, no se detalla en las figuras ni en la descripción.

Como se muestra en la Figura 4, un conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo se une a la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo giratoria. El conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo se describe a continuación en detalle con respecto a la Figura 5 en el presente documento. El conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo incluye una llave 404 para tuerca de tornillo que se adapta para apretar al menos una tuerca 301 de tornillo usada para montar la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo al buje 104 (no mostrado) de la turbina 100 eólica.

De acuerdo con una realización típica, el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo se dispone de tal forma que la llave 404 para tuerca de tornillo puede posicionarse en alineación con respecto a al menos una tuerca 301 de tornillo a apretar. Después de haber apretado una tuerca 301 de tornillo, el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo se mueve a la posición de una tuerca 301 de tornillo a apretar adyacente o de otra.

La llave 404 para tuerca de tornillo puede proporcionarse como una llave para tuerca de tornillo adaptada para apretar la tuerca de tornillo con un predeterminado par. Para posicionar el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo junto con su llave 404 para tuerca de tornillo por encima y/o en alineación con una tuerca 301 de tornillo a apretar, de acuerdo con una realización típica el sistema de accionamiento de paso se opera de tal forma que el engranaje 302 de accionamiento de paso se acciona mediante el sistema de accionamiento de paso (no mostrado en la Figura 4). Como el engranaje 302 de accionamiento de paso se acopla con la cremallera 303 dentada de la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo, el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo se mueve en un círculo sobre el eje 203 de cojinete central (véase la Figura 2).

Una ventaja específica de este tipo de disposición del conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo en la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo del cojinete 200 de pala de rotor es que el sistema de accionamiento de paso de la turbina eólica se usa para posicionar este conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo encima de una tuerca 301 de tornillo a apretar. Por lo tanto, no se requiere ningún sistema de posicionamiento adicional para posicionar el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo encima de una tuerca 301 de tornillo. En otras palabras, el procedimiento como se describe en el presente documento proporciona un conjunto de llave para tuerca de tornillo automático que coopera con el sistema de accionamiento de paso de la turbina eólica.

Una vez que la llave 404 para tuerca de tornillo se posiciona junto con el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo encima de una tuerca 301 de tornillo a apretar, esta llave para tuerca de tornillo puede acoplarse en la tuerca de tornillo a apretar y puede apretar la tuerca de tornillo a apretar.

Las etapas de operación del sistema de accionamiento de paso de tal forma que la llave para tuerca de tornillo se posiciona en alineación con la tuerca 301 de tornillo a apretar, de acoplar la llave 404 para tuerca de tornillo con la tuerca 301 de tornillo a apretar y de apretar esta tuerca 301 de tornillo se repiten hasta que todas las tuercas 301 de tornillo de la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo del cojinete 200 de pala de rotor se aprietan.

Además, es posible medir un par durante el apriete de la tuerca 301 de tornillo. La medición de par proporciona una sujeción segura de la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo al buje 104, ya que pernos, tuercas o pares tuerca-perno eventualmente atascados se detectan automáticamente. Por lo tanto un par puede medirse en la

ubicación del cojinete y se detecta una comparación de par medido antes/después del apriete de una tuerca de tornillo. Si superficies del buje y el cojinete que contactan entre sí y que tienen tolerancia bajas, no están uniformes dentro de límites predeterminados, entonces este tipo de desigualdad puede detectarse inmediatamente después de apretar un número de o todos los pernos. Por lo tanto se proporciona la ventaja de que cualquier desigualdad puede determinarse en una fase temprana y que respectivos componentes posiblemente puedan intercambiarse antes de montar todo un cojinete de pala de rotor.

De acuerdo con otra realización típica, la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo del cojinete 200 de pala de rotor se fija al buje 104 (véase la Figura 1) de la turbina 100 eólica por medio de pernos que se disponen circunferencialmente simétricos a lo largo de la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo.

Así pues, el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo se posiciona en un ángulo de giro de un desplazamiento respectivo de una posición previa donde se ubica un tornillo 301 a apretar.

De acuerdo con otra realización típica más, más de un conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo puede disponerse en la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo de tal forma que el tiempo de montaje puede reducirse. Por ejemplo, dos conjuntos 400 de llave para tuerca de tornillo pueden disponerse en la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo diametralmente opuestos entre sí. Una ventaja de este tipo de disposición es que se reduce un tiempo de montaje para montar la primera unidad de montaje en forma de anillo en el buje 104 habitualmente en un factor de 2. Otra ventaja de proporcionar más de un conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo es que los pernos ubicados diametralmente opuestos entre sí pueden apretarse simultáneamente de tal forma que se evita cualquier inclinación o desalineación.

Además, una unidad de control y posición puede proporcionarse para posicionar el conjunto de llave para tuerca de tornillo alineado con una tuerca 301 de tornillo a apretar.

Un detector 403 de posición que se describe en el presente documento a continuación con respecto a la Figura 6, puede proporcionarse para facilitar un posicionamiento del conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo. El detector 403 de posición puede proporcionarse como un sensor de proximidad tales como un sensor inductivo y/o un sensor óptico. Además, es posible medir un par cuando se opera el sistema de accionamiento de paso. Se mide una fuga de corriente del sistema de accionamiento de paso. Además, es posible medir un par directo del sistema de accionamiento de paso. La medición del par proporciona un apriete uniforme y seguro de la primera unidad 201 de montaje en forma de anillo al buje 104. Si una tuerca de tornillo y/o un perno se bloquean durante la sujeción, tal tipo de bloqueo podría detectarse por medio de la medición de par.

La Figura 5 es una vista lateral esquemática de un conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo de acuerdo con una realización típica. El conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo incluye una placa 411 de soporte que se adapta para montarse en la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo del cojinete 200 de pala de rotor, como se muestra en la Figura 4.

En la placa 410 de soporte, se montan dos bloques 415 de fijación que se usan para mantener un árbol 414 de guiado en el que una unidad 413 de guiado lineal puede moverse en la dirección longitudinal del árbol 414 de guiado. Una unidad 405 de montaje de pieza a máquina se proporciona para fijar el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo en la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo del cojinete 200 de pala de rotor. La unidad 405 de montaje de pieza a máquina puede tener una forma cónica de tal forma que puede engancharse a la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo del cojinete 200 de pala de rotor. Una dirección de enganche se indica mediante una flecha 419 en la Figura 5. Además unas tuercas 418 de fijación pueden usarse para fijar la unidad 405 de montaje de pieza a máquina en la segunda unidad 202 de montaje en forma de anillo.

Una posición de la unidad 413 de guiado lineal a lo largo del árbol 414 de guiado se proporciona sobre la base de una señal 410 de movimiento de avance indicado en la Figura 6 en el presente documento a continuación. La señal 410 de movimiento de avance se proporciona para la unidad 405 de montaje de pieza a máquina de tal forma que la llave 404 para tuerca de tornillo puede posicionarse de tal forma que se acopla con una tuerca 301 de tornillo a apretar. Para lograr este tipo de acoplamiento, la llave para tuerca de tornillo se mueve en una dirección de una flecha indicada mediante el número 417 de referencia, es decir, en una dirección de avance hacia la tuerca 301 de tornillo a apretar.

La llave 404 para tuerca de tornillo se une a la unidad 413 de guiado lineal móvil por medio de una conexión 406 de montaje de pieza a máquina. La llave 404 para tuerca de tornillo puede diseñarse como una llave para tuerca de tornillo que incluye un motor de potencia que puede aplicar un par que es típico para apretar la tuerca 301 de tornillo a apretar (véanse las Figuras 2, 3 y 4). Una ménsula 412 se proporciona para fijar la conexión 406 de montaje de pieza a máquina a la unidad 413 de guiado lineal. El conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo se adapta para sujetar el al menos un cojinete 200 de pala de rotor en el buje 104 de la turbina 100 eólica.

Un sistema de accionamiento de paso de la turbina 100 eólica que se proporciona para ajustar un ángulo 108 de paso de la turbina 100 eólica se usa para posicionar el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo junto con la llave 404 para tuerca de tornillo alineada con una tuerca 301 de tornillo a apretar.

5 La Figura 6 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de control proporcionado para controlar una sujeción de al menos un cojinete de pala de rotor en un buje de una turbina 100 eólica. El sistema de control habitualmente incluye una unidad 401 de controlador que proporciona una señal de accionador de paso 408 para un sistema 402 de accionamiento de paso y una señal 410 de movimiento de avance para la unidad 405 de montaje de pieza a máquina, que se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 5 en el presente documento.

10 La unidad 401 de controlador puede recibir una señal 409 de posición indicando una posición del conjunto de llave para tuerca de tornillo con respecto a una tuerca 301 de tornillo a apretar. La señal 409 de posición se proporciona mediante un detector 403 de posición que puede ser un detector inductivo y/o un detector óptico. El detector 403 de posición se une a la llave 404 para tuerca de tornillo y al conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo, respectivamente, por medio de un soporte 407 de detector de posición.

15 Si la señal 409 de posición indica que la llave 404 para tuerca de tornillo se posiciona alineado con una tuerca 301 de tornillo a apretar, la unidad 401 de controlador emite la señal 410 de movimiento de avance a la unidad 405 de montaje de pieza a máquina que se conecta a la llave 404 para tuerca de tornillo por medio de la conexión 406 de montaje de pieza a máquina. Por lo tanto, la unidad 405 de montaje de pieza a máquina proporciona un acoplamiento de la llave 404 para tuerca de tornillo con la tuerca 301 de tornillo a apretar (no mostrado en la Figura 6).

20 Tras el apriete, la tuerca 301 de tornillo a apretar, la llave 404 para tuerca de tornillo se libera de la tuerca 301 de tornillo que se ha apretado y la unidad 401 de controlador proporciona una señal 408 de accionamiento de paso para el sistema 402 de accionamiento de paso de tal forma que el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo junto con la llave 404 para tuerca de tornillo puede posicionarse alineados con otra tuerca 301 de tornillo a apretar. Este procedimiento puede repetirse hasta que todas las tuercas de tornillo a apretar se aprieten.

25 La Figura 7 es un diagrama de flujo un procedimiento de sujeción de al menos un cojinete 200 de pala de rotor en el buje 104 de una turbina 100 eólica, en el que la turbina eólica tiene un sistema de accionamiento de paso adaptado para ajustar un ángulo de paso de al menos una pala 101 de rotor.

30 El procedimiento comienza en la etapa S1 y sigue a una etapa S2 donde un conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo se proporciona en una porción giratoria del cojinete de pala de rotor. El conjunto de llave para tuerca de tornillo se adapta para apretar automáticamente una tuerca 301 de tornillo a apretar. El conjunto de llave para tuerca de tornillo tiene una llave para tuerca de tornillo.

35 En una etapa S3, el conjunto de llave para tuerca de tornillo se alinea con una tuerca de tornillo a apretar mediante el giro de la porción giratoria con un accionamiento de paso de la turbina eólica. El posicionamiento del conjunto de llave para tuerca de tornillo puede ayudarse por medio de un detector 403 de posición (véase la Figura 6) que permite un posicionamiento exacto con respecto a una dirección 204 (Figura 2) de todo el conjunto 400 de llave para tuerca de tornillo.

El procedimiento avanza a una etapa S4 donde la tuerca de tornillo se aprieta usando el conjunto de llave para tuerca de tornillo.

40 A continuación, el procedimiento avanza a una etapa S5 donde se determina si todas las tuercas de tornillo se han apretado. Si en la etapa S5 se determina que no todas las tuercas de tornillo se han apretado ("NO" en la etapa S5), el procedimiento vuelve a la etapa S3 donde el accionamiento de paso se opera de nuevo de tal forma que la llave para tuerca de tornillo se posiciona alineado con otro tornillo a apretar.

Si en la etapa S5 se determina que todas las tuercas de tornillo se han apretado ("SÍ" en la etapa S5), el procedimiento se finaliza en la etapa S6.

45 La invención se ha descrito sobre la base de las realizaciones que se muestran en los dibujos adjuntos y de los cuales surgen ventajas y modificaciones adicionales. Sin embargo, la invención no se restringe a las realizaciones descritas en los términos concretos, sino que puede modificarse y variarse en una manera adecuada. Se encuentra dentro del ámbito de la invención, como se definen mediante las reivindicaciones, combinar características individuales y combinaciones de características de una realización con características y combinaciones de características de otra realización de una manera adecuada para llegar a realizaciones adicionales.

50 Será evidente para aquellos expertos en la técnica, a base de los contenidos en el presente documento, que cambios y modificaciones pueden hacerse sin alejarse de la invención desvelada. Es decir, todos los ejemplos expuestos anteriormente en el presente documento se conciben como ilustrativos y no limitativos.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de sujeción de al menos una tuerca (301) de tornillo a apretar de un cojinete (200) de pala de rotor de una turbina (100) eólica, comprendiendo dicho procedimiento:
 - 5 proporcionar un conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo en una porción giratoria del cojinete (200) de la pala de rotor, estando el conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo adaptado para apretar automáticamente la al menos una tuerca (301) de tornillo, alinear dicho conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo con dicha tuerca (301) de tornillo a apretar girando dicha porción giratoria con un accionamiento (402) de paso de dicha turbina (100) eólica, y apretar dicha tuerca (301) de tornillo con dicho conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo.
- 10 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las etapas de alineamiento de dicho conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo con una tuerca (301) de tornillo a apretar girando dicha porción giratoria con el accionamiento (402) de paso y de apriete de la tuerca (301) de tornillo a apretar se repiten hasta que todas las tuercas (301) de tornillo están apretadas.
- 15 3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que un par se mide durante el apriete de la tuerca (301) de tornillo a apretar.
4. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo se posiciona en un ángulo de giro de aproximadamente 5 grados de desplazamiento de una posición de apriete de una tuerca de tornillo previa.
- 20 5. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un par de apriete de la al menos una tuerca (301) de tornillo a apretar se proporciona por medio de una acción combinada del accionamiento (402) de paso y el conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo.
6. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos dos conjuntos de llave para tuerca de tornillo se proporcionan en la porción giratoria del cojinete (200) de pala de rotor, en el que al menos dos tuercas (301) de tornillo a apretar se aprietan simultáneamente.
- 25 7. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las tuercas (301) de tornillo a apretar se aprietan en un orden predeterminado, de tal forma que una primera unidad (201) de montaje en forma de anillo del cojinete (200) de pala de rotor se sujeta en el buje de la turbina (100) eólica con una fuerza equicircunferencial.
- 30 8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que un par se mide cuando se aprieta la al menos una tuerca (301) de tornillo a apretar y en el que el par medido se supervisa durante todo el procedimiento de apriete de la primera unidad (201) de montaje en forma de anillo del cojinete (200) de pala de rotor.
9. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la posición del conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo se mide ópticamente, de tal forma que el llave para tuerca de tornillo está alineado con la tuerca (301) de tornillo a apretar.
- 35 10. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la posición del conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo se mide por inducción, de tal forma que el llave para tuerca de tornillo está alineado con la tuerca (301) de tornillo a apretar.
- 40 11. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporciona un espaciado circunferencial fijo para avanzar hacia delante el conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo desde una tuerca (301) de tornillo a otra tuerca (301) de tornillo a apretar.
12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7 o cualquier reivindicación cuando dependa de la misma, en el que se mide la planitud y/o la igualdad de la primera unidad (201) de montaje en forma de anillo del cojinete (200) de pala de rotor durante el apriete de la al menos una tuerca (301) de tornillo a apretar.
- 45 13. Un conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo adaptado para sujetar automáticamente al menos una tuerca (301) de tornillo de un cojinete (200) de pala de rotor de una turbina (100) eólica, estando dicho conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo adicionalmente adaptado para montarse en una porción giratoria del cojinete (200) de pala de rotor y para alinearse con una tuerca (301) de tornillo a apretar girando dicha porción giratoria con un accionamiento (402) de paso de dicha turbina (100) eólica.
- 50 14. El conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo de acuerdo con la reivindicación 13, en el que un sensor de proximidad se proporciona como un detector de posición que está adaptado para ajustar la posición de giro del conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo.
15. El conjunto (400) de llave para tuerca de tornillo de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el sensor de proximidad es al menos uno de un detector inductivo y un detector óptico.

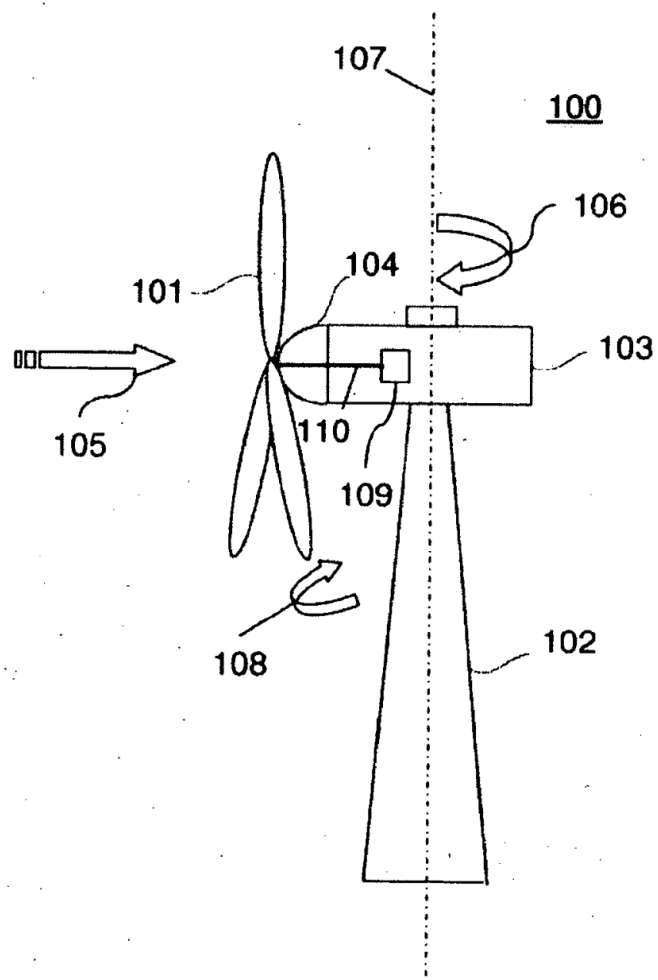


FIG. 1

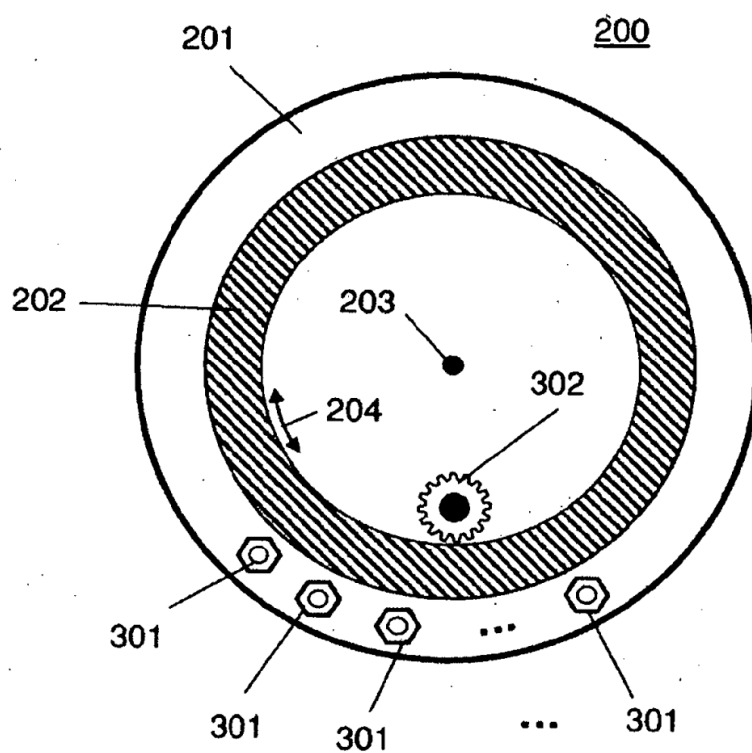


FIG. 2

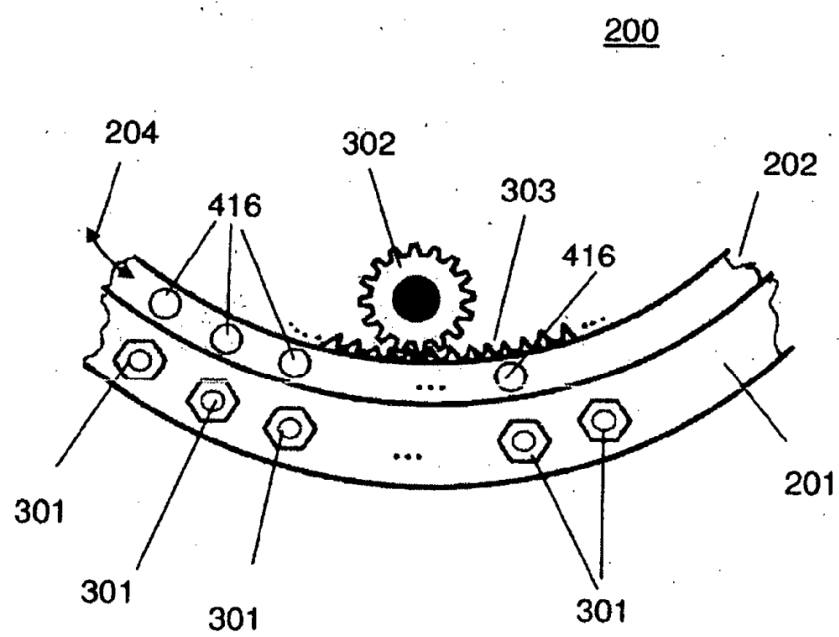


FIG. 3

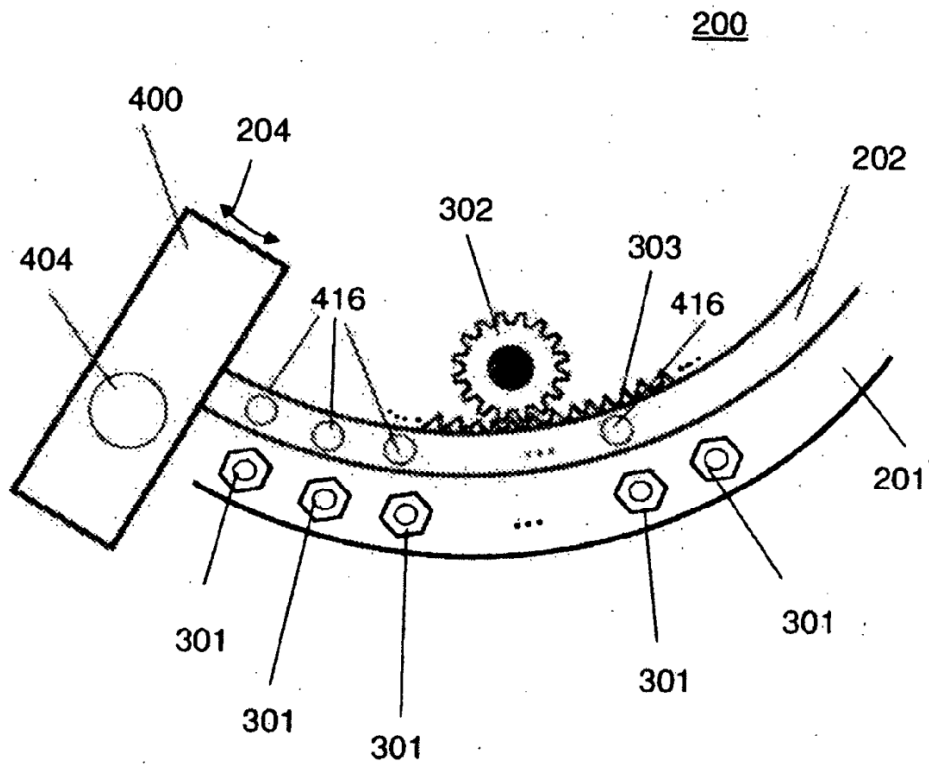


FIG. 4

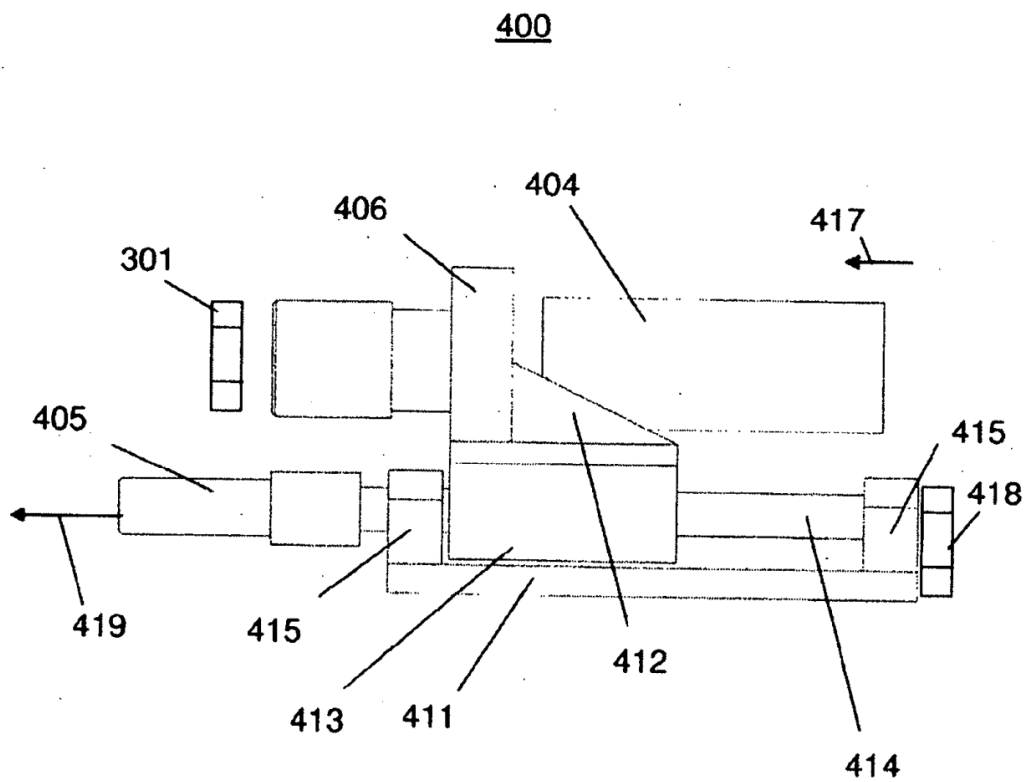


FIG. 5

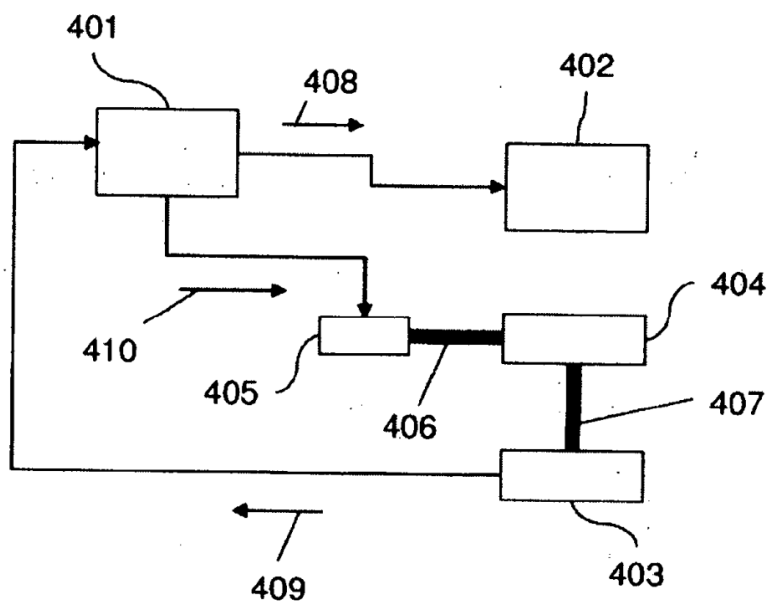


FIG. 6

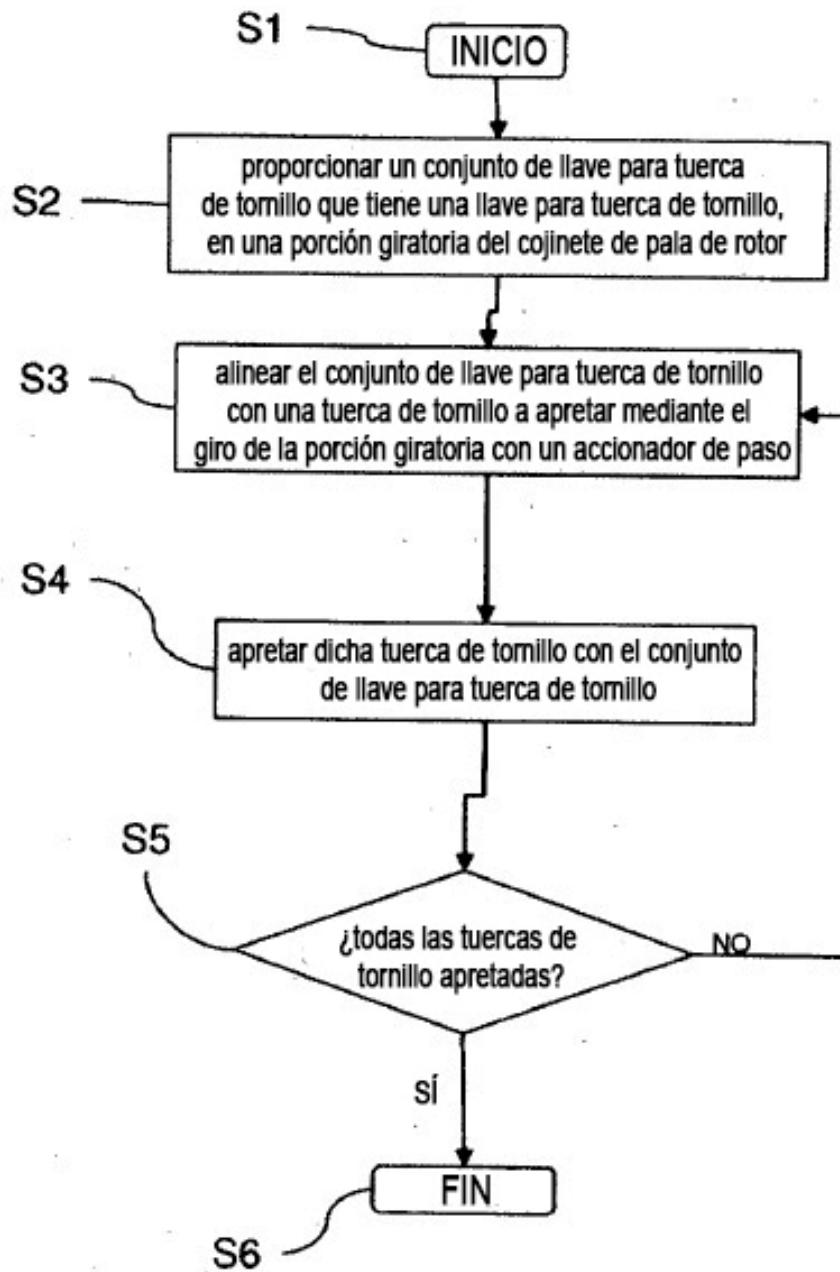


FIG. 7