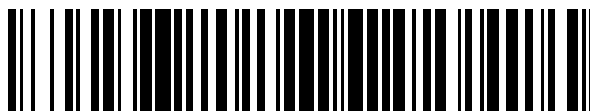


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 775**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2011** **E 11804759 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015** **EP 2661550**

54 Título: **Aparato y método de retirada de rodamiento de pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

07.01.2011 GB 201100260
07.01.2011 US 201161430651 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
12.11.2015

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

HANCOCK, MARK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 550 775 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y método de retirada de rodamiento de pala de turbina eólica

Esta invención se refiere a turbinas eólicas y, en particular, a un aparato y a un método de retirada de rodamiento de pala de turbina eólica para facilitar el cambio del segmento de rodamiento de pala de una pala de turbina eólica.

- 5 La figura 1 ilustra una turbina eólica 1, que comprende una torre 2 en la que está montada una góndola 3. Al menos una pala de turbina 5 está montada en un buje 6 para formar un rotor 4. El buje 6 está conectado a la góndola 3 a través de un árbol de baja velocidad (no mostrado) que se extiende desde la parte frontal de la góndola. La turbina eólica ilustrada en la figura 1 puede ser un modelo de pequeño tamaño destinado para uso doméstico o para servicio ligero, o puede ser un modelo de gran tamaño, tal como los que son adecuados para su uso en la
10 generación de electricidad a gran escala en un parque eólico. En este último caso, el diámetro del rotor puede ser de hasta 150 metros o más.

- En la figura 2 se muestra en más detalle una pala de rotor, a la que se hará referencia a continuación. Las palas 5 comprenden un mástil reforzado 21 que discurre a lo largo de la longitud de la pala desde la raíz de pala 22 hasta la punta de pala 23. Las cubiertas de pala 24, compuestas por un material fibroso compuesto, están unidas al mástil y proporcionan una superficie de pala de forma aerodinámica, que hace que la pala experimente una fuerza de elevación según pasa el viento a lo largo de la superficie de la pala. La sección de raíz de pala de la pala 22 es normalmente de sección transversal circular y está dotada de un anillo de rodamiento de pala circular 25, compuesto por acero u otro material adecuado, para la unión a un anillo de rodamiento circular correspondiente en el buje 6.
15

- Esto se muestra en más detalle en las figuras 3 y 4 a las que se hará referencia a continuación. En la figura 3, el buje se ve en alzado desde la parte frontal. Se muestran tres palas de turbina eólica 5 unidas al buje mediante el conjunto de rodamiento de raíz de pala 25. En la figura 4 se muestra el anillo de rodamiento circular correspondiente en el buje 6 en una vista en alzado lateral. En la práctica, el conjunto de rodamiento de raíz de pala 25 comprende uno o más anillos de rodamiento de pala, al menos uno de los cuales está acoplado al anillo de rodamiento circular de buje 26 mediante elementos de sujeción tales como pernos retenidos en orificios para pernos 27.
20

- En turbinas eólicas de mayor escala, las palas pueden aproximarse a los 100 m de longitud y pesan hasta varias decenas de toneladas. Por tanto, el peso de la pala está soportado en su totalidad por el conjunto de rodamiento de raíz de pala 25, el anillo de rodamiento circular correspondiente 26 en el buje 6 y los medios de sujeción. Aunque estos elementos están contruidos para soportar una gran cantidad de carga operativa y de deformación, ocasionalmente es necesario liberar la conexión entre la pala 5 y el buje 6 para su mantenimiento y reparación. En particular, a menudo puede ser necesario sustituir el conjunto de rodamiento de raíz de pala 25 por una nueva pieza.
25 30

- Debido al peso de las palas y a la ubicación de las palas en la parte superior de la alta torre de turbina eólica situada en ubicaciones expuestas al viento, la conexión y desconexión de las palas del buje puede ser un proceso problemático. Puede usarse una grúa para soportar la pala, mientras que un ingeniero que trabaja en el buje libera los elementos de sujeción entre el conjunto de rodamiento de raíz de pala 25 y el anillo de rodamiento circular en el buje 6. Sin embargo, las grúas son caras y lleva mucho tiempo usarlas. Adicionalmente, existe el problema de que, una vez separada del buje de turbina eólica 6, una pala 5 es susceptible de verse zarandeada por el viento y, si está en uso con una grúa, puede hacerse vibrar.
35

- El documento WO2009128708A2 sugiere para el cambio de una pala de turbina eólica dos yugos, estando uno montado en el lado interior de la raíz de pala y estando el otro montado en el buje. Los yugos se conectan mediante un dispositivo de izado. Sin embargo, el documento WO2009128708A2 no proporciona ninguna mejora sustancial para el mantenimiento del rodamiento de raíz de pala.
40

- Por tanto, se aprecia que existe la necesidad de un mecanismo mejorado para liberar la pala del buje de pala de modo que puedan llevarse a cabo trabajos de mantenimiento en el conjunto de rodamiento de raíz de pala 25, o el buje 6 y pernos de conexión.

45 Sumario de la invención

La invención se define en las reivindicaciones independientes a las que se hará referencia a continuación. Se exponen características ventajosas en las reivindicaciones dependientes.

La invención proporciona un aparato de soporte de buje de pala de turbina eólica según la reivindicación 1.

- Por tanto, la sustitución del rodamiento de raíz de pala puede llevarse a cabo de modo más seguro y sencillo, ya que la pala puede permanecer montada en el buje mientras se repara o sustituye el conjunto de rodamiento de raíz de pala. Como resultado, el proceso no requiere de una grúa grande para portar la pala, lo que conduce a costes reducidos y una programación más fácil de las operaciones de reparación. La pluralidad de accionadores permite que se trabaje sobre palas pesadas, así como que se proporcione estabilidad de la pala cuando se separa del buje.
50

Los puntos de unión están ubicados en la superficie externa del cuerpo de pala, de modo que los accionadores

pueden unirse y retirarse fácilmente cuando se desee, y de modo que pueda usarse la separación de los accionadores alrededor de la periferia de la pala para crear un huelgo que facilite la retirada del conjunto de rodamiento de raíz de pala. Los puntos de unión pueden soportar los accionadores formando un ángulo con relación a la superficie de la pala con el fin de aumentar el huelgo.

- 5 En una realización, la estructura de soporte es una brida anular conectada al extremo del cuerpo de pala en la parte de raíz de pala, y la sección de soporte de pala tiene una pluralidad de conectores para realizar una conexión segura, liberable a un conjunto de rodamiento de raíz de pala. La brida proporciona una parte de anclaje robusta para soportar el peso del cuerpo de pala.

- 10 En una realización, la estructura de soporte comprende un elemento de marco que comprende una pluralidad de radios de refuerzo conectados dentro de la circunferencia interna del cuerpo de pala en la parte de raíz de pala. Esto proporciona soporte interno para los puntos de unión de accionador que pueden estar ubicados en el exterior de la superficie de la pala. Los radios de refuerzo pueden terminar en un buje central reforzado para soporte adicional.

- 15 Al menos uno o más de los radios de refuerzo pueden conectarse a la superficie interior del cuerpo de pala de manera interna a la ubicación en la que están situadas las abrazaderas de punto de unión. De esta manera, la carga aplicada sobre la pala por el accionador puede transmitirse de manera más eficaz a la estructura de soporte y puede evitarse el daño a la pala. Teniendo esto en cuenta, el al menos uno o más de los radios de refuerzo pueden conectarse mediante un elemento de sujeción a una abrazadera de punto de unión.

La sección de soporte de pala también puede comprender una riostra de refuerzo que tiene uno o más brazos de acoplamiento radiales para proporcionar un punto de unión de cable.

- 20 En una realización, los puntos de unión están ubicados hacia un lado de la sección de soporte de pala de tal manera que el otro lado de la sección de soporte de pala está sustancialmente libre de puntos de unión. Esto permite que el conjunto de rodamiento de raíz de pala, una vez separado de la sección de soporte de pala, se deslice hacia fuera hasta un lado de la pala durante el proceso de reparación más allá de los accionadores de soporte.

- 25 Ventajosamente, todos los puntos de unión están ubicados dentro de un arco de 180 grados alrededor de la circunferencia de la sección de soporte de pala, ya que esto deja un lado de la sección de soporte de pala abierto para retirar la sección de soporte de pala.

- 30 Más ventajosamente, los puntos de unión están todos ubicados dentro de un arco de 200 grados alrededor de la circunferencia de la sección de soporte de pala, ya que esto deja un lado de la sección de soporte de pala abierto para retirar la sección de soporte de pala, mientras que se proporciona una disposición más estable de los accionadores.

La sección de soporte de pala puede comprender tres puntos de unión para unir tres accionadores para su estabilidad.

- 35 En una realización, la sección de soporte de pala comprende una riostra de refuerzo, ubicada dentro de la circunferencia de la brida anular. Esto refuerza la sección de soporte de pala para hacer que pueda portar más peso de la pala de turbina eólica, cuando la pala está suspendida del buje, así como carga o deformación adicional que resulta del viento incidente.

La riostra de refuerzo puede comprender elementos de refuerzo que abarcan desde una ubicación de punto de unión hasta otra dentro de la circunferencia interior de la sección de soporte de pala. De esta manera, se proporciona refuerzo en los puntos en el anillo donde se porta la mayor parte de la carga.

- 40 En una realización, la riostra de refuerzo comprende un punto de unión de cable. Esto permite que se eleve la pala a su posición para su unión de nuevo al buje por medio de un cable unido a la riostra. El otro extremo del cable puede unirse a una grúa o un cabrestante.

- 45 La riostra de refuerzo está situada preferiblemente dentro de la sección de soporte de pala de tal manera que cuando se une un cable al punto de unión de cable, la pala adopta un ángulo inclinado con respecto a la torre, facilitando la conexión del conjunto de rodamiento de raíz de pala al buje de turbina eólica.

Los accionadores pueden ser arietes hidráulicos o neumáticos.

La invención también proporciona un método de sustitución de un conjunto de rodamiento de raíz de pala en una turbina eólica según la reivindicación 13.

- 50 El método puede comprender además activar los accionadores para poner la pala de turbina eólica en contacto con el buje de rotor de turbina eólica de tal manera que la pala puede conectarse al buje de rotor de turbina eólica, o poner la pala de turbina eólica en contacto con el buje de rotor de turbina eólica de tal manera que la pala puede conectarse al buje de rotor de turbina eólica usando un cable unido a una sección de riostra prevista en la pala de turbina eólica.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán las realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista frontal de una turbina eólica de eje horizontal;

5 la figura 2 es una vista en alzado de una pala de turbina eólica;

la figura 3 es una vista en alzado frontal del buje de turbina eólica que muestra la unión de la raíz de pala y el conjunto de rodamiento de raíz de pala;

la figura 4 es una vista en alzado lateral de una turbina eólica buje que muestra el punto de conexión para un conjunto de rodamiento de raíz de pala de turbina eólica;

10 la figura 5 ilustra un ejemplo de la invención que permite que se separe una pala del buje para la sustitución del rodamiento de pala;

la figura 6 ilustra la sección de soporte de pala según un primer ejemplo de la invención;

la figura 7 es una vista en primer plano del mecanismo de conexión entre el buje, el conjunto de rodamiento de anillo de raíz de pala y la sección de soporte de pala;

15 la figura 8 ilustra una sección de soporte de pala según un segundo ejemplo de la invención en una vista en alzado desde arriba;

la figura 9 ilustra una sección de soporte de pala según un segundo ejemplo de la invención en sección transversal; y

la figura 10 ilustra una vista frontal de un punto de unión de accionador según un segundo ejemplo de la invención.

20 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La invención se refiere a un aparato de soporte de buje de pala que permite la sustitución del rodamiento de raíz de pala para mantenimiento o reparación. La figura 5 ilustra el aparato en una vista lateral.

25 El buje 50 del rotor de turbina eólica está unido a la góndola de la turbina eólica (no mostrada) mediante el anillo de rodamiento de buje 52. Las palas de rotor 54 están unidas a anillos de rodamiento de pala de buje 56 respectivos por medio de sus conjuntos de rodamiento de raíz de pala 58 respectivos. En esta vista, una pala de rotor 54, un conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 y el buje 50 se muestran separados unos de otros, tal como estarían si estuviese sustituyéndose el conjunto de rodamiento de raíz de pala.

30 El buje 50 porta uno o más salientes de soporte de buje o yugos 60 espaciados alrededor de la circunferencia del anillo de rodamiento de pala de buje 56 donde se unen las palas 54. Cada saliente de soporte de buje 60 proporciona un punto de unión para un extremo de un accionador que puede fijarse de manera liberable 62, tal como un ariete hidráulico o neumático, o un accionador eléctrico o mecánico, por ejemplo.

35 La pala 54 comprende una sección de cuerpo de pala 55 y una sección de soporte de pala 64, unidas entre el cuerpo de pala 55 y el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58. El extremo de cada accionador 62 que no está unido a un saliente de soporte de buje 60 está unido a la sección de soporte de pala 64 en un saliente de soporte de sección de soporte de pala 66 correspondiente.

40 Los accionadores 62 pueden acoplarse a los salientes de soporte en el buje 50 y a la sección de soporte de pala 64 mediante un elemento de sujeción adecuado, tal como un tornillo o perno de retención. En este ejemplo, cada saliente de soporte 60 o 66 comprende un par de placas de contrafuerte de metal 67 que tienen un orificio que define un eje para recibir un elemento de sujeción. Puede roscarse un perno de retención a través de los orificios en las placas de contrafuerte 67, y a través de un orificio correspondiente en el extremo del accionador 62 para fijarlo en su sitio.

45 La sección de soporte de pala se muestra en la figura 6 a la que se hará referencia a continuación. La sección de soporte de pala 64 es un anillo de metal o acero reforzado alrededor de cuya periferia están formados los salientes de soporte de sección de soporte 66. Tal como se indicó anteriormente, cada saliente de soporte de sección de soporte de pala 66 comprende un par de placas de contrafuerte 67 que definen un espacio intermedio en el que puede situarse y fijarse un extremo del accionador 62. En la figura 6 se muestran tres salientes de soporte de sección de soporte de pala 66, separados unos de otros por un desplazamiento angular de algo más de 90 grados. La posición de los accionadores 62 se ilustra en la figura 6 mediante las líneas de puntos mostradas alrededor de cada saliente de soporte 66.

50 Debido a la separación de los salientes 66, un lado 69 de la sección de soporte de pala 64 se deja sin un saliente de

soporte o accionador 62. Tal como se apreciará a partir de la figura 5, esto significa que, en uso, el lado 69 de la sección de soporte de pala está abierto, y que hay un espacio entre los accionadores 62 en las posiciones 62a y 62b, a través del que puede insertarse o retirarse el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 durante el mantenimiento.

- 5 La circunferencia del conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 es esencialmente la misma que la de la sección de soporte de pala 64, excluyendo la circunferencia adicional debido a las placas de contrafuerte 67. Esto significa que la unión de los accionadores 62 a las placas de contrafuerte en una posición 62a, 62b o 62c, ligeramente fuera de la circunferencia exterior de la sección de soporte de pala 64 proporciona un huelgo entre la circunferencia exterior del conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 y la circunferencia definida por la posición de los accionadores 62
- 10 alrededor del perímetro de la sección de soporte de pala 64. Teniendo esto en cuenta, merece la pena observar que una separación angular de 90 grados entre las posiciones de unión 62a, 62b y 62c permitiría un huelgo óptimo entre el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 y los accionadores cuando el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 se inserta en o se retira de la posición. Sin embargo, como la colocación óptima para la estabilidad de tres accionadores 62 sería una configuración triangular, es decir, una igual separación entre los tres accionadores 62, se
- 15 prefiere que la separación entre al menos dos de los accionadores, en estos casos 62a y 62c, y 62b y 62c sea de más de 90 grados (por tanto, la separación angular entre las posiciones 62a y 62b es ligeramente menor de 180 grados). En otras palabras, en este ejemplo, los puntos de unión para los accionadores están todos ubicados dentro de un arco de 180 grados, o más ventajosamente digamos un arco de 200 grados, alrededor de la circunferencia de la sección de soporte de pala.
- 20 La extensión mediante la cual la separación puede ser de más de 90 grados, pero con la que todavía puede mantenerse el huelgo entre el conjunto de rodamiento de raíz de rodapiendo y los accionadores, es una función de las dimensiones particulares usadas en el aparato y no se comentarán adicionalmente en este caso.

En realizaciones en las que el punto de unión de los accionadores a la sección de soporte de pala está en una ubicación alejada del conjunto de rodamiento de raíz de pala, de tal manera que el huelgo no es un problema, los

25 puntos de unión podrían estar ubicados alrededor de la pala a lo largo de un arco de 200 grados o mayor.

El propósito de la sección de soporte de pala reforzada 64 es proporcionar un fuerte punto de anclaje para los accionadores 62, así como soportar el peso de la pala, por medio de los accionadores, cuando la pala se separa del buje 50 y se retira el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58. Esto es esencial, ya que cuando se retira la pala del buje estará en una configuración menos estable y será más susceptible al zarandeo o movimiento inducido por

30 fuerzas de viento incidente.

Por este motivo, puede proporcionarse un soporte o una riostra de elevación 70 opcional en la circunferencia interior de la sección de soporte de pala 64 para su refuerzo. En este ejemplo, la riostra de soporte 70 está unida a puntos de conexión 63 en la sección de soporte de pala 64 que corresponden en posición a la de los salientes de soporte 66, pero en la circunferencia interior de la sección de soporte de pala 64 en vez de en la exterior. Esto es ventajoso,

35 ya que se apreciará que cuando la pala 54 se separa del buje y está soportada sobre los accionadores 62, gran parte de la carga sobre la sección de soporte de pala 64 se producirá a través de los salientes 66. Obviamente, también son posibles diferentes formas y configuraciones de la riostra 70. La riostra 70 también puede tener una función de elevación, tal como se explicará más adelante.

La figura 7, a la que se hará referencia a continuación, ilustra en más detalle cómo está unido el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 a la sección de soporte de pala 64 y al anillo de rodamiento de pala de buje 56 para los propósitos de este ejemplo. Tal como se conoce en la técnica, el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 puede comprender un anillo de rodamiento interior 72 y uno exterior 74, y un anillo de rodamiento central 76. El anillo de rodamiento central 76 tiene una pluralidad de orificios para pernos 76a que corresponden en posición a

40 orificios opuestos 56a en el anillo de rodamiento de pala de buje 56. Fijando pernos u otros elementos de sujeción adecuados entre orificios para pernos 76a y 56a, el anillo de rodamiento central 76 puede fijarse en una relación fija al anillo de rodamiento de pala de buje 56 y, por tanto, al buje 50. El anillo de rodamiento central 76 se porta en una posición intermedia entre los anillos de rodamiento interior y exterior 72 y 74 del conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 mediante una pluralidad de rodapiendos 78. Por tanto, en el funcionamiento normal de la turbina eólica el anillo de rodamiento central 76 puede girar en relación con los anillos de rodamiento interior y exterior 72 y 74,

50 permitiendo que se ajuste el paso o la posición angular de pala con relación al buje 50. El conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 puede denominarse, por tanto, rodamiento de cambio de paso.

En ejemplos alternativos, la pala 55 y el anillo de soporte de pala 64 podrían unirse al anillo de rodamiento central 76, con el buje unido a los anillos de rodamiento interior 72 y exterior 74, en lo que se conoce como conjunto invertido de tres rodapiendos de anillo. También podrían usarse otros conjuntos de anillo de rodamiento y conexiones al buje, tales como un conjunto de dos rodapiendos de anillo, por ejemplo, tal como resultará evidente para el experto.

55

Los anillos de rodamiento interior y exterior 72 y 74 también tienen una pluralidad de orificios para pernos 72a y 74a que corresponden en posición a orificios para pernos opuestos 64a y 64b. Como anteriormente, usando pernos de fijación u otros elementos de sujeción adecuados entre los orificios para pernos 72a y 64a, y 74a y 64b, pueden

fijarse el anillo de rodamiento interior 72 y exterior 74 en una relación fija a la sección de soporte de pala 64. La sección de soporte de pala 64 se conecta entonces al cuerpo de pala 55 por medio de pernos o elementos de sujeción adicionales conectados a una pluralidad adicional de orificios para pernos 64c, y orificios opuestos 55a en una sección reforzada del material laminado de cuerpo de pala.

5 A continuación se describirá en más detalle el funcionamiento del aparato de soporte de buje de pala.

En el funcionamiento normal de la turbina eólica, la pala 55 está unida al buje 50 mediante la sección de soporte de pala 64, el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 y el anillo de rodamiento de pala de buje 56, sin los accionadores 62 unidos. En esta disposición, el paso de las palas 55 puede ajustarse usando accionadores de cambio de paso conocidos en la técnica, ya que los anillos de rodamiento interior y exterior 72 y 74 unidos a la pala

10 tienen libertad para girar alrededor del anillo de rodamiento central 76 unido al buje 56.

Cuando el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 va a sustituirse, un ingeniero que trabaja desde dentro del buje o desde el exterior por medio de una grúa o plataforma une un accionador a cada uno de los salientes de soporte 60 y 66 en el buje y la sección de soporte de pala 58. Se apreciará que para una turbina eólica de tres palas resultará ventajoso un total de nueve accionadores, y en este ejemplo hay por consiguiente nueve salientes de soporte de accionador 60 en el buje. Sin embargo, en la práctica es probable que se trabaje sobre una pala cada vez, lo que significa que sólo serán necesarios tres accionadores para una operación de sustitución de un único conjunto de rodamiento de raíz de pala.

Con el fin de unir los accionadores, puede estar prevista una ventana de inspección o trabajo en la superficie del buje 50 de modo que, cuando sea posible, el ingeniero tenga acceso a los salientes 60 desde el interior del buje 50.

20 Una vez que se unen de manera fija los accionadores entre el buje 50 y la sección de soporte de pala 64, el ingeniero que trabaja desde dentro del buje se asegura de que los accionadores están activados y captan la deformación entre la pala 54 y el buje 50. El ingeniero suelta entonces los pernos o elementos de sujeción que conectan el anillo de rodamiento central 76 al anillo de rodamiento de pala de buje 56, y los pernos que conectan los anillos de rodamiento interior y exterior 72 y 74 a la sección de soporte de pala 64.

25 El conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 se desconecta ahora totalmente tanto del buje 50 como de la pala 54 y los accionadores se cargan totalmente con el peso de la pala 54. Sin embargo, el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 se mantendrá todavía fijo en su lugar entre la pala 55 y el buje 50 puesto que los accionadores activados 62 impiden el movimiento de la pala 55 y el buje 50. Por tanto, el ingeniero activa los accionadores de modo que extienden y separan la pala 54 del buje 50, proporcionando un huelgo entre ellos. Antes de realizarlo, el ingeniero preferiblemente adopta medidas para fijar el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 al buje 50, mediante cables por ejemplo, de modo que el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 no se caiga o deslice cuando se mueve la pala 54.

35 Una vez que la pala está soportada sobre el buje mediante los accionadores, puede retirarse el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 y sustituirse según sea apropiado. Puede usarse una disposición de polea o grúa en el buje o la góndola, por ejemplo, para proporcionar la fuerza de soporte o elevación necesaria. Una vez que se ha maniobrado con el repuesto del conjunto de rodamiento de raíz de pala 58 hasta su posición, puede volver a unirse la pala 54 al buje 50 siguiendo el proceso inverso al descrito anteriormente. En el proceso inverso, los accionadores pueden actuar ventajosamente como guía para asegurar que los orificios para pernos 76a en el nuevo conjunto de rodamiento de raíz de pala 58, cuando está unido al anillo de soporte 64, coinciden con los orificios 56a correspondientes en los anillos de rodamiento de pala de buje 56. El proceso puede repetirse entonces para las otras palas 54 en el buje 50 según se desee, moviendo los accionadores 62 hasta los salientes 60 y 66 apropiados para trabajar sobre la siguiente pala.

40 La elevación o maniobra de las palas 54 de vuelta a su posición contra el buje puede lograrse usando los accionadores 62, o alternativamente usando un cable unido a la riostra de elevación 70. A este respecto, la forma asimétrica de la riostra de elevación 70 mostrada en la figura 6 es ventajosa como cuando se usa como riostra de elevación para un cabrestante de cable, significa que puede facilitarse una inclinación inicial a la pala permitiendo que se maniobre con ella más fácilmente hasta su posición final contra el buje.

45 En los ejemplos anteriores de la invención, los accionadores 62 se conectan a la pala 55 mediante la sección de soporte de pala 64 conectada entre el cuerpo de pala 55 y el conjunto de rodamiento de raíz de pala 58. Con referencia a las figuras 8, 9 y 10 se describirá a continuación un ejemplo alternativo de la sección de soporte de pala y puntos de unión para los accionadores 62.

50 En la figura 8, una sección de soporte de pala 80 está ubicada de manera interna a la cubierta exterior de pala 82. La sección de soporte de pala comprende un anillo interior de refuerzo 84 de acero u otro material adecuado y una pluralidad de radios de refuerzo 86 conectados entre el anillo interior 84 y la cubierta exterior de pala 82. En el ejemplo mostrado, ocho radios de refuerzo 86 están previstos en posiciones radiales, espaciados igualmente de manera angular alrededor de la circunferencia interior de la pala, y cada radio de refuerzo 86 comprende un par de elementos tubulares de refuerzo 88. Tal como se muestra en más detalle en la figura 9, los elementos tubulares de refuerzo 88, que componen cada radio de refuerzo 86, se conectan entre el anillo interior 84 y la cubierta exterior de

pala 82 mediante elementos de sujeción, tales como pernos de retención.

Varios salientes de soporte de pala 66 están montados sobre la cubierta exterior de pala 82 para proporcionar puntos de unión para los accionadores 62. Los salientes de soporte de pala 66 están ubicados en posiciones correspondientes al punto en el que los elementos tubulares de refuerzo 88 se acoplan a la cubierta exterior de pala 82. En el ejemplo mostrado en la figura 8, se muestran tres salientes de soporte de pala para soportar tres accionadores.

La presencia de los salientes de soporte en la cubierta exterior de pala 82, y los accionadores cuando estos están en uso, imponen cargas sobre las construcciones de pala. Como resultado de la colocación de los salientes 66 en posiciones correspondientes a los radios de refuerzo 86, estas cargas las portan los radios y se transmiten al anillo interior 84. Tal como se muestra en las figuras 9 y 10, la abrazadera de soporte de pala 66 puede unirse a la cubierta exterior de pala mediante elementos de sujeción o pernos 90 que se disponen coaxialmente con los que soporta los elementos tubulares 88. En algunas realizaciones, los mismos pernos 90 pueden fijar en su sitio tanto los salientes de soporte 66 como los elementos tubulares 88. En las figuras 9 y 10, también se muestran para mayor claridad orificios para pernos reforzados 91 para unir la cubierta exterior de pala 82 a una brida de raíz de pala, aunque estos no forman parte del diseño de la sección de soporte de pala.

Adicionalmente, una o más barras de acoplamiento 92 pueden montarse entre el anillo interior 84 y la cubierta exterior de pala 82 con el fin de proporcionar puntos de unión de cable. De esta manera, la sección de soporte de pala también puede actuar como la riostra de elevación 70 mencionada anteriormente. Las barras de acoplamiento 92 pueden estar previstas entre los radios 84 o desplazadas o bien hacia arriba o bien hacia abajo para facilitar el acceso.

En realizaciones alternativas, un anillo de soporte adicional puede estar previsto inmediatamente en el interior de la cubierta exterior de pala y dispuesto de manera contigua a la misma. Este anillo de soporte exterior proporciona soporte adicional y puede simplificar la conexión de la sección de soporte de pala 80 a la cubierta exterior de pala 82. En este caso no es necesario que los salientes de soporte de pala 66 estén ubicados en posiciones que corresponden directamente a la posición de los radios de refuerzo 86, sino que pueden estar ubicados en cualquier parte alrededor de la circunferencia de la pala.

También son posibles otras realizaciones de la sección de soporte de pala y se contemplan dentro del diseño. Un ejemplo es una pluralidad de abrazaderas de soporte de accionador ubicadas alrededor de la circunferencia de la pala en posiciones angulares adecuadas, tales como las indicadas en los ejemplos anteriores. Si se requiere, podría proporcionarse entonces el refuerzo de la pala en estas posiciones mediante vigas internas que conectan una posición de soporte a otra. Si tres salientes de soporte de accionador 66 están previstos a separaciones angulares de sustancialmente 180 grados entre sí, entonces pueden disponerse las vigas en una forma triangular. Si los salientes de soporte de accionador 66 se sitúan tal como se muestra en la figura 6, entonces puede proporcionarse un marco de refuerzo en forma de A.

Por medio del aparato y los métodos descritos anteriormente, se facilita el proceso de intercambio de un conjunto de rodamiento de raíz de pala. Sin embargo, se apreciará que es necesario que los accionadores 62 puedan sostener las palas 54 de manera extremadamente firme cuando se hace descender la pala. Sin un sostén firme sobre la pala, será imposible sostener de manera estable la pala incluso frente a pequeñas ráfagas de viento. Para una pala de 30 toneladas o más, los accionadores usados deben por tanto proporcionar una elevación de quizás hasta 150 toneladas, aunque se apreciará que la cifra real requerida variará dependiendo de la práctica y el tamaño y peso de los componentes usados, así como los factores de seguridad de la operación de sustitución.

Aunque se describen tres accionadores en el ejemplo anterior, se apreciará que en ejemplos alternativos pueden usarse sólo uno o dos accionadores por pala, o incluso más de tres accionadores. En cada caso, lo más importante es la estabilidad del soporte para la pala cuando se separa la pala del buje, y el huelgo para el conjunto de rodamiento de raíz de pala cuando se retira. En el caso en el que sólo se usa un único accionador, puede mejorarse la estabilidad usando cables guía o cables de retención conectados entre la pala y la torre o el buje para sostenerlo en su sitio.

Aunque se han descrito los accionadores como accionadores que pueden fijarse de manera liberable, se apreciará que en ejemplos alternativos podrían unirse de manera permanente entre la pala y el buje.

Aunque se ha descrito la invención con referencia a llevar a cabo la reparación o el mantenimiento de un conjunto de rodamiento de raíz de pala, la invención no se limita a esto, ya que se apreciará que la disposición de accionadores entre el buje y la sección de soporte de pala permite que se trabaje sobre otros aspectos de la superficie de contacto de buje-pala.

Aunque se ha descrito que los puntos de unión forman una sección de soporte de pala, se apreciará que esto pretende referirse sólo a la sección de la pala en la que están ubicados los puntos de unión, y podría englobar el caso en el que sólo están previstas tres abrazaderas de punto de unión en la superficie de la pala, o bien igualmente espaciadas alrededor de la circunferencia en una disposición triangular, o bien el caso en el que los puntos de unión están ubicados hacia un lado de la circunferencia de la pala únicamente de tal manera que puede considerarse que

el anillo se suscribe sólo a un segmento parcial de la circunferencia de un círculo.

Además, aunque los ejemplos de la invención que se describieron anteriormente muestran una turbina eólica de eje horizontal de tres palas, la invención no se limita a tales turbinas eólicas y también podría usarse con turbinas eólicas que tienen cualquier número de palas, y también con turbinas eólicas de eje vertical.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de retirada de rodamiento de raíz de pala de turbina eólica, que comprende:
una pala de turbina eólica (54) que comprende:
un cuerpo de pala (55), que tiene una parte de raíz de pala y una parte de punta de pala; y
5 una sección de soporte de pala (64) conectada a la parte de raíz de pala, en el que la sección de soporte de pala comprende:
puntos de unión (66) para montar una pluralidad de accionadores (62) entre la pala y el buje de rotor (50) de una turbina eólica al que está unida la pala; y
10 una estructura de soporte para reforzar la parte de raíz de pala en las proximidades de los puntos de unión (66) de tal manera que la pala puede estar suspendida por la pluralidad de accionadores (62) y la sección de soporte de pala, de un buje de rotor de turbina eólica,
comprendiendo además el aparato uno o más puntos de unión (60) provistos en el buje de rotor de turbina eólica (50), correspondiendo cada punto de unión (60) respectivo a un punto de unión (66) respectivo en la sección de soporte de pala (64); y
15 una pluralidad de accionadores (62) montados entre uno de los puntos de unión (60) en el buje y el punto de unión (66) correspondiente en la pala de turbina eólica, teniendo los accionadores (62) una posición accionada en la que la pala de turbina eólica está soportada en una posición separada del buje de rotor de turbina eólica,
20 caracterizado por que los puntos de unión (66) de la pala están ubicados en la superficie externa del cuerpo de pala (55) para crear un huelgo para facilitar la retirada del conjunto de rodamiento de raíz de pala.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que la estructura de soporte es una brida anular conectada al extremo del cuerpo de pala (55) en la parte de raíz de pala, y en el que la sección de soporte de pala (64) tiene una pluralidad de conectores para realizar una conexión segura y liberable a un conjunto de rodamiento de raíz de pala (58).
- 25 3. Aparato según la reivindicación 2, en el que la sección de soporte de pala (64) comprende una riostra de refuerzo (70), ubicada dentro de la circunferencia de la brida anular.
4. Aparato según la reivindicación 3, en el que la riostra de refuerzo (70) comprende un punto de unión de cable.
- 30 5. Aparato según la reivindicación 1, en el que la sección de soporte de pala (64) comprende una pluralidad de abrazaderas de punto de unión (66) ubicadas en la superficie del cuerpo de pala.
6. Aparato según la reivindicación 5, en el que la estructura de soporte comprende un elemento de marco que comprende una pluralidad de radios de refuerzo (86) conectados dentro de la circunferencia interna del cuerpo de pala (55) en la parte de raíz de pala.
- 35 7. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que un lado de la sección de soporte de pala (64) se deja sustancialmente libre de puntos de unión (66).
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que todos los puntos de unión (66) están ubicados dentro de un arco de 180 grados alrededor de la circunferencia de la sección de soporte de pala (64).
9. Aparato según la reivindicación 7, en el que todos los puntos de unión (66) están ubicados dentro de un arco de 200 grados alrededor de la circunferencia de la sección de soporte de pala (64).
- 40 10. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que la sección de soporte de pala (64) comprende tres puntos de unión (66).
11. Aparato según la reivindicación 4, en el que la riostra de refuerzo (70) está situada dentro de la sección de soporte de pala (64) de tal manera que cuando se une un cable al punto de unión de cable, la pala adopta un ángulo inclinado con respecto a la torre (2), facilitando la conexión del conjunto de rodamiento de raíz de pala (58) al buje de turbina eólica (50).
- 45 12. Aparato de soporte de buje de pala de turbina eólica según la reivindicación 1, en el que los accionadores (62) son arietes hidráulicos o neumáticos.
13. Método de sustitución de un conjunto de rodamiento de raíz de pala (58) en una turbina eólica, en el que al menos una pala de turbina eólica (54) está conectada a un buje de rotor de turbina eólica (50) mediante un

- 5 conjunto de rodamiento de raíz de pala (58), teniendo la pala de turbina eólica una sección de soporte de pala (64) ubicada en la parte de raíz de pala de la pala que comprende puntos de unión (66) para montar una pluralidad de accionadores (62) entre la pala y el buje de rotor de la turbina eólica al que está unida la pala, y en el que un lado de la sección de soporte de pala (64) se deja sustancialmente libre de puntos de unión (66), y los puntos de unión (66) de la pala están ubicados en la superficie externa del cuerpo de pala (55),
- comprendiendo el método:
- unir una pluralidad de accionadores (62) entre los puntos de unión (60, 66) respectivos en el buje de rotor de turbina eólica (50), y en la sección de soporte de pala (64);
- 10 liberar la conexión entre el buje de rotor de turbina eólica (50) y el rodamiento de raíz de pala de turbina eólica (58);
- activar el uno o más accionadores (62) para separar el rodamiento de raíz de pala de turbina eólica (58) del buje de turbina eólica (50);
- 15 y retirar el conjunto de rodamiento de raíz de pala (58) mientras que la pala (54) está suspendida del buje (50) en el uno o más accionadores, a través del lado de la sección de soporte de pala (64) que se deja sustancialmente libre de puntos de unión (66).
14. Método según la reivindicación 13, que comprende poner la pala de turbina eólica (54) en contacto con el buje de rotor de turbina eólica (50) de tal manera que la pala puede ser conectada al buje de rotor de turbina eólica usando un cable unido a una estructura de soporte de refuerzo provista para la pala de
- 20 turbina eólica.
15. Turbina eólica que comprende el aparato de soporte de buje de pala de turbina eólica según las reivindicaciones 1 a 12.

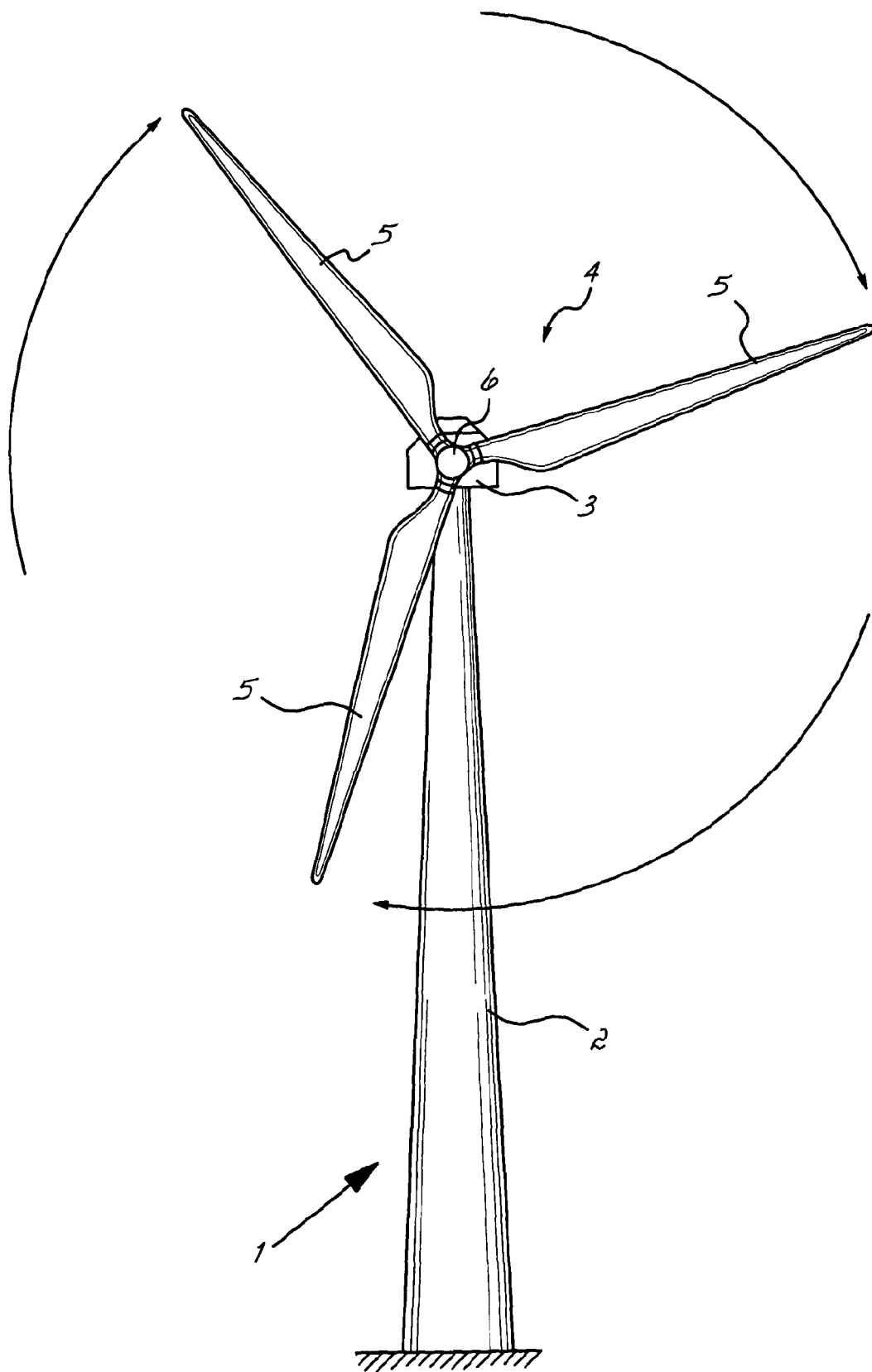


FIG. 1

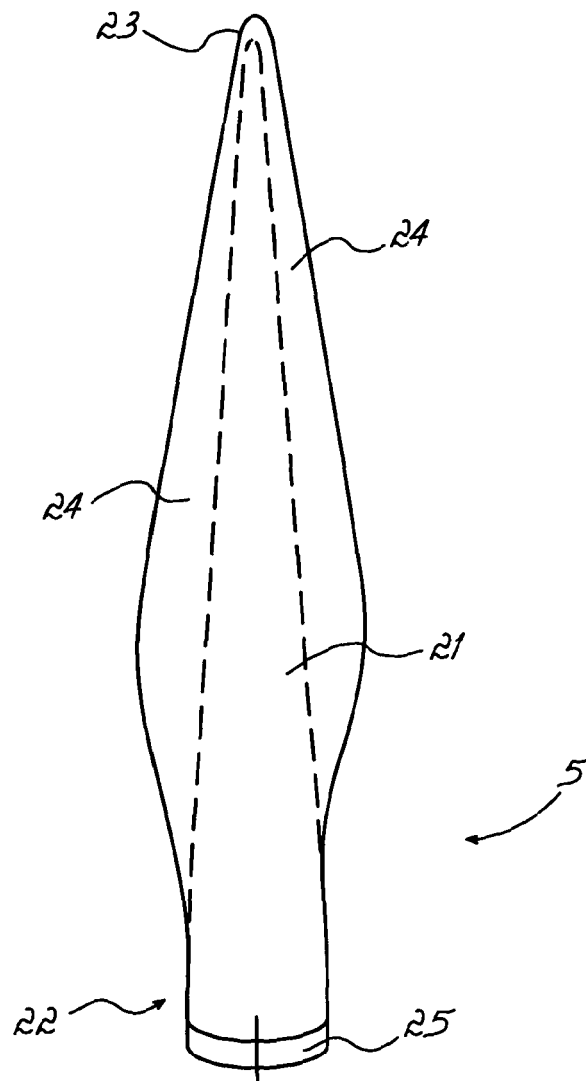


FIG. 2

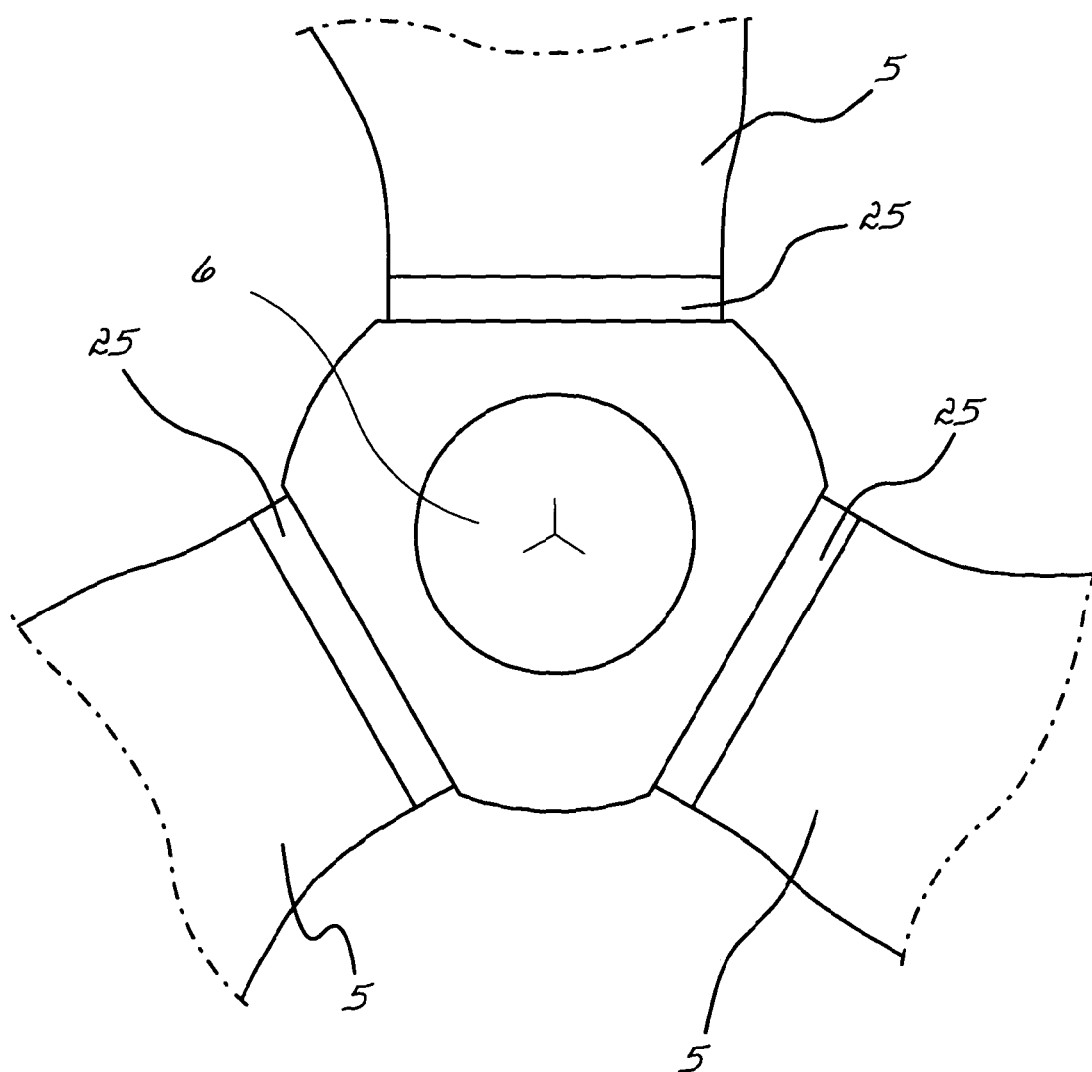


FIG. 3

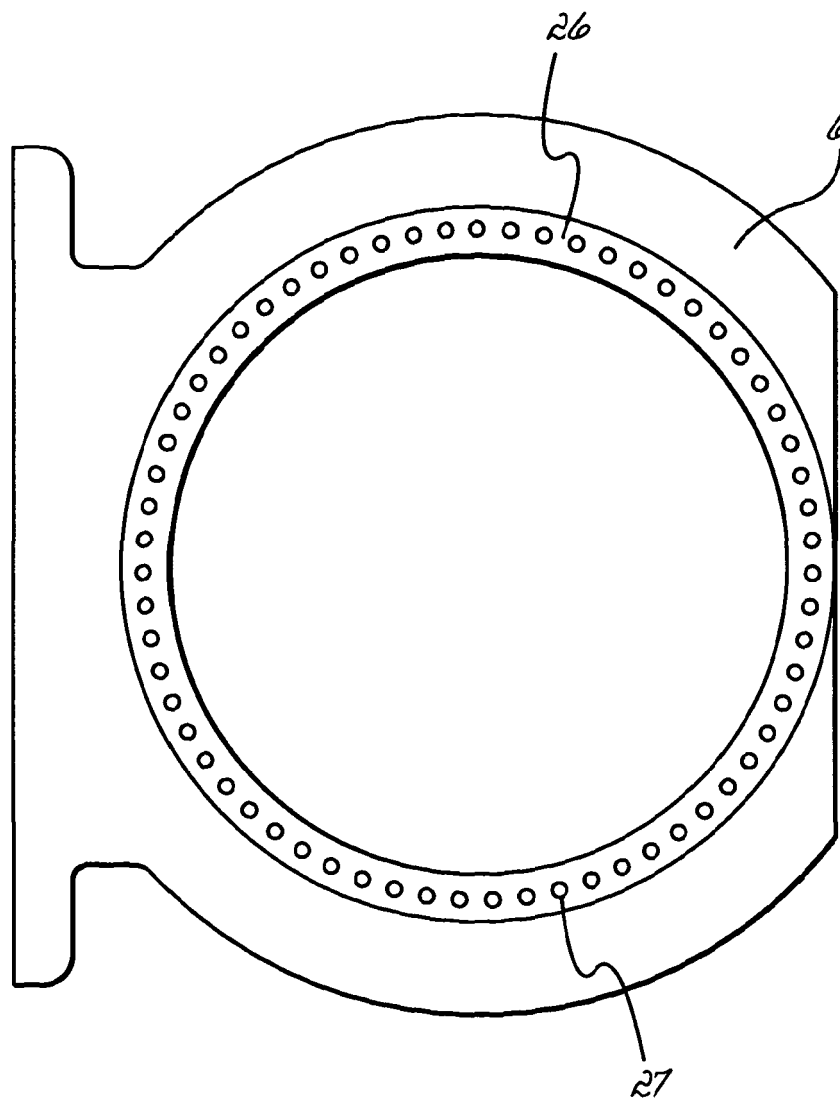


FIG. 4

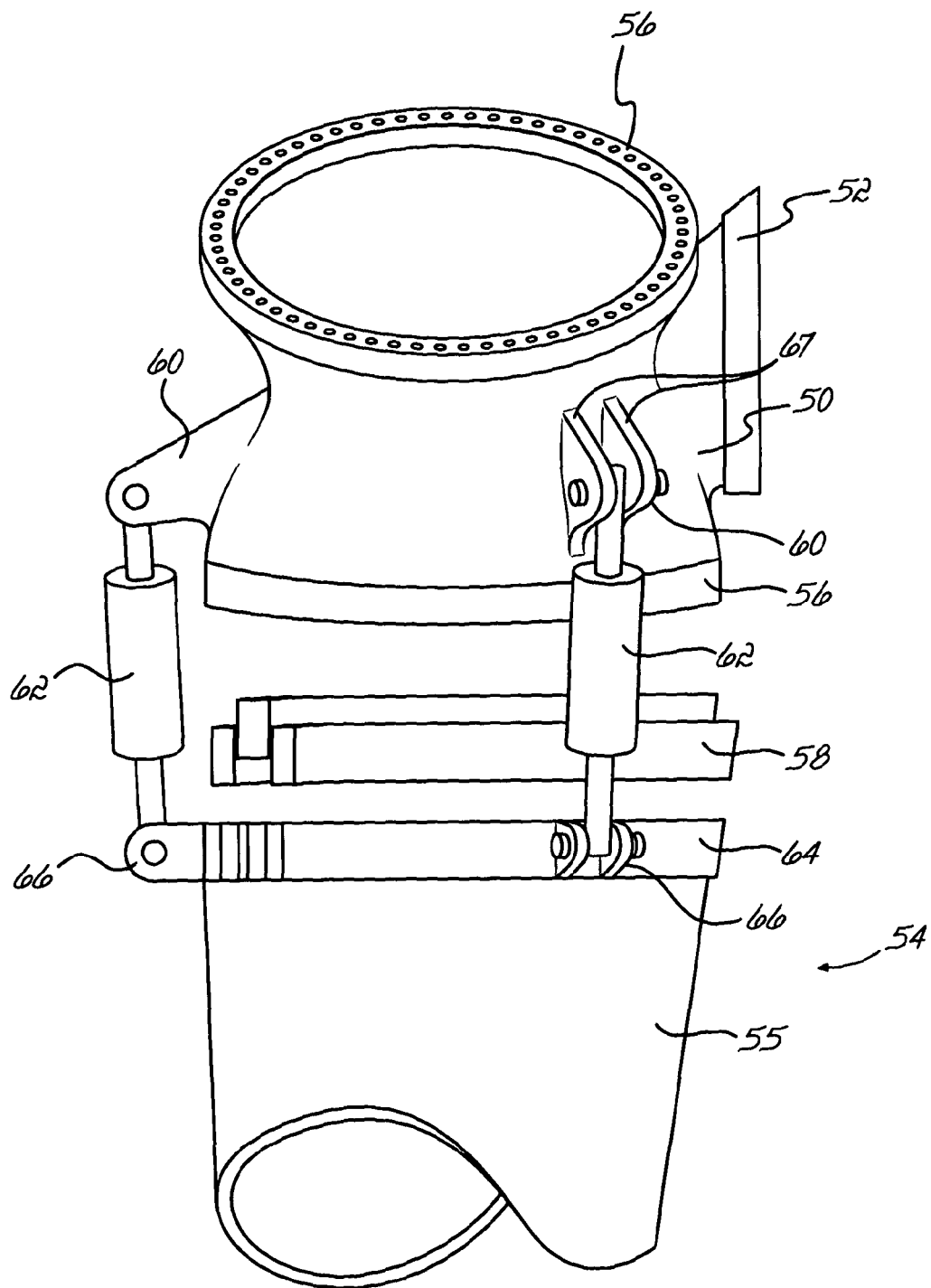


FIG. 5

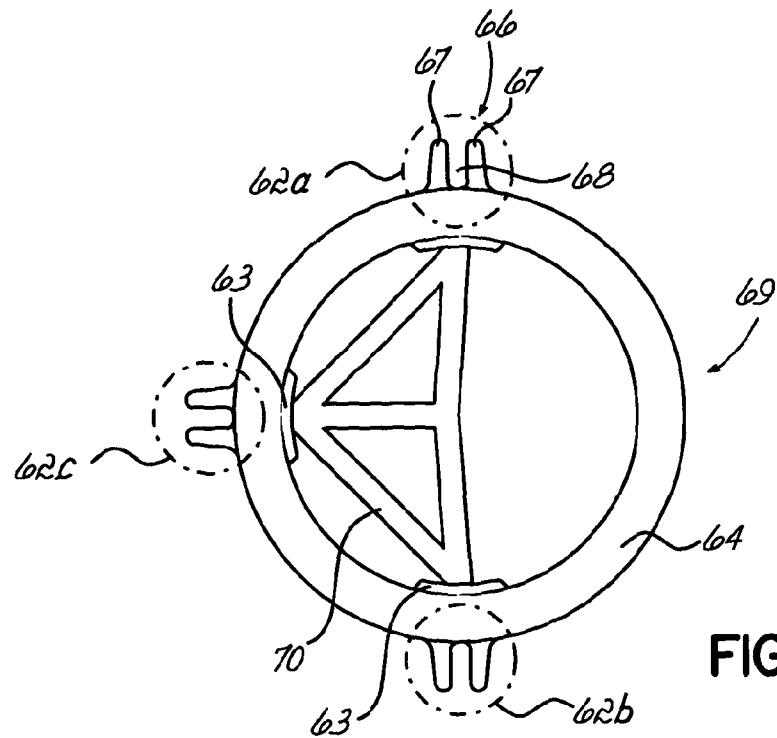


FIG. 6

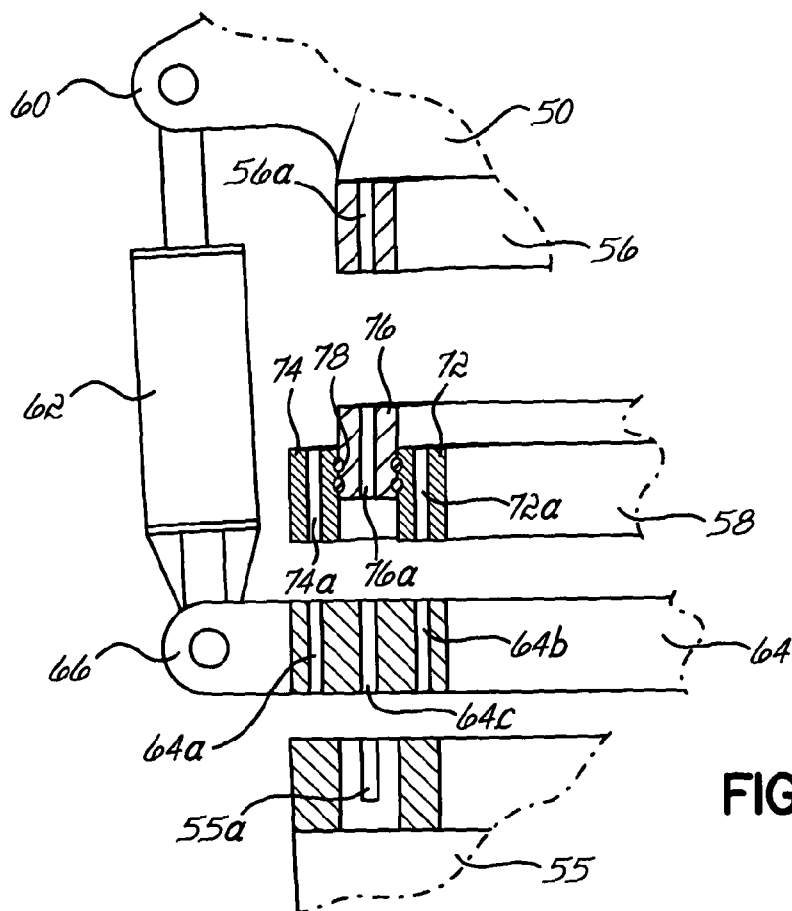


FIG. 7

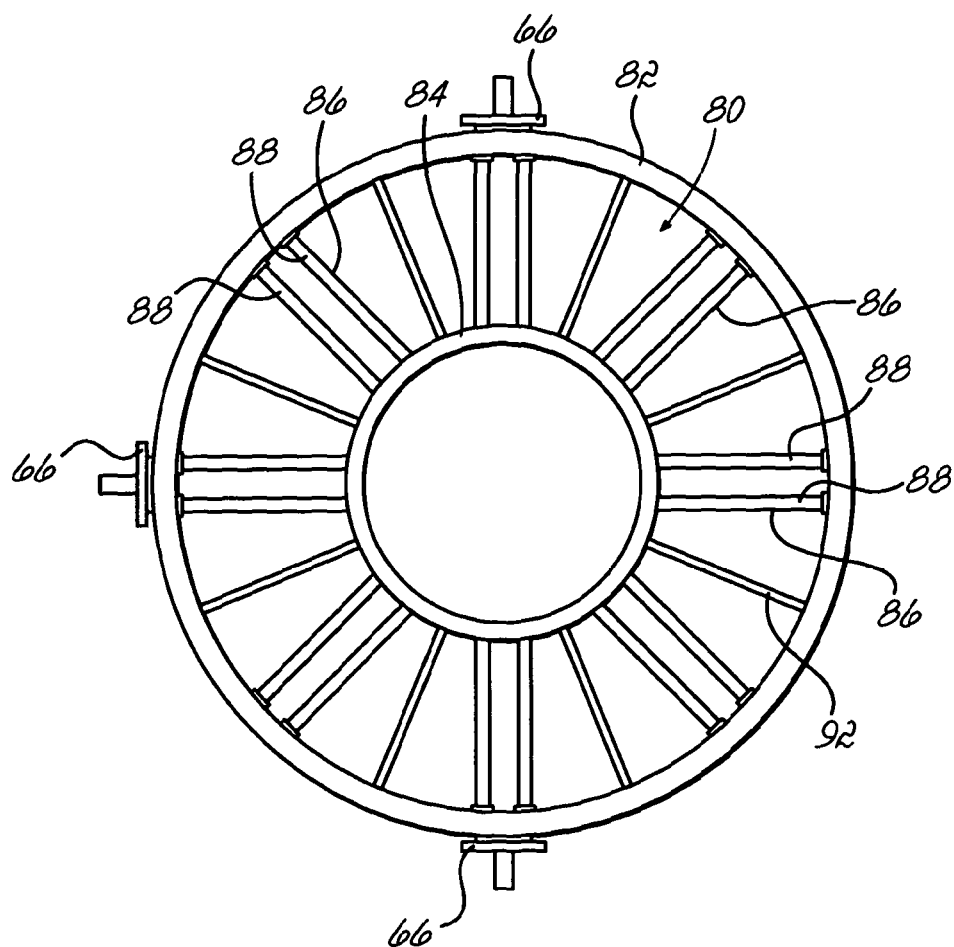


FIG. 8

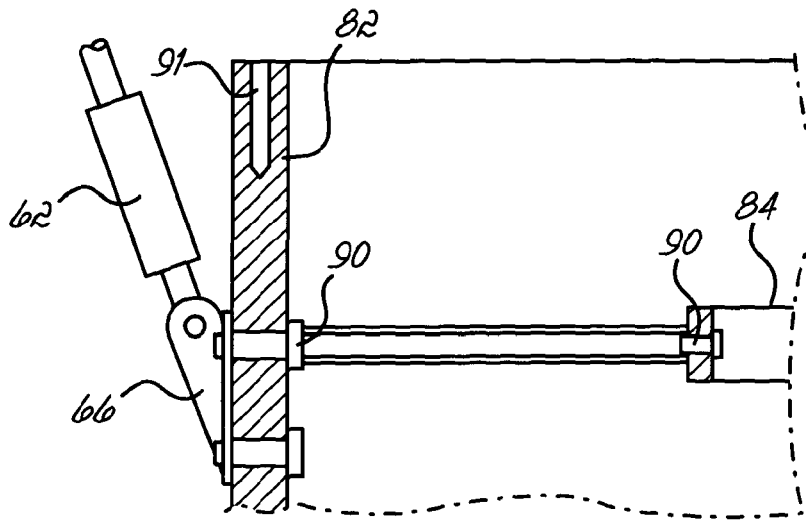


FIG. 9

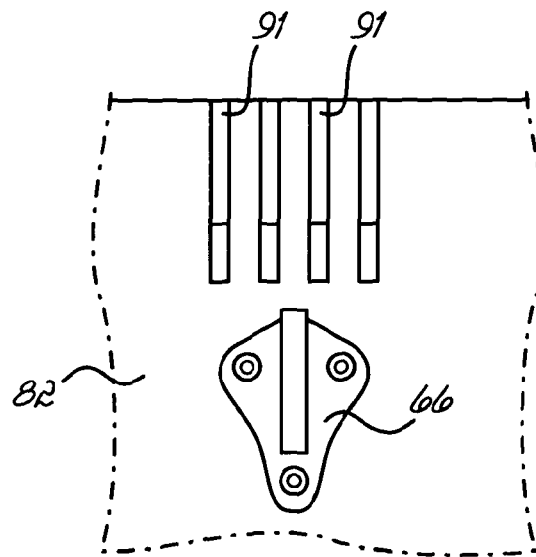


FIG. 10