

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 952 861**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 13/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2017** **E 17382609 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2023** **EP 3456957**

54 Título: **Sistema de contrapeso para la instalación de palas de turbinas eólicas de buje equilibrado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.11.2023

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

NEUMANN, ULRICH WERNER;
SUNYAK, RYAN MICHAEL;
VOSSLER, ALEXANDER WILLIAM;
DANIELSEN, DARREN JOHN y
TOMAS, SANTIAGO

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 952 861 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema de contrapeso para la instalación de palas de turbinas eólicas de buje equilibrado

- 5 **[0001]** La presente materia se refiere en general a las turbinas eólicas y, más en particular, a los sistemas de contrapeso que pueden llenarse con fluidos y a los métodos para instalar palas individuales en un buje giratorio equilibrado utilizando los sistemas de contrapeso.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 **[0002]** En general, las turbinas eólicas modernas se utilizan para suministrar electricidad a la red eléctrica. Las turbinas eólicas constan generalmente de una torre y un rotor dispuesto sobre la torre. El rotor, que suele constar de un buje y una pluralidad de palas, se pone en rotación bajo la influencia del viento sobre las palas. Dicha rotación genera un par que normalmente se transmite a través de un eje del rotor a un generador, ya sea directamente o mediante el uso de una caja de engranajes. De este modo, el generador produce electricidad que puede
- 15 suministrarse a la red eléctrica.

- [0003]** Durante la instalación, una o varias palas deben montarse en el buje de la turbina eólica. El buje comprende generalmente una pluralidad de bridas de montaje anulares con aberturas y/o una pluralidad de superficies preparadas para la sujeción, sustentación o manipulación. La pala puede incluir una pluralidad de elementos de fijación, como pernos, pasadores o espárragos en su raíz. Durante la instalación, estos elementos de fijación deben encajarse en las aberturas de las bridas de montaje.
- 20

- [0004]** Las palas pueden instalarse de diversas maneras, por ejemplo, de forma sustancialmente vertical o sustancialmente horizontal o en otros ángulos inclinados. En particular, en las turbinas eólicas marinas, montar una pala desde encima del buje puede ser muy complicado, o al menos requerir una enorme grúa y una barcaza jack-up. Por lo tanto, este método de instalación puede resultar muy caro y, dependiendo de la profundidad del mar, del tamaño de las palas y de la altura del buje, puede ser sencillamente imposible.
- 25

- [0005]** Se sabe que es posible elevar un conjunto de rotor completo, es decir, el buje con las palas, y montarlo, por ejemplo, en la góndola. Pero para montar un conjunto de rotor completo se necesita una gran superficie, que no suele estar disponible en el caso de las turbinas eólicas marinas.
- 30

- [0006]** También es conocido montar un conjunto de rotor incompleto en la góndola, por ejemplo, el buje con dos palas y, posteriormente, montar la pala restante. En estos casos, el rotor con las dos palas se monta normalmente con las dos palas apuntando hacia arriba, es decir, la configuración de "orejas de conejo". De este modo, no es necesario hacer girar el rotor de la turbina eólica, ya que la tercera pala puede montarse verticalmente desde abajo. Sin embargo, para poder realizar estas operaciones, la velocidad del viento predominante tiene que estar por debajo de un valor predeterminado durante un periodo de tiempo prolongado. El periodo de tiempo depende de la duración prevista de la etapa de instalación y de un factor de seguridad que hay que tener en cuenta. Durante ciertas estaciones, rara vez se dispone de ventanas de varias horas en las que el viento no alcance el valor predeterminado. En la práctica, esto puede significar que el personal y el equipo de mantenimiento, incluidas, por ejemplo, las costosas grúas y las barcas jack-up, pueden estar en espera durante días o incluso semanas. Esto puede representar un coste enorme.
- 35
- 40

- [0007]** Se sabe que es posible montar cada una de la pluralidad de palas sustancialmente en horizontal o sustancialmente en vertical. Esto significa que las etapas individuales de montaje pueden requerir menos tiempo y/o pueden realizarse con vientos más fuertes, aumentando así las ventanas de tiempo disponibles para el montaje. Sin embargo, estos métodos requieren la rotación del buje entre el montaje de una pala y otra. Para colocar correctamente el buje, se requiere un par de torsión para girar el rotor de la turbina eólica después de montar una pala con el fin de montar la siguiente. Cuando no se han montado todas las palas en el buje, éste no está equilibrado, por lo que el peso de una o varias palas tiene que ser soportado hacia arriba al girar el buje. Por tanto, el par correspondiente puede ser muy elevado. En este método, las palas individuales se montan en posición horizontal, tras lo cual es necesario girar el rotor 120 grados para colocar el eje en posición de instalar la siguiente pala. Este proceso debe repetirse dos veces para terminar la instalación. Tradicionalmente, la rotación del buje se realiza haciendo retroceder el tren de transmisión y utilizando así la relación de la caja de engranajes. A medida que las palas se han ido haciendo más largas y pesadas, la carga estática combinada, impuesta por la masa de la pala y la ubicación del centro de gravedad, más las cargas aerodinámicas, imponen un par a la caja de engranajes que supera las cargas extremas para las que está diseñada la caja de engranajes. La solución trivial sería diseñar la caja de engranajes para soportar estas cargas, pero eso añade coste y peso a la turbina eólica.
- 45
- 50
- 55
- 60

- [0008]** El par para hacer girar el buje también puede suministrarse utilizando la caja de engranajes (cuando esté presente) con una fuente de potencia externa para hacer girar el rotor. Este sistema puede utilizarse en combinación con un pasador de bloqueo en una cerradura de rotor para mantener el rotor en la posición deseada para su instalación. Esto no es posible en el caso de las turbinas eólicas de accionamiento directo, ya que no hay
- 65

caja de engranajes entre el rotor y el generador. Aunque el generador pueda funcionar como motor, por lo general no será capaz de proporcionar el par necesario para hacer girar el buje, especialmente cuando éste está desequilibrado, es decir, cuando se ha montado al menos una pala, pero no todas. En el documento DE 10 2009 011 603 se muestra un ejemplo de sistema de contrapeso para montar una pala del rotor en un buje giratorio equilibrado de una turbina eólica.

[0009] Es objeto de la presente divulgación proporcionar métodos y sistemas que reduzcan, al menos parcialmente, uno o varios de los inconvenientes antes mencionados, dando lugar a métodos mejorados de instalación de palas individuales de turbinas eólicas especialmente adecuados para turbinas eólicas de accionamiento directo y turbinas eólicas marinas de accionamiento directo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[00010] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden resultar obvios a partir de la descripción, o pueden aprenderse mediante la práctica de la invención.

[00011] En un aspecto, se da a conocer un sistema de contrapeso para montar una pala del rotor en un buje giratorio equilibrado de una turbina eólica según la reivindicación 1. El buje giratorio puede montarse en una góndola y tener al menos una región de raíz de pala configurada para recibir una raíz de pala de la pala del rotor, y tener también un sistema de pitch configurado para hacer girar la pala del rotor alrededor de un eje de pitch. The counterweight system can have at least one support structure having a proximal end spaced apart from a distal end with the proximal end mountable to at least one blade root region of the rotatable hub. La al menos una masa de contrapeso puede acoplarse al extremo distal de la al menos una estructura de soporte. La al menos una estructura de soporte puede disponerse sustancialmente paralela al eje de pitch, de manera que el sistema de pitch haga girar la masa de contrapeso alrededor del eje de pitch.

[00012] En otro aspecto, se divulga una turbina eólica que tiene una torre, una góndola montada encima de la torre, un generador acoplado a un bastidor principal dentro de la góndola y un sistema de contrapeso descrito anteriormente.

[00013] En otro aspecto, se da a conocer un método de montaje individual de al menos una pala en un buje giratorio equilibrado de una turbina eólica utilizando al menos un sistema de contrapeso descrito anteriormente, que tiene las etapas de: acoplar un bloqueo del rotor para detener la rotación de un buje giratorio equilibrado; instalar una primera pala en una primera región de la raíz de la pala del buje giratorio equilibrado, la primera pala posicionada en dirección horizontal; desacoplar el bloqueo del rotor de modo que el rotor haga girar libremente el buje giratorio para posicionar la primera pala en dirección vertical descendente; instalar un primer sistema de contrapeso en una tercera región de la raíz de la pala del buje giratorio, el primer sistema de contrapeso no contiene fluido; instalar un segundo sistema de contrapeso en una segunda región de la raíz de la pala del buje giratorio, el segundo sistema de contrapeso no contiene fluido; llenar al menos parcialmente el primer sistema de contrapeso con fluido hasta que el buje giratorio se equilibre y haga girar un centro de masa de contrapeso del segundo sistema de contrapeso más allá de la dirección vertical ascendente en el lado opuesto de la primera pala; llenar al menos parcialmente el segundo sistema de contrapeso con fluido mientras se vacía simultáneamente al menos parcialmente el primer sistema de contrapeso para hacer girar libremente el buje giratorio equilibrado hasta que el segundo sistema de contrapeso alcance una posición horizontal; accionar el bloqueo del rotor para detener la rotación del buje giratorio equilibrado, desinstalando el segundo sistema de contrapeso de la región de la raíz de la segunda pala; instalar una segunda pala en la región vacía de la raíz de la segunda pala del buje giratorio, la segunda pala colocada en dirección horizontal; llenar el primer sistema de contrapeso con líquido hasta que el buje giratorio esté equilibrado; girar el buje giratorio equilibrado hasta que el primer sistema de contrapeso esté en posición horizontal; accionar el bloqueo del rotor para detener la rotación del buje giratorio equilibrado; desinstalar el primer sistema de contrapeso de la tercera región de la raíz de la pala; instalar una tercera pala en la tercera región vacía de la raíz de la pala del buje giratorio, la tercera pala colocada en dirección horizontal; y desacoplar el bloqueo del rotor para que el rotor equilibrado pueda girar libremente con las tres palas acopladas.

[00014] Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se comprenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de esta especificación, ilustran realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[00015] Una divulgación completa y habilitante de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto ordinario en la materia, se expone en la especificación, que hace referencia a las figuras anexas, en las que:

La FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de una turbina eólica terrestre de construcción convencional;

La FIG. 2 ilustra una perspectiva interna de una góndola que tiene un tren de transmisión accionado por engranajes y un buje giratorio;

La FIG. 3 ilustra una vista lateral interna de una parte de una realización de la góndola;

Las FIGS. 4 y 5 ilustran vistas frontales de realizaciones de sistemas de contrapeso instalados en bujes giratorios;

Las FIGS. 6-16 ilustran una realización de etapas del método para montar individualmente al menos una pala en un buje giratorio equilibrado utilizando al menos un sistema de contrapeso y fluido extraíble.

[00016] El uso repetido de caracteres de referencia en la presente especificación y en los dibujos pretende representar características o elementos iguales o análogos de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[00017] A continuación se hará referencia en detalle a las realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la misma. De hecho, será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden utilizarse con otra realización para obtener una realización aún mayor. Así pues, se pretende que la presente invención abarque las modificaciones y variaciones que entren dentro del ámbito de las reivindicaciones anexas.

[00018] En general, la presente materia divulga un método y un dispositivo para la instalación de una sola pala en una turbina eólica que elimina la necesidad de un engranaje de giro del rotor desequilibrado. El uso de un sistema de contrapeso y una masa de contrapeso, con la capacidad de llenar al menos parcialmente la masa de contrapeso con un fluido y/o porciones de masa sólida, y también girar una masa de fluido de contrapeso asimétrica alrededor del eje de pitch con el sistema de pitch, puede aumentar o disminuir el peso, y por tanto el par, en el buje para girar el rotor durante el conjunto o el mantenimiento. El método de montaje de las palas ofrece la posibilidad de hacer girar un rotor desequilibrado sin necesidad de utilizar un engranaje de giro del rotor desequilibrado, eliminando así la tensión y la carga sobre el tren motriz. La mayor parte del accionamiento se realiza por gravedad utilizando masa variable y giratoria fluida o sólida en el sistema de contrapeso. Este método es especialmente valioso en las máquinas de transmisión directa, en las que es intrínsecamente difícil realizar la rotación de los grandes rotores.

[00019] El aumento de la altura de las torres y de las masas de las palas hace que la sustentación completa del rotor (bujes y tres palas) sea cada vez más impracticable o incluso imposible. Por lo tanto, el rotor tiene que sustentarse en el aire elevando primero el buje hasta el cabezal de la máquina e instalando después cada pala individualmente. La posición más cómoda y segura para elevar una pala es en posición horizontal con el lado de aspiración hacia abajo, utilizando a veces bastidores de sustentación. Una vez instalada la primera pala, es necesario girar el buje 120 grados para colocar el siguiente eje de la segunda pala..

[00020] Refiriéndonos ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de una turbina eólica 10 de construcción convencional. Como se muestra, la turbina eólica 10 incluye una torre 12 que se extiende desde una superficie de apoyo 14, una góndola 16 montada en la torre 12, y un rotor 18 acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje giratorio 20 y al menos una pala 22 acoplada al buje 20 y que se extiende hacia el exterior. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el rotor 18 incluye tres palas 22. No obstante, en una realización alternativa, el rotor 18 puede incluir más o menos de tres palas 22. Cada pala 22 del rotor puede estar espaciada alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 y permitir que la energía cinética se transfiera del viento a energía mecánica utilizable y, posteriormente, a energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 20 puede acoplarse de forma giratoria a un generador eléctrico 24 (FIG. 2) situado dentro de la góndola 16 para permitir la producción de energía eléctrica.

[00021] Refiriéndonos ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista interna simplificada de una realización de una góndola 16 de una turbina eólica 10. Como se muestra, un generador 24 puede estar dispuesto dentro de la góndola 16. En general, el generador 24 puede estar acoplado al rotor 18 de la turbina eólica 10 para producir potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 18. Por ejemplo, como se muestra en la realización ilustrada, el rotor 18 puede incluir un eje rotor 32 acoplado al buje 20 para girar con él. Un sistema de pitch 48 está situado dentro del buje giratorio 20 para hacer girar individualmente cada una de las palas 22 del rotor alrededor de su respectivo eje de pitch. El eje 32 del rotor puede, a su vez, estar acoplado giratoriamente a un eje 34 del generador, a veces denominado eje de alta velocidad (HSS), del generador 24 a través de una caja de engranajes 36 que tiene un eje de salida. Como suele entenderse, el eje del rotor 32 puede proporcionar una entrada de par elevado y baja velocidad a la caja de engranajes 36 en respuesta a la rotación de las palas del rotor 22 y el buje 20. A continuación, la caja de engranajes 36 puede estar configurada para convertir la entrada de par elevado y baja velocidad en una salida de par reducido y alta velocidad para accionar el eje del generador 34 (HSS) y, por lo tanto, el generador 24.

[00022] La FIG. 3 es una vista lateral interna de una parte de la góndola 16 de acuerdo con una realización de la presente invención. El conjunto de bancada 38 incluye el eje del rotor 32 con un primer extremo acoplado al buje giratorio 20 de la turbina eólica 10 (como se muestra en la FIG. 1). El eje del rotor 32 también incluye un extremo opuesto acoplado a la caja de engranajes 36. Un disco de bloqueo del rotor 40 está acoplado al primer extremo del eje del rotor 32. El disco de bloqueo del rotor 40 define una pluralidad de aberturas 46, cada una de las cuales se extiende a través del disco de bloqueo del rotor 40 y se sitúa circunferencialmente alrededor del disco de bloqueo del rotor 40. El conjunto de bancada 38 incluye además un bloqueo del rotor 42 en una sección inferior del conjunto de bancada 38 y hacia la sección frontal. El bloqueo del rotor 42 está configurado como un bloqueo del rotor de baja velocidad para detener y bloquear la rotación del eje del rotor 32 y de las palas del rotor 22 (mostradas en la FIG. 1) mediante la inserción de la porción puntiaguda 44 del bloqueo del rotor 42 dentro de cualquiera de las múltiples aberturas 46 del disco de bloqueo del rotor 40 durante el montaje y el mantenimiento de las palas de la turbina eólica 10.

[00023] Las FIGS. 4 y 5 ilustran realizaciones de un sistema de contrapeso 70 para montar individualmente una pala de rotor 22 en un buje giratorio equilibrado 20 de una turbina eólica 10. El buje giratorio 20 puede montarse en una góndola 16, y puede tener al menos una región de raíz de pala 51, 52, 53 configurada para recibir una raíz de pala de la pala 22 del rotor. El buje giratorio 20 también puede tener un sistema de pitch 48 configurado para hacer girar la pala del rotor 22 y el sistema de contrapeso 70 alrededor de un eje de pitch 50. El sistema de contrapeso 70 puede tener al menos una estructura de soporte 72 con un extremo proximal 74 separado de un extremo distal 76, siendo el extremo proximal 74 montable en al menos una región de la raíz de la pala 51, 52, 53 del buje giratorio 20. Al menos una masa de contrapeso 78 puede estar al menos parcialmente llena de fluido 80, estando la masa de contrapeso 78 acoplada al extremo distal 76 de la estructura de soporte 72. La estructura de soporte 72 puede estar dispuesta sustancialmente paralela al eje de paso 50 de manera que el sistema de paso 48 pueda hacer girar la masa de contrapeso 78 alrededor del eje de paso 50.

[00024] Cuando el sistema de cabeceo 48 hace girar la masa de contrapeso 78 alrededor del eje de cabeceo 50, el centro de masa 82 de la masa de contrapeso 78 puede variar en una dirección radial R, provocado por el reposicionamiento del fluido 80 o de la masa sólida de la masa de contrapeso 78 a medida que gira alrededor del eje de cabeceo 50, lo que cambia la longitud de un brazo de momento de la masa de contrapeso M alrededor de la línea central axial del buje giratorio 56, y por tanto el par sobre el buje giratorio 20. Dado que la línea central axial de la masa de contrapeso 58 no es perpendicular al eje de cabeceo 50, sino que está situada en un ángulo θ con respecto al eje de cabeceo 50, la rotación de cabeceo de la masa de contrapeso 78, y de cualquier masa sólida o fluida que contenga, variará de forma incremental el par en el buje giratorio 20 con el sistema de contrapeso 70 en cualquier posición angular del rotor, incluida la horizontal. El ángulo θ es generalmente un ángulo fijo en el rango de unos 30 grados a unos 89 grados, que proporciona una rotación no perpendicular del centro de masa del contrapeso 82 alrededor del eje de pitch 50. La rotación pitch de la masa de contrapeso 78 permite añadir o retirar pequeños incrementos de par del buje giratorio 56 para "afinar" la posición del buje durante el montaje de palas y sistemas de contrapeso, así como posicionar las aberturas 46 del disco de bloqueo del rotor 40 para bloquear el rotor con el bloqueo del rotor 42. Puede preverse un sistema de bombeo de fluido 86 para llenar y vaciar, al menos parcialmente, la al menos una masa de contrapeso 78. La forma general de la masa de contrapeso 78 puede ser al menos una de las siguientes: redonda, cilíndrica, cuadrada, rectangular, elíptica y combinaciones de las mismas.

[00025] Otra configuración estructural de un sistema de contrapeso 70 que puede proporcionar un par variable sobre el buje giratorio 20 durante la rotación del pitch consiste en subdividir la masa de contrapeso 78 en porciones individuales rellenables de fluido 84 o porciones de masa sólida 84, y combinaciones de las mismas, que se colocan a diferentes distancias de la línea central axial del buje giratorio 56, y llenar y vaciar progresivamente, al menos parcialmente, las porciones individuales rellenables de fluido 84 hasta obtener el equilibrio y la posición deseados del rotor. Puede proporcionarse un sistema de bombeo de fluido 86 para llenar y vaciar al menos parcialmente las porciones rellenables de fluido 84 de la masa de contrapeso 78. Además, con el buje giratorio 20 configurado para hacer girar una pluralidad de palas 22, y con la masa de contrapeso 78 sustancialmente igual a la masa de una pala 22, cada sistema de contrapeso puede simular el comportamiento de una única pala 22 montada en el buje giratorio 20.

[00026] Una configuración estructural que puede proporcionar un par variable en el buje giratorio 20, sin rotación del pitch, puede proporcionarse construyendo la estructura de soporte 72 para que sea, al menos parcialmente, telescópica, de tal forma que la distancia entre los extremos proximal 74 y distal 76 de la estructura de soporte 72 pueda modificarse. Esto moverá la línea central axial de la masa de contrapeso 58 en una dirección radial R para variar el par en el buje giratorio 20. Debe apreciarse que el efecto de par variable proporcionado por el ajuste de la distancia entre los extremos proximal 74 y distal 76 de la estructura de soporte 72 puede lograrse de muchas maneras, como acoplado la masa de contrapeso 78 a un sistema de raíles que permita posicionar de forma controlable la masa de contrapeso 78 a lo largo de la estructura de soporte 72. También debe apreciarse que el sistema de contrapeso 70 aquí divulgado puede utilizarse tanto en una turbina eólica accionada por caja de engranajes como en una turbina eólica de accionamiento directo, así como en cualquier equipo que tenga un buje giratorio con accesorios desmontables.

[00027] Las FIGS. 6 - 16 ilustran un método de montaje individual de al menos una pala 61, 62, 63 en un buje giratorio equilibrado 20 de una turbina eólica 10 utilizando al menos un sistema de contrapeso 64, 66 y un fluido extraíble 80, en el que el al menos un sistema de contrapeso 64, 66 está montado en al menos una región de raíz de pala 51, 52, 53 del buje giratorio 20 que tiene un sistema de pitch 48. Las etapas del método pueden incluir: acoplar un bloqueo de rotor 42 para detener la rotación de un buje giratorio equilibrado 20 e instalar una primera pala 61 en una primera región de raíz de pala 51 del buje giratorio equilibrado 20, la primera pala 61 colocada en dirección horizontal (véase la FIG. 6); a continuación, desenganchar el bloqueo del rotor 42 de modo que el rotor gire libremente el buje giratorio 20 para colocar la primera pala 61 en dirección vertical descendente (véase la FIG. 7); a continuación, instalar un primer sistema de contrapeso 64 en una tercera región de la raíz de la pala 53 del buje giratorio 20, sin que el primer sistema de contrapeso 64 contenga fluido (véase la FIG. 8); a continuación, instalar un segundo sistema de contrapeso 66 en una segunda región de la raíz de la pala 52 del buje giratorio 20, el segundo sistema de contrapeso 66 sin fluido (véase la FIG. 9); a continuación, llenar al menos parcialmente el primer sistema de contrapeso 64 con fluido 80 hasta que el buje giratorio 20 se equilibre y haga girar un centro de masa de contrapeso 82 del segundo sistema de contrapeso 66 más allá de la dirección vertical ascendente en el lado opuesto de la primera pala 61 (véanse las FIGS. 10 y 11); a continuación, llenar al menos parcialmente el segundo sistema de contrapeso 66 con fluido mientras se vacía simultáneamente el primer sistema de contrapeso 64 para hacer girar el buje giratorio 20 equilibrado hasta que el segundo sistema de contrapeso 66 alcance una posición horizontal.

[00028] Otras etapas del método pueden ser: accionar el bloqueo del rotor 42 para detener la rotación del buje giratorio equilibrado 20 (véase la FIG. 12); a continuación, desinstalar el segundo sistema de contrapeso 66 de la segunda región de la raíz de la pala 52, e instalar una segunda pala 62 en la segunda región de la raíz de la pala 52 vacía del buje giratorio, la segunda pala 62 colocada en dirección horizontal (véase la FIG. 13); a continuación, llenar al menos parcialmente el primer sistema de contrapeso 64 con fluido 80 hasta que el buje giratorio 20 esté equilibrado (es decir, cuando la masa del primer sistema de contrapeso 64 sea igual a la masa de una pala 63) (véase la FIG. 14); a continuación, girar el buje giratorio equilibrado 20 hasta que el primer sistema de contrapeso 64 se encuentre en posición horizontal y accionar el bloqueo del rotor 42 para detener la rotación del buje giratorio equilibrado 10 (véase la FIG. 15); a continuación, desinstalar el primer sistema de contrapeso 64 de la región de la raíz de la tercera pala 53, e instalar una tercera pala 63 en la región vacía de la raíz de la tercera pala 53 del buje giratorio 20, la tercera pala 63 colocada en dirección horizontal, y luego desenganchar el bloqueo del rotor 42 para que el rotor equilibrado quede libre para girar con las tres palas 61, 62, 63 acopladas (véase la FIG. 16).

[00029] Un método también puede incluir; accionar el sistema de pitch 48 para girar al menos uno de los sistemas de contrapeso primero y segundo 64, 66 alrededor de un eje de pitch 50 para variar al menos un centro de masa de contrapeso 78 82 en la dirección radial R cambiando la longitud de un brazo de momento de masa de contrapeso M alrededor de la línea central axial del buje giratorio 56, posicionando así el buje giratorio equilibrado 20 para su montaje y bloqueo. Otras etapas del método pueden incluir también; accionar un sistema de bombeo de fluido 86 para llenar y vaciar los sistemas de contrapeso primero y segundo 64, 66; y accionar la estructura de soporte 72, al menos parcialmente telescópica, de modo que se modifique una distancia entre los extremos proximal 74 y distal 76 de la estructura de soporte 72.

[00030] Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluido el mejor modo, y también para permitir a cualquier experto en la materia poner en práctica la invención, incluida la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier método incorporado. El alcance patentable de la invención se define en las REIVINDICACIONES.

Carácter de referencia	Componente
10	Turbina eólica
12	Torre
14	Superficie de apoyo
16	Góndola
18	Rotor
20	Buje giratorio
22	Palas del rotor
24	Generador eléctrico
26	Controlador de turbina
28	Dirección del viento

Carácter de referencia	Componente
30	Eje de orientación ("yaw axis")
32	Eje del rotor
34	Eje del generador
35	Eje de salida de la caja de engranajes
36	Caja de engranajes
38	Bancada
40	Disco de bloqueo del rotor
42	Bloqueo del rotor
44	Porción puntiaguda
46	Aberturas
48	Sistema de pitch
50	Eje de pitch
51	Región de la raíz de la primera pala
52	Segunda región de la raíz de la pala
53	Región de la raíz de la tercera pala
56	Línea central axial del buje giratorio
58	Línea central axial de la masa de contrapeso
61	Primera pala
62	Segunda pala
63	Tercera pala
64	Primer sistema de contrapeso
66	Segundo sistema de contrapeso
70	Sistema de contrapeso
72	Estructura de apoyo
74	Extremo proximal
76	Extremo distal
78	Masa de contrapeso
80	Fluido
82	Centro de masa
84	Porciones individuales rellenables de líquido
86	Sistema de bombeo de fluidos

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de contrapeso (70) para montar una pala de rotor (22) en un buje de rotor giratorio equilibrado (20) de una turbina eólica (10), el buje de rotor giratorio (20) montado en una góndola (16) y con al menos una región de raíz de pala configurada para recibir una raíz de pala de la pala de rotor, en el que el buje de rotor (20) es giratorio alrededor de una línea central axial (56) y un sistema de pitch (48) configurado para girar la pala de rotor (22) alrededor de un eje de pitch (50), el sistema de contrapeso (70) comprende;

al menos una estructura de soporte (72) que comprende un extremo proximal (74) separado de un extremo distal (76), el extremo proximal (74) montable en al menos una región de raíz de pala del buje giratorio del rotor (20),

al menos una masa de contrapeso (78) acoplada al extremo distal (76) de la al menos una estructura de soporte (72), la al menos una estructura de soporte (72) adecuada para estar dispuesta sustancialmente paralela al eje de pitch (50) de tal manera que el sistema de pitch (48) pueda girar la masa de contrapeso (78) alrededor del eje de pitch (50),

y la masa de contrapeso (78) es rellenable, al menos parcialmente, con fluido (80) o porciones de masa sólida,

en la que la masa de contrapeso está configurada para girar su centro de masa en una dirección radial con respecto a la línea central axial del buje del rotor, cuando la masa de contrapeso gira alrededor del eje de pitch reposicionando la masa fluida (80) o sólida de la masa de contrapeso (78) a medida que gira alrededor del eje de pitch (50) para cambiar la longitud de un brazo de momento de la masa de contrapeso alrededor de la línea central axial del buje giratorio, y en la que

una línea central axial (58) de la masa de contrapeso (78) no es perpendicular al eje de pitch (50) para proporcionar una rotación no perpendicular alrededor del eje de pitch (50) del centro de masa (82) de la masa de contrapeso.
2. El sistema de contrapeso (70) de la reivindicación 1, en el que una forma general de la masa de contrapeso (78) es al menos una de las siguientes: redonda, cilíndrica, cuadrada, rectangular, elíptica y combinaciones de las mismas.
3. El sistema de contrapeso (70) de la reivindicación 1, en el que la masa de contrapeso (78) está subdividida en al menos una de las porciones rellenables individualmente con fluido (84) o porciones de masa sólida y combinaciones de las mismas.
4. El sistema de contrapeso (70) de la reivindicación 1, en el que la estructura de soporte (72) es, al menos parcialmente, telescópica, de manera que puede modificarse la distancia entre los extremos proximal y distal (74, 76) de la estructura de soporte (72).
5. El sistema de contrapeso (70) de la reivindicación 1, comprende además un sistema de bombeo de fluido (86) para llenar y vaciar al menos parcialmente la al menos una masa de contrapeso (78).
6. Una turbina eólica (10), que comprende;

una torre (12);

una góndola (16) montada sobre la torre (12);

un generador (24) acoplado a un bastidor principal dentro de la góndola (16);

un sistema de contrapeso (70) según cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5.
7. La turbina eólica (10) de la reivindicación 6, en la que el buje giratorio del rotor (20) está configurado para hacer girar una pluralidad de palas (22), y en la que el producto de la masa del contrapeso (78) por el brazo de momento de la masa del contrapeso (M) es sustancialmente igual al producto de la masa de una sola pala (22) por el brazo de momento de la pala.
8. La turbina eólica (10) de la reivindicación 6, en la que la estructura de soporte (14) es, al menos parcialmente, telescópica, de manera que puede variarse la distancia entre los extremos proximal y distal (74, 76) de la estructura de soporte (14).
9. La turbina eólica (10) de la reivindicación 6, en la que la al menos una masa de contrapeso (78) es al menos parcialmente rellenable de fluido, y en la que la turbina eólica (10) comprende además un sistema de bombeo de fluido (86) para llenar y vaciar al menos parcialmente la al menos una masa de contrapeso (78).

10. La turbina eólica (10) de la reivindicación 6, en la que la turbina eólica (10) es una de las siguientes: una turbina eólica accionada por caja de engranajes o una turbina eólica de accionamiento directo.

11. Método de montaje individual de al menos una pala (22) en un buje de rotor giratorio equilibrado (20) de una turbina eólica (10) utilizando al menos un sistema de contrapeso (70) según la reivindicación 1, en el que el al menos un sistema de contrapeso (70) está montado en al menos una región de la raíz de la pala del buje de rotor giratorio (20) que tiene un sistema de pitch (48), comprendiendo el método:

Enganchar un bloqueo de rotor para detener la rotación de un buje de rotor giratorio equilibrado (20);

instalar una primera pala (61) en una región de la raíz de la primera pala del buje giratorio equilibrado del rotor (20), la primera pala (61) colocada en dirección horizontal;

desacoplar el bloqueo del rotor para que el rotor gire libremente el buje giratorio del rotor (20) para colocar la primera pala (61) en dirección vertical descendente;

Instalar un primer sistema de contrapeso (64) en una tercera región de la raíz de las palas del buje giratorio del rotor, sin que el primer sistema de contrapeso (64) contenga fluido;

Instalar un segundo sistema de contrapeso (66) en una segunda región de la raíz de las palas del buje giratorio del rotor (20), sin que el segundo sistema de contrapeso (66) contenga fluido;

llenar, al menos parcialmente, el primer sistema de contrapeso (64) con fluido hasta que el buje giratorio del rotor (20) se equilibre y haga girar un centro de masa de contrapeso (82) del segundo sistema de contrapeso (66) más allá de la dirección vertical ascendente en el lado opuesto de la primera pala (61); y,

Llenar al menos parcialmente de fluido el segundo sistema de contrapeso (66) mientras se vacía simultáneamente al menos parcialmente el primer sistema de contrapeso (64) para hacer girar libremente el buje del rotor equilibrado (20) hasta que el segundo sistema de contrapeso (66) alcance una posición horizontal.

12. El método de la reivindicación 11, que comprende además:

accionar el bloqueo del rotor para detener la rotación del buje giratorio equilibrado (20); desinstalar el segundo sistema de contrapeso (66) de la región de la raíz de la segunda pala; instalar una segunda pala (62) en la región vacía de la raíz de la segunda pala del buje giratorio (20), la segunda pala (62) colocada en dirección horizontal;

llenar al menos parcialmente el primer sistema de contrapeso (64) con fluido hasta que el buje del rotor giratorio (20) esté equilibrado;

Hacer girar el buje del rotor equilibrado (20) hasta que el primer sistema de contrapeso (64) se encuentre en posición horizontal;

accionar el bloqueo del rotor para detener la rotación del buje giratorio equilibrado del rotor (20); desinstalar el primer sistema de contrapeso (64) de la tercera región de la raíz de las palas;

instalar una tercera pala (63) en la región vacía de la raíz de la tercera pala del buje giratorio del rotor (20), la tercera pala (63) colocada en dirección horizontal; y

desacoplar el bloqueo del rotor de modo que el rotor equilibrado (20) quede libre para girar con las tres palas acopladas.

13. El método de la reivindicación 12, que comprende además accionar el sistema de pitch (48) para girar al menos uno de los sistemas de contrapeso primero y segundo (64, 66) alrededor de un eje de pitch (50) para variar al menos un centro de masa de contrapeso (82) en la dirección radial (R) cambiando así la longitud de un brazo de momento de masa de contrapeso (M) alrededor de la línea central axial (56) del buje giratorio del rotor (20), posicionando así el buje giratorio equilibrado del rotor (20) para su montaje y bloqueo.

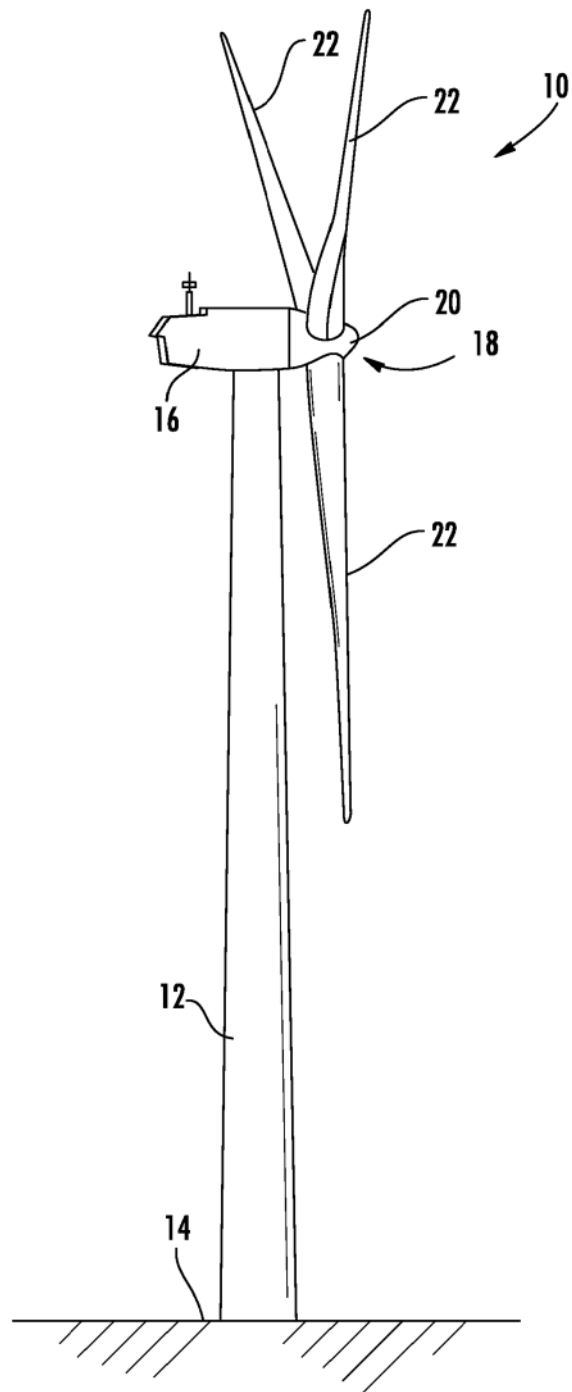


FIG. 1

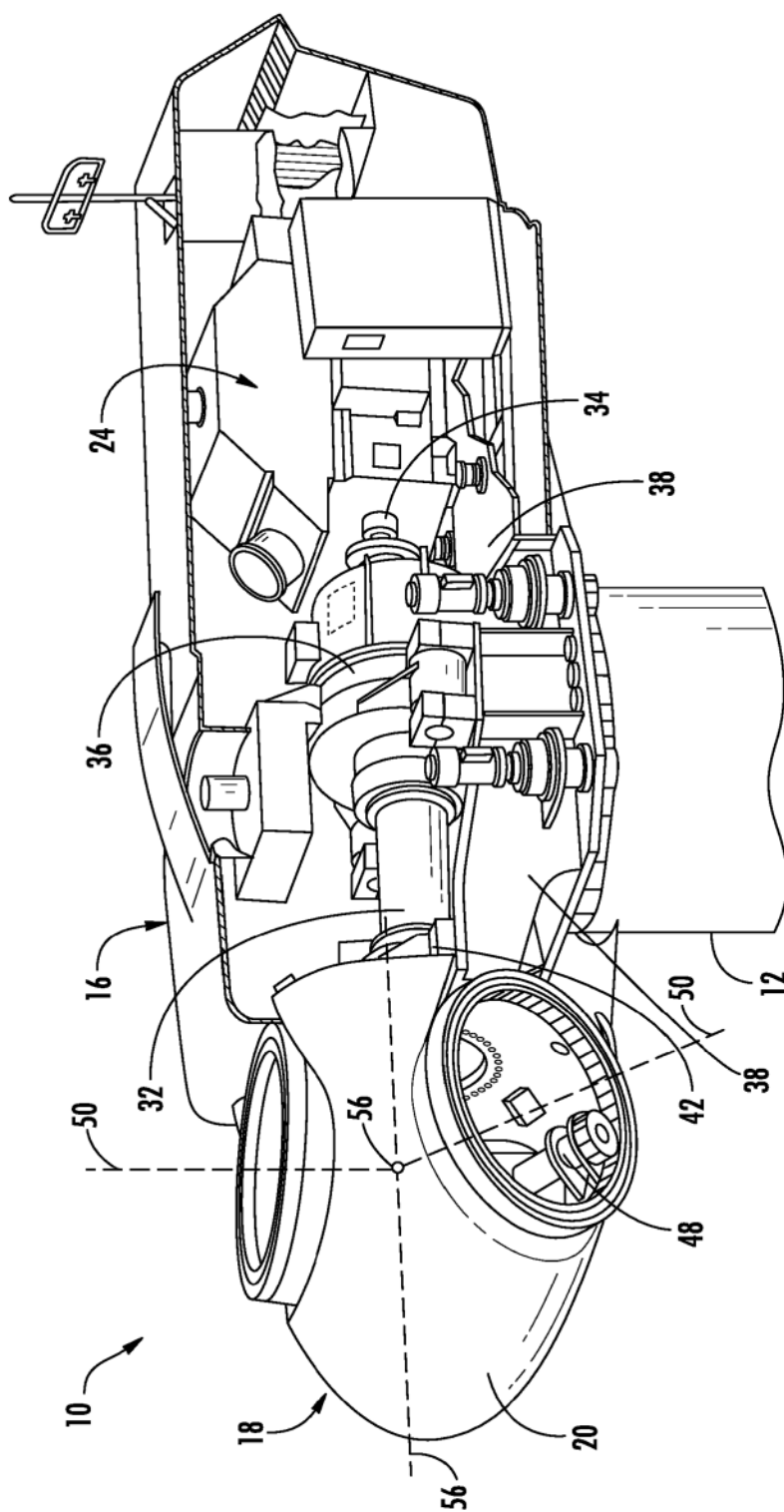


FIG. 2

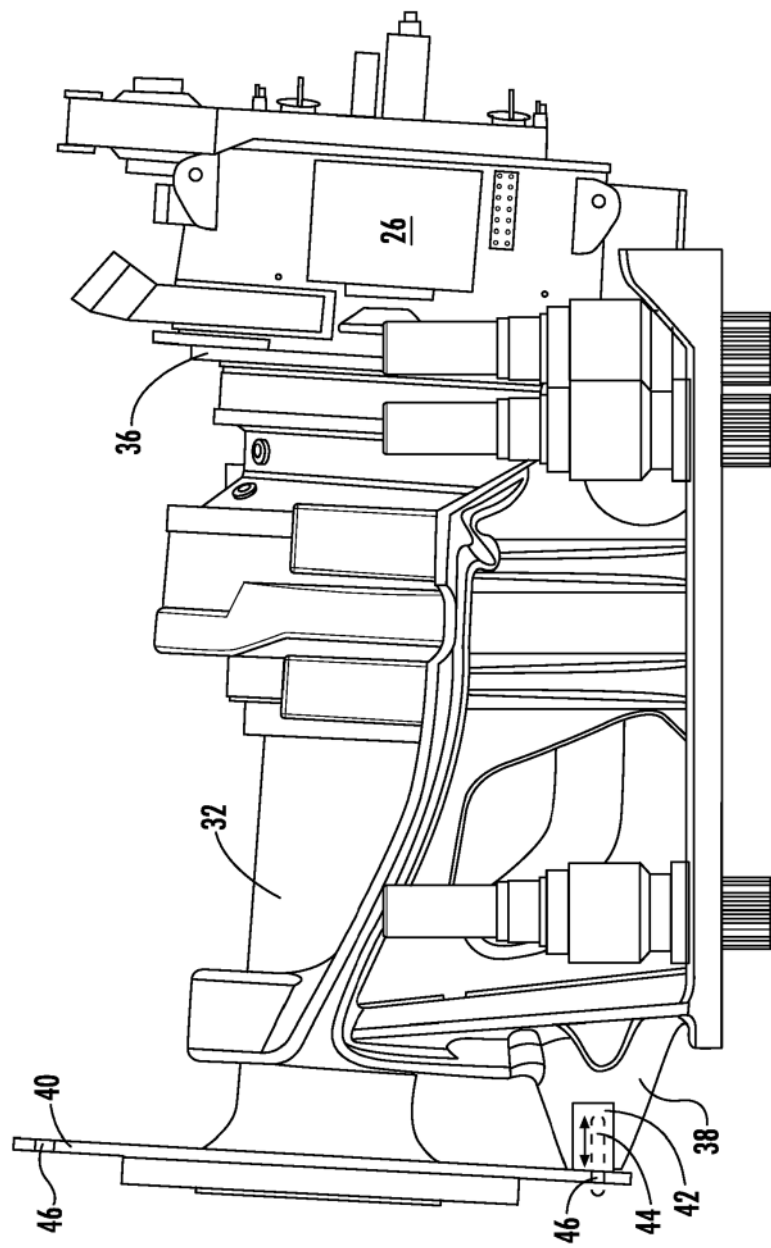
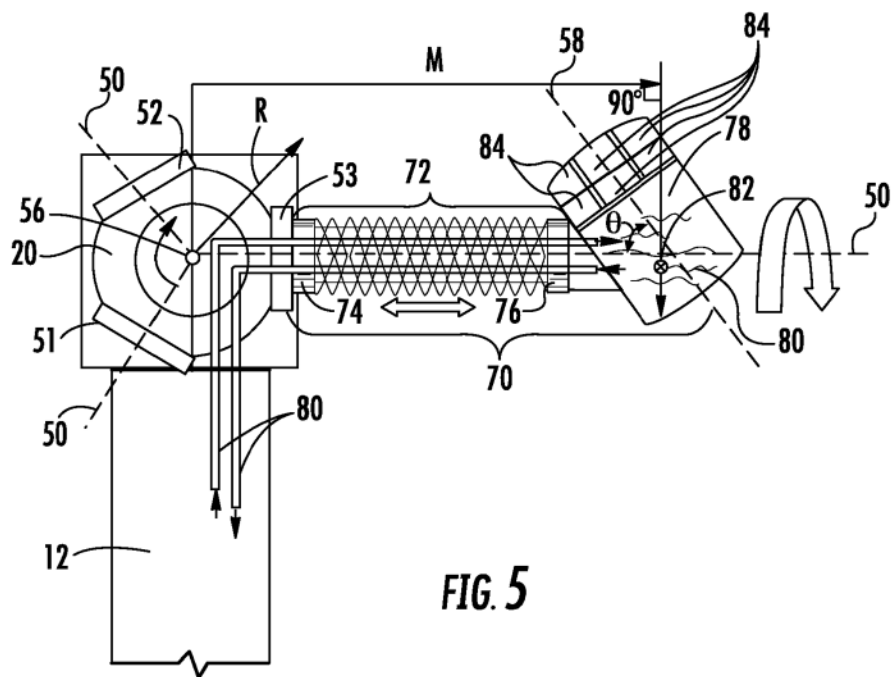
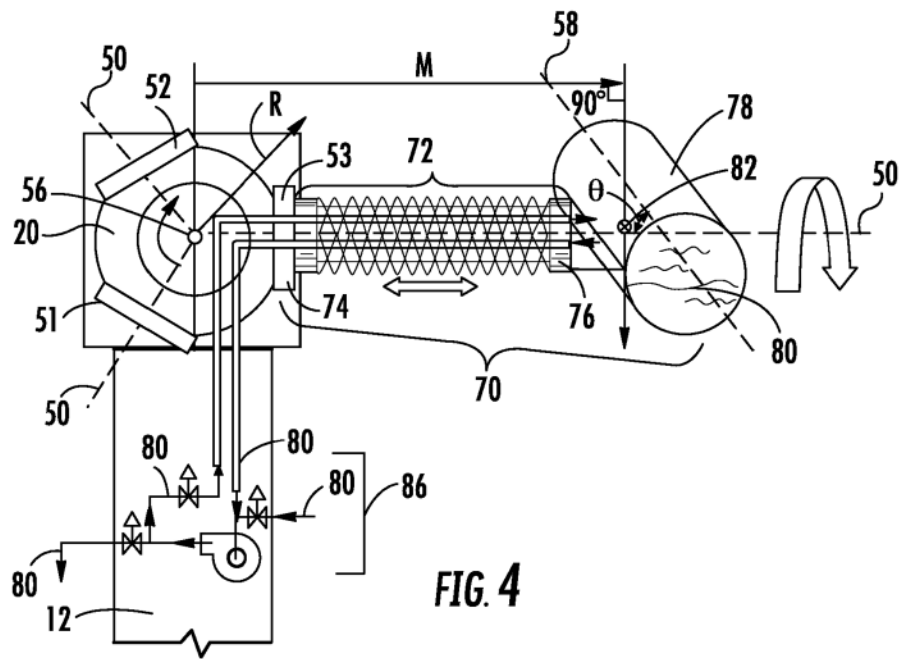


FIG. 3



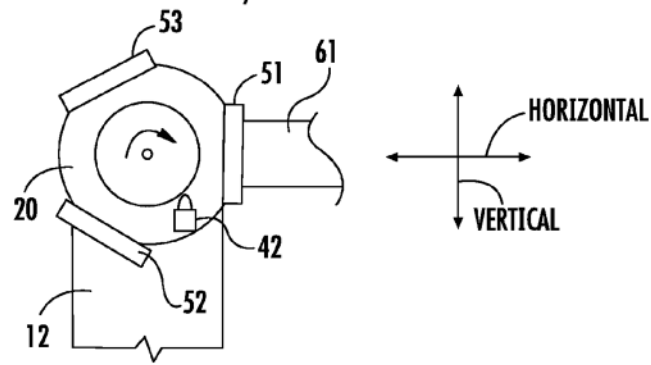


FIG. 6

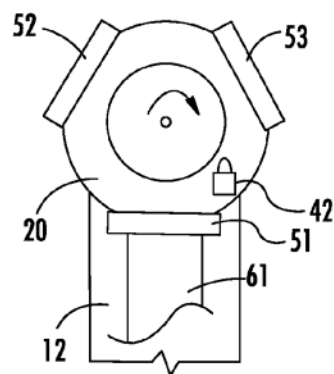


FIG. 7

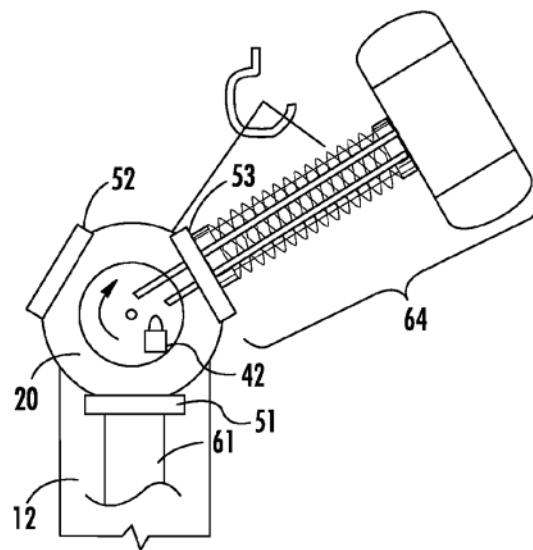
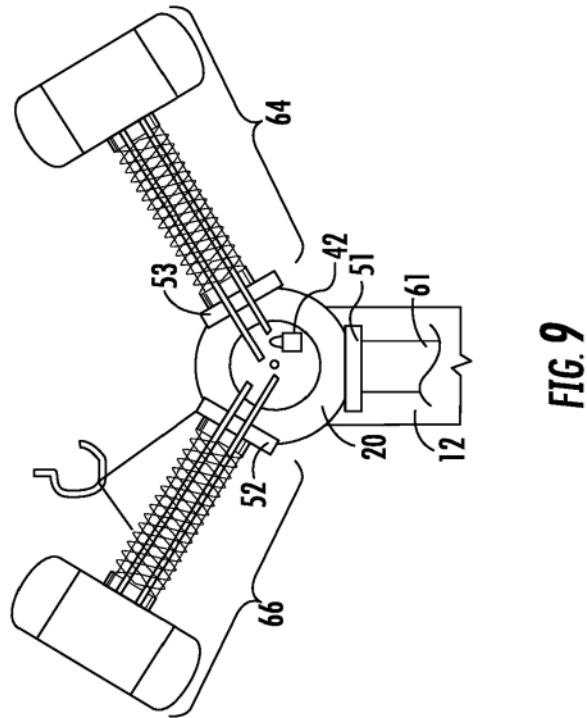
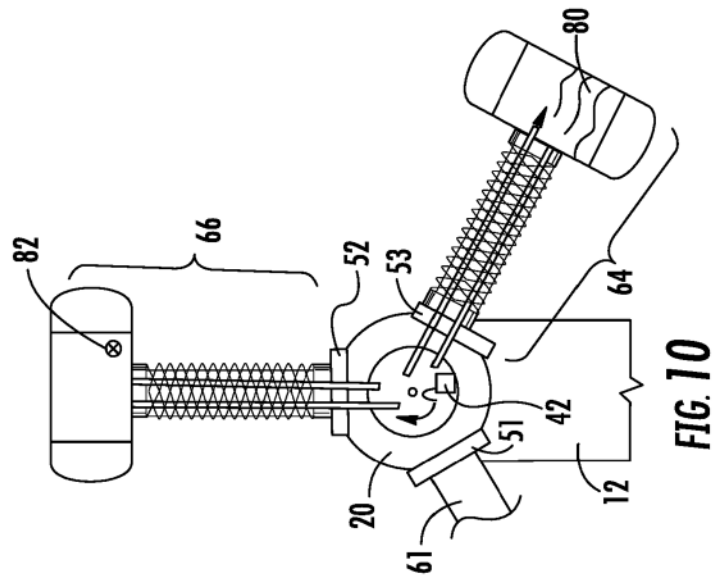


FIG. 8



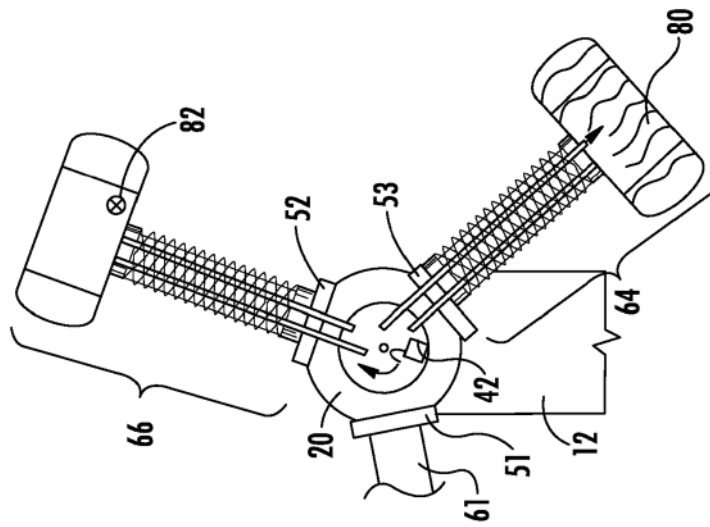


FIG. 11

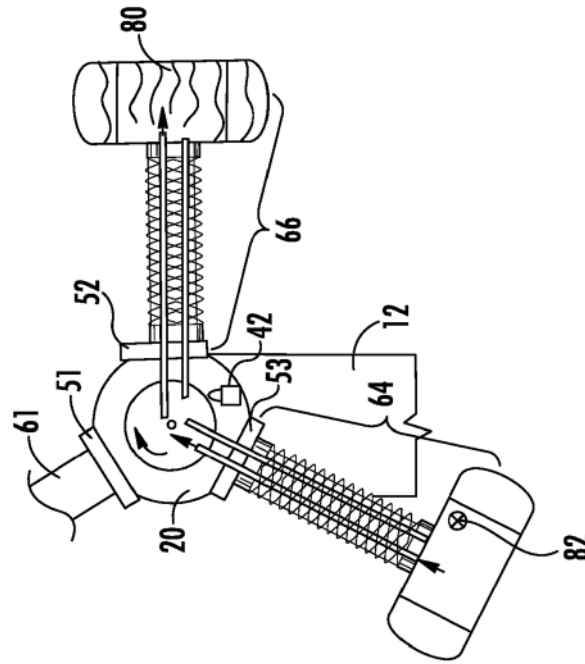


FIG. 12

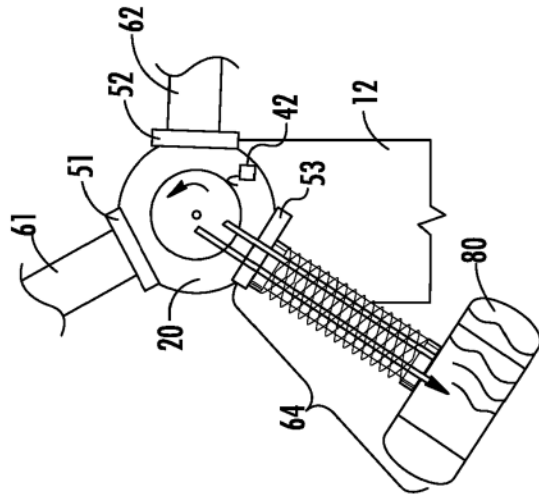


FIG. 14

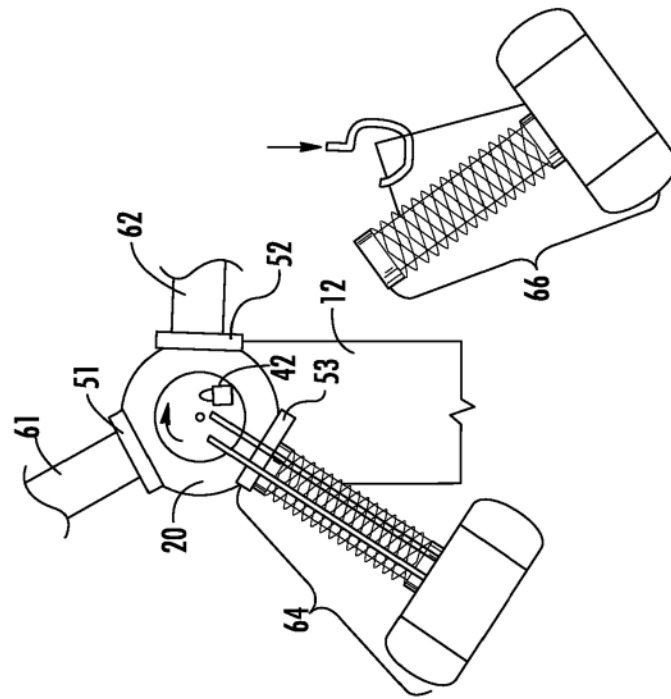


FIG. 13

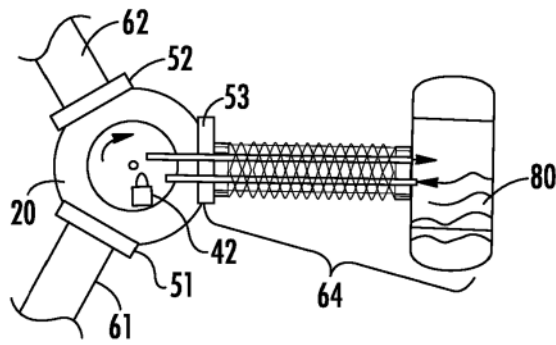


FIG. 15

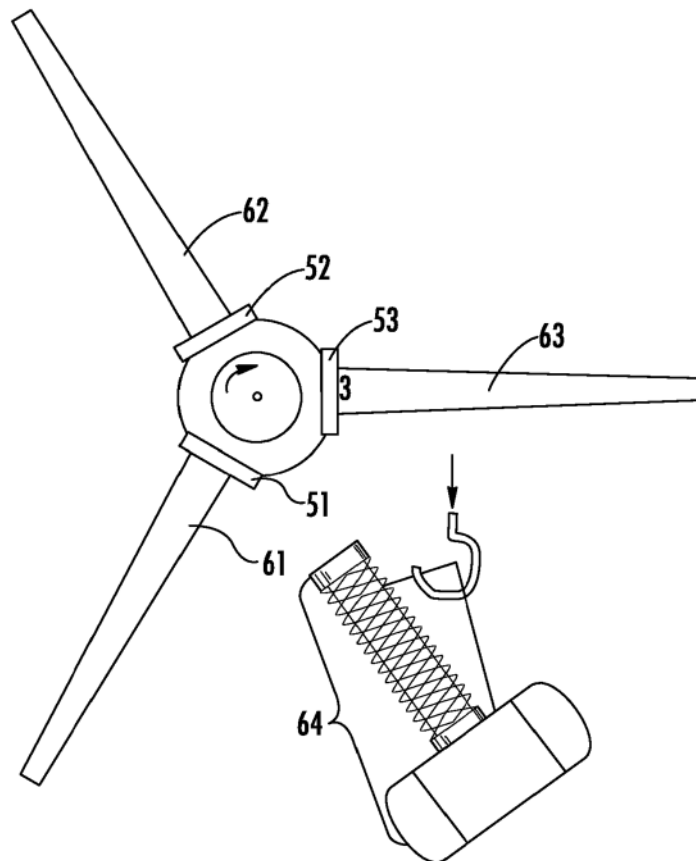


FIG. 16