

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 947**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.11.2012** **PCT/DK2012/050437**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013** **WO13097851**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2012** **E 12808674 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018** **EP 2798199**

54 Título: **Un sistema de paso para una turbina eólica**

30 Prioridad:

30.12.2011 US 201161581653 P

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

17.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GARDE, ERIK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 663 947 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

Un sistema de paso para una turbina eólica

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a un sistema de paso para una turbina eólica, junto con un método de regulación de paso de una pala de una turbina eólica.

Antecedentes

Las turbinas eólicas normalmente incluyen un rotor con grandes palas accionadas por el viento. Las palas convierten la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación. La energía mecánica normalmente se transfiere por medio de un tren de accionamiento a un generador, que luego convierte la energía en potencia eléctrica.

10 La mayoría de las turbinas eólicas modernas controlan la salida de potencia regulando el paso de las palas con respecto al viento, véase, por ejemplo, el documento DE 199 48 977 A1. Cada pala está montada en un buje mediante un cojinete de pala respectivo que permite movimiento relativo entre la pala y el buje. Cada una de las palas se hacen rotar sobre su eje longitudinal mediante un sistema de paso que incluye uno o más accionadores eléctricos (por ejemplo, motores eléctricos) o accionadores hidráulicos (por ejemplo, actuadores hidráulicos). Aunque
15 un único accionamiento puede usarse para regular colectivamente el paso de las palas, los sistemas de paso en la mayoría de las turbinas eólicas modernas con rendimiento de multimégavattios incluyen accionamientos individuales para regular de manera individual el paso de cada pala.

Hay ventajas y desventajas asociadas tanto con sistemas de paso hidráulicos como con sistemas de paso eléctricos. Independientemente de qué tipo de sistema se use, el objetivo principal es controlar de manera rápida y precisa la rotación de la pala sobre su eje longitudinal. La mayor parte de la rotación se produce en un alcance reducido durante la producción de potencia. Esta rotación se caracteriza por movimientos pequeños y cíclicos. Sin embargo, hay veces en las que se debe regular rápidamente el paso de una pala en un alcance mucho mayor, tal como cuando se debe regular el paso de las palas a una posición de "detención". Optimizar un sistema de paso para ambas de estas situaciones supone un reto. Además, para garantizar que la regulación de paso a una posición de
20 detención pueda producirse cuando haya una pérdida de potencia, los sistemas de paso deben incluir un suministro de potencia de reserva. Esto presenta un reto de diseño adicional, independientemente del tipo de sistema de paso que se use.

Sumario

30 Una turbina eólica comprende un buje, una pala montada de manera rotatoria en el buje, y un sistema de paso. El sistema de paso incluye un soporte, un primer accionador configurado para hacer rotar la pala con respecto al soporte, un segundo accionador configurado para hacer rotar el soporte con respecto al buje. El soporte está configurado para estar selectivamente fijado con respecto a la pala y el buje, de modo que el primer o segundo accionador puede usarse para regular la pala.

Al proporcionar dos accionadores diferentes para regular el paso de la pala, cada accionador puede optimizarse para un propósito particular. Por ejemplo, el primer accionador puede optimizarse para los movimientos angulares pequeños y frecuentes que son normalmente característicos del funcionamiento durante la producción de potencia normal. El segundo accionador puede optimizarse para movimientos angulares mayores y menos frecuentes, tales como aquellos característicos del funcionamiento durante procedimientos de apagado. Los accionadores primero y segundo se proporcionan convenientemente disponiéndolos con respecto al soporte móvil. En otras palabras, la
35 disposición con el soporte móvil facilita la incorporación de accionadores diferentes. Además, una disposición de este tipo no requiere superficies de contacto significativamente diferentes a los sistemas de paso existentes y es por tanto relativamente sencilla de implementar. La disposición también representa una solución de bajo coste debido a su diseño simplificado y su capacidad de fabricarse fácilmente.

Uno de los accionadores primero y segundo se alimenta externamente (es decir, alimentado por una fuente de energía no proporcionada por la turbina eólica). El otro de los accionadores primero y segundo se alimenta internamente (es decir, alimentado por energía almacenada). El accionador alimentado externamente está configurado para cargar el accionador alimentado internamente. Por tanto, una vez cargado, el accionador alimentado internamente proporciona una reserva fiable al accionador alimentado externamente. Aunque se pierda la potencia al accionador alimentado externamente, puede usarse el accionador alimentado internamente para llevar
40 la turbina eólica a una detención para impedir daños y después permitir el mantenimiento.

Se obtienen ventajas particulares cuando el primer accionador comprende un motor eléctrico y el segundo accionador comprende un actuador hidráulico. Normalmente los sistemas de paso eléctricos requieren una fuente de potencia de reserva (por ejemplo, batería o condensador) que debe sustituirse cada pocos años para garantizar un funcionamiento fiable y a prueba de fallos. Proporcionando un actuador hidráulico además de un motor eléctrico, se
45 elimina la necesidad de una reserva para el motor eléctrico. Además, cuando el actuador hidráulico se carga mediante el motor eléctrico, se reduce o se elimina la necesidad de una bomba para presurizar fluido hidráulico. El

actuador hidráulico puede actuar como un resorte que puede “desencadenarse” para regular el paso de las palas, y luego posteriormente “rearmarse” mediante el motor eléctrico. Por tanto, un sistema de paso eléctrico e hidráulico se proporciona sin los componentes que normalmente elevan los costes de estos sistemas (por ejemplo, una batería de reserva para un sistema de paso eléctrico y una bomba para un sistema de paso hidráulico). Estas y otras ventajas resultarán más evidentes basándose en la siguiente descripción.

También se da a conocer un método correspondiente de regulación de paso de una pala de una turbina eólica. Por tanto, el método comprende generalmente fijar un soporte con respecto al buje. Luego, se hace funcionar un primer accionador para hacer rotar la pala con respecto al soporte y el buje. El método entonces comprende: a) liberar la fijación relativa entre el soporte y el buje, y b) fijar el soporte con respecto a la pala. Luego, se hace funcionar el segundo accionador para hacer rotar el soporte y la pala con respecto al buje.

El método incluye además etapas relacionadas con cargar el segundo accionador. En tales realizaciones el método implica además fijar la pala con respecto al buje y liberar la fijación relativa entre el soporte y la pala. Luego, se hace funcionar el primer accionador para mover el soporte con respecto a la pala y el buje. Este movimiento carga el segundo accionador.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica según una realización.

La figura 2 es una vista en perspectiva de un buje de la turbina eólica mostrado en la figura 1.

La figura 3 es una vista en perspectiva de un sistema de paso mostrado en la figura 2.

La figura 4 es una vista esquemática de un perfil aerodinámico transversal.

Las figuras 5A-5E son vistas esquemáticas que ilustran un método de funcionamiento del sistema de paso.

Descripción detallada

La figura 1 muestra un ejemplo de una turbina eólica 2. Aunque se muestra una turbina eólica instalada en el mar, debe observarse que la siguiente descripción puede aplicarse a otros tipos de turbinas eólicas. La turbina eólica 2 incluye un rotor que tiene palas 4 montadas en un buje 6, que se soporta mediante una góndola 8 en una torre 12. El viento provoca que el rotor rote sobre un eje principal. Esta energía de rotación se suministra a un sistema de transmisión de potencia alojado dentro de la góndola 8, donde la energía se convierte entonces en potencia eléctrica.

Las palas 4 están montadas en el buje 6 mediante respectivos cojinetes de pala de manera que puede regularse el paso de las palas 4 en el interior o fuera del viento. La regulación de paso cambia la cantidad de sustentación creada por el viento y el accionamiento de la rotación del rotor. Por tanto, los sistemas de paso entre las palas 4 y el buje 6 pueden usarse para ayudar a controlar la turbina eólica 2 y optimizar la producción de potencia. Aunque los sistemas de paso se conocen bien, la siguiente descripción se centra en un sistema de paso que tiene una disposición particular de manera que pueden obtenerse ciertas ventajas. Estas ventajas resultarán más evidentes basándose en la siguiente descripción.

En la figura 1, el buje 6 se muestra con una cubierta externa (“bujes carenados”). La figura 2, sin embargo, ilustra el buje 6 con la cubierta externa y varios componentes internos retirados de manera que puede verse con más detalle un sistema de paso 20 para una de las palas. Pueden proporcionarse sistemas de paso similares para cada una de las palas. Tal como se muestra en las figuras 2 y 3, el sistema de paso 20 incluye un cojinete 22 que tiene un anillo de cojinete interno 24 montado en la pala (no mostrado) un anillo de cojinete externo 26 montado en el buje 6. Un primer accionador 28 está configurado para hacer rotar el anillo de cojinete interno 24 (y, por tanto, la pala) con respecto a un soporte 30. El primer accionador 28 en la realización mostrada comprende un motor eléctrico 32 montado en el soporte 30 y un piñón 34 accionado por el motor eléctrico 32. El piñón 34 engancha un engranaje de paso 36 (“anillo dentado”) acoplado al anillo de cojinete interno 24.

El sistema de paso 20 incluye además un segundo accionador 40 configurado para hacer rotar el soporte 30 con respecto al buje 6. El segundo accionador 40 en la realización mostrada comprende un actuador hidráulico que tiene un cilindro 42 montado en el buje 6 y un vástago de pistón 44 acoplado al soporte 30. Más específicamente, el vástago de pistón 44 está acoplado al soporte 30 mediante un eje 46 que está fijado al soporte 30 en un extremo y recibido en un cojinete 48 del vástago de pistón 44 en otro extremo. Extender o retraer el vástago de pistón 44 con respecto al cilindro 42 hace rotar el soporte 30 con respecto al buje 6.

El soporte 30 está configurado para estar selectivamente fijado a la pala y el buje 6. En otras palabras, el soporte 30 puede “bloquearse” en posición con respecto a o bien la pala o bien el buje 6. Esto permite que cualquiera de los accionadores primero y segundo 28, 40 se use sólo para regular el paso de la pala. Por ejemplo, si el soporte 30 está bloqueado con respecto a la pala, hacer funcionar el segundo accionador 40 para hacer rotar el soporte 30 con respecto al buje 6 da como resultado que la pala también rote con respecto al buje 6. Si en su lugar se bloquea el

soporte 30 con respecto al buje 6, hacer funcionar el primer accionador 28 da como resultado que la pala rote con respecto a tanto el soporte 30 como el buje 6. Estos aspectos se describirán con más detalle a continuación.

Los expertos en el diseño de sistemas de paso de turbina eólica apreciarán diversos modos en los que puede conseguirse el bloqueo. Para fijar el soporte 30 con respecto a la pala, el primer accionador 28 en sí mismo puede bloquearse de modo que no permite rotación relativa. Por ejemplo, el motor eléctrico 32 en la realización mostrada puede aplicar una fuerza de frenado que no permite que el piñón 34 rote. El enganche entre el piñón 34 y el anillo dentado 36 impide entonces un movimiento relativo entre el soporte 30 y el anillo de cojinete interno 24; permanecen en posiciones fijadas uno con respecto a otro. Alternativa o adicionalmente, un elemento de bloqueo móvil 50 puede proporcionarse en el soporte 30. El elemento de bloqueo móvil 50 está normalmente separado del anillo dentado 36, pero puede activarse mediante un sistema de control para moverse radialmente hacia y enganchar el anillo dentado 36. El enganche impide entonces el movimiento relativo entre el soporte 30 y el anillo de cojinete interno 24.

Para bloquear el soporte 30 con respecto al buje 6, el segundo accionador 40 en sí mismo puede bloquearse de modo que no permite movimiento relativo. Por ejemplo, las cámaras del cilindro 42 pueden permanecer igualmente presurizadas con fluido (por ejemplo, gas o líquido) para impedir que el vástago de pistón 44 se extienda o se retraiga. Entonces, el soporte 30 ya no puede moverse con respecto al buje 6; permanecen en posiciones fijadas uno con respecto a otro. Alternativa o adicionalmente, un elemento de bloqueo móvil 54 puede proporcionarse en el soporte 30 con este propósito. El elemento de bloqueo móvil 54 está configurado para enganchar de manera operativa el buje 6 cuando se activa. En la realización mostrada, el enganche se sujeta por medio de una placa 56 al anillo de cojinete externo 26 y el buje 6. La placa 56 se extiende radialmente hacia dentro, bajo el anillo de cojinete interno 24 y el soporte 30. El elemento de bloqueo móvil 54 incluye un pasador 58 que se mueve hacia abajo desde el soporte 30 al interior de un agujero o algún otro elemento de bloqueo en la placa 56 que impida rotación relativa. Los elementos de bloqueo pueden proporcionarse en múltiples ubicaciones en la placa 56 por razones que se comentarán a continuación.

De nuevo, los expertos en el diseño de sistemas de paso de turbina eólica apreciarán otros modos de fijar el soporte 30 con respecto a la pala y el buje 6. Los elementos de bloqueo móviles 50, 54 mostrados en las figuras son meros ejemplos de una posible disposición. En una realización alternativa no mostrada, por ejemplo, el sistema de paso 20 puede no incluir la placa 56. El elemento de bloqueo móvil 54 puede estar entonces en la superficie de lado inferior (es decir, lado de buje) del soporte 30 y normalmente separado del buje 6. Cuando se activa, un elemento de bloqueo móvil de este tipo puede extenderse radialmente hacia fuera, bajo el anillo de cojinete interno 24, para enganchar una ranura o algún otro elemento de bloqueo en el buje 6 que impida una rotación relativa.

Además de fijar selectivamente el soporte 30 con respecto a la pala y el buje, el sistema de paso 20 puede estar configurado para proporcionar una fijación relativa entre la pala y el buje en sí mismos. Un elemento de bloqueo de pala convencional (o "elemento de bloqueo de paso") puede usarse con este propósito y, por tanto, no se ilustra en las figuras. El elemento de bloqueo de pala está acoplado a la pala y está configurado para enganchar de manera operativa el buje 6 para impedir el movimiento relativo entre la pala y el buje 6. El enganche puede ser por medio de la placa 56. Por tanto, aunque el elemento de bloqueo de pala no se ilustra, una zona de bloqueo representativa 60 se muestra en la figura 2 para facilitar entendimiento. El elemento de bloqueo de pala está configurado para enganchar la zona de bloqueo 60 o algún otro elemento de bloqueo sujeto a la zona de bloqueo 60.

Ahora se describirá un método de funcionamiento del sistema de paso 20. En primer lugar, a modo de antecedentes y en referencia a la figura 4, las palas tienen posiciones nominales en las que un perfil aerodinámico transversal representativo (es decir, elemento de pala) tiene una cuerda de referencia generalmente alineada con la dirección de rotación del rotor. El ángulo de paso de pala es de 0° en esta orientación, y la velocidad de aire en movimiento experimentada por la pala está representada por R . La presencia de viento W da como resultado una velocidad de flujo relativa v_r que define un ángulo de ataque α con la cuerda de referencia y crea una fuerza aerodinámica F_a . Cuando el ángulo de paso de pala se ajusta, el ángulo de ataque α se cambia, afectando de ese modo la fuerza aerodinámica F_a . Para detener la turbina eólica, las palas se hacen rotar con respecto al buje (por ejemplo, a un ángulo de paso de pala de aproximadamente $88-90^\circ$) de manera que la cuerda de referencia se alinea o se alinea sustancialmente con la dirección del viento. Entonces hay nula o poca fuerza aerodinámica F_a , puesto que el ángulo de ataque α es de aproximadamente 0° . Para encender la turbina eólica, las palas se hacen rotar hacia atrás hacia su posición nominal. Esto puede hacerse en etapas, tales como hacer rotar las palas a una posición de inicio, permitir que el rotor gane velocidad, y luego reanudar la rotación de pala hacia la posición nominal para aumentar constantemente la producción de potencia.

Las figuras 5A-5E son representaciones esquemáticas del sistema de paso 20 en diversas etapas de funcionamiento. Tal como puede observarse, el segundo accionador 40 incluye el cilindro 42 y el vástago de pistón 44. El vástago de pistón 44 es de hecho parte de un pistón 70 que se desliza con respecto al cilindro 42. Un émbolo 72 del pistón 70 divide el cilindro 42 en el interior de las cámaras primera y segunda 74, 76. El vástago de pistón 44 se extiende desde el émbolo 72, a través de la primera cámara 74, y fuera del cilindro 42. Se proporcionan fluidos compresibles (por ejemplo, líquidos o gases) en cada una de las cámaras primera y segunda 74, 76. Por ejemplo, puede proporcionarse aceite hidráulico en la primera cámara 74 y puede proporcionarse gas en la segunda cámara 76. Cuando ambas cámaras primera y segunda 74, 76 están igualmente presurizadas, el pistón 72 no se mueve con respecto al cilindro 42. La presurización por tanto se controla mediante un circuito hidráulico que comunica con una

o ambas cámaras primera y segunda 74, 76. En las figuras se representa un circuito hidráulico 80 de muestra.

El circuito hidráulico 80 incluye una línea 82 desde la primera cámara 74 hasta un acumulador 84. Una válvula de control 86 está dispuesta en la línea 82 para controlar el flujo de fluido al interior y fuera de la primera cámara 74. La válvula de control 86, que puede hacerse funcionar mediante una batería 78, está normalmente abierta, de modo que debe activarse para cerrar la línea 82 e impedir que fluya fluido. Una válvula de comprobación de una vía 88 puede proporcionarse además en paralelo a la válvula de control 86. Adicionalmente, el circuito hidráulico 80 puede incluir un elemento de restricción de flujo 90 por razones que resultarán evidentes.

Ahora específicamente en referencia a la figura 5A, el sistema de paso 20 se muestra en un primer estado de funcionamiento en el que el soporte 30 está fijado con respecto al buje 6 mediante el elemento de bloqueo móvil 54. El elemento de bloqueo de pala (representado por el número 92 en el dibujo) y elemento de bloqueo móvil 50 están desenganchados de modo que el anillo de cojinete interno 24 y la pala están libres para rotar con respecto al anillo de cojinete externo 26, el buje 6, y el soporte 30. Por consiguiente, el primer accionador 28 (motor eléctrico 32 y piñón 34 en esta realización) puede hacerse funcionar para proporcionar esta rotación relativa y de ese modo regular el paso de la pala.

Puede ser necesario regular rápidamente el paso de la pala a una posición de detención si las velocidades del viento superan los límites diseñados, si se pierde potencia a la red, si se requiere servicio o mantenimiento, o por alguna otra razón. Tal como se muestra en la figura 5B, el elemento de bloqueo móvil 54 desengancha el buje 6 para liberar la fijación relativa entre el buje 6 y el soporte 30. El elemento de bloqueo móvil 50, por otro lado, engancha el anillo dentado 36 para fijar el soporte 30 con respecto al anillo de cojinete interno 24 y la pala. El segundo accionador 40 puede entonces hacerse funcionar para hacer rotar el soporte 30, el anillo de cojinete interno 24, y la pala con respecto al anillo de cojinete externo 26 y el buje 6. En particular, la válvula de control 86 se desactiva (es decir, apagada), permitiendo a la misma volver a su posición normalmente abierta. El fluido presurizado en la segunda cámara 76 del cilindro 42 acciona entonces el pistón 70 hacia delante porque se libera presión de la primera cámara 74. El fluido en la primera cámara 74 fluye a través de la válvula de control 86 hasta el acumulador 84. Un elemento de restricción de flujo 90 (válvula de mariposa, boquilla, orificio, etc.) puede estar posicionado en el circuito hidráulico 80 para controlar este flujo de fluido y, como resultado, la velocidad a la que el pistón 70 se acciona hacia delante. El movimiento lineal del pistón 70 (representado por la flecha 94) provoca que el soporte 30 rote (representado por la flecha 96).

La figura 5C ilustra el sistema de paso 20 después de que el primer accionador 28 haya hecho rotar el soporte 30, el cojinete interno 24, y la pala a una posición angular diferente con respecto al anillo de cojinete externo 26 y el buje 6. Esta posición puede representar la posición de "detención" de la pala. En otras palabras, el ángulo de paso de pala puede ser de aproximadamente 88-90°. El pistón 70 se ha desplazado cierta distancia con respecto al cilindro 42, de modo que la segunda cámara 76 se ha expandido y está menos presurizada que antes. En este momento, la pala puede fijarse con respecto al buje 6 mediante el elemento de bloqueo de pala 92, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 5D. El elemento de bloqueo móvil 50 desengancha entonces el anillo dentado 36 para liberar la fijación relativa entre el soporte 30 y la pala. Esto deja libre el soporte 30 para moverse con respecto a la pala bloqueada y el buje.

En particular, hacer funcionar el primer accionador 28 hace rotar el soporte 30 con respecto a la pala, el cojinete 22, y el buje 6, tal como se representa por la flecha 98. El movimiento de rotación del soporte 30 provoca que el pistón 70 se deslice dentro del cilindro 42 (representado por la flecha 100). Como resultado, el volumen de la segunda cámara 76 se reduce y la presión del gas dentro de la segunda cámara 76 aumenta. Por tanto, hacer funcionar el primer accionador 28 para mover el soporte 30 con respecto a la pala y el buje carga eficazmente el segundo accionador 40; la segunda cámara 76 pasa a estar "armada" o "represurizada". La válvula de control 88 permanece abierta durante esta etapa de manera que el fluido previamente forzado al interior del acumulador 84 retrocede también al interior de la primera cámara 74.

La figura 5E ilustra el sistema de paso 20 después de que el segundo accionador 40 se haya cargado de nuevo a su estado inicial. Puede regularse entonces el paso de las palas con el primer accionador 28 devolviendo el sistema de paso 20 al estado mostrado en la figura 5A. Por tanto, el elemento de bloqueo móvil 54 se activa para fijar el soporte 30 con respecto al buje 6. La válvula de control 86 también se activa, impidiendo de ese modo el funcionamiento del segundo accionador 40. Finalmente, se libera el elemento de bloqueo de pala 92 de manera que la pala ya no está fijada con respecto al buje 6. Esto permite que se haga funcionar una vez más el primer accionador 28 para hacer rotar el anillo de cojinete interno 24 con respecto al soporte 30 y regular de ese modo el paso de la pala con respecto al buje 6.

Tal como puede apreciarse, el segundo accionador 40 es un accionador alimentado internamente cargado mediante el primer accionador 28, que se alimenta externamente. Una vez cargado, el segundo accionador 40 proporciona una reserva fiable para el primer accionador 28. Aunque se pierda potencia al primer accionador 28, puede usarse el segundo accionador 40 para llevar la turbina eólica a una detención para impedir daños (por ejemplo, debido a altas velocidades del viento) y después permitir el mantenimiento. El segundo accionador 40 elimina esencialmente la necesidad de una gran fuente de potencia de reserva para el primer accionador 28. Sólo se necesita la batería 78 para activar la válvula de control 86 y de ese modo hacer funcionar el segundo accionador 40. Pueden

proporcionarse una o más baterías pequeñas (no mostradas) para el elemento de bloqueo móvil 50 y el elemento de bloqueo móvil 54 si se necesita o se desea.

Pueden incorporarse características de seguridad adicionales para el sistema de paso 20 en el diseño del segundo accionador 40. Por ejemplo, la presión del fluido en las cámaras primera y/o segunda 74, 76 del cilindro 42 pueden monitorizarse mediante un sistema de control. Cuando la válvula de control 86 está normalmente abierta (como en la realización descrita), la batería 78 debe hacerse funcionar para que el cilindro 42 “sostenga” una carga (es decir, para que las cámaras primera y segunda 74, 76 se mantengan presurizadas). Si el sistema de control detecta que el cilindro 42 no está sosteniendo una carga durante el procedimiento de carga (que se produce cuando la turbina eólica está detenida; véanse los comentarios anteriores de las figuras 5A-5E), esto es un signo de que la batería 78 requiere sustitución. El sistema de paso 20 puede entonces mantener la turbina eólica en una posición de detención con las palas bloqueadas con respecto al buje 6 hasta que se realice esta sustitución. Por tanto, se impide el funcionamiento de la turbina eólica sin que el segundo accionador 40 pueda servir de reserva para el primer accionador 28.

Además, incluso un fallo de la batería 78 durante el funcionamiento normal de la turbina eólica no da como resultado condiciones inseguras. Durante el funcionamiento normal, el segundo accionador 40 almacena energía (el fluido en el cilindro 42 se mantiene presurizado) y el primer accionador 28 se usa para regular el paso de las palas (véanse los comentarios anteriores de la figura 5A). Si la batería 78 falla, de modo que la válvula de control 86 se abre, la fijación relativa entre el soporte 30 y el buje 6 proporcionada por el elemento de bloqueo móvil 54 impide que el pistón 70 se accione hacia delante. No se produce movimiento hasta que: 1) el elemento de bloqueo móvil 50 engancha el anillo dentado 36 para fijar el soporte 30 con respecto a la pala 30, y 2) el elemento de bloqueo móvil 54 se libera del buje 6. Entonces, la energía almacenada (fluido presurizado en la segunda cámara 76) regula el paso de la pala a su posición de detención, tal como se ha comentado anteriormente en referencia a la figura 5B. En este momento, puede realizarse mantenimiento para sustituir la batería 78.

Pueden obtenerse ventajas adicionales fijando el soporte 30 con respecto al buje 6 en diferentes posiciones angulares. Por ejemplo, el soporte 30 puede estar fijado inicialmente con respecto al buje 6 en una primera ubicación. Esta puede ser la ubicación mostrada en la figura 5A. Si el primer accionador 28 se hace funcionar para regular el paso de la pala en esta posición, ciertas partes del piñón 34 pueden experimentar mayor desgaste debido al limitado alcance de regulación de paso asociado con la producción de potencia normal. Después de realizar las etapas descritas anteriormente en referencia a las figuras 5B-5D (procedimientos de apagado y de carga), el soporte 30 puede fijarse con respecto al buje 6 en una segunda ubicación. En otras palabras, en vez de que el elemento de bloqueo móvil 54 vuelva a enganchar el buje 6 una vez más en la primera ubicación (la situación mostrada en la figura 5E), el elemento de bloqueo móvil 54 puede enganchar el buje 6 en una ubicación diferente. La posición angular diferente del soporte 30 y el primer accionador 28 cambia los puntos de desgaste en el piñón 34. Es decir, ahora se asociarán partes diferentes del piñón 34 con el limitado alcance de regulación de paso durante la producción de potencia normal. Cambiar los puntos de desgaste de tal modo prolonga la vida útil del piñón 34.

Los expertos en el diseño de sistemas de paso de turbina eólica apreciarán diversas variaciones de las realizaciones descritas anteriormente. Por ejemplo, el segundo accionador 40 puede estar montado en la placa 56 en vez de directamente en el buje 6. Además, los accionadores primero y segundo en sí mismos pueden ser sistemas diferentes a los descritos. El primer accionador puede ser un sistema hidráulico, y/ o el segundo accionador puede ser un sistema eléctrico. La disposición con el soporte móvil 30 todavía facilita la incorporación de los accionadores primero y segundo a las realizaciones alternativas y tiene ventajas generales. Además, cuando el primer accionador está configurado para cargar el segundo accionador en realizaciones en las que el segundo accionador es un sistema eléctrico con una fuente de potencia interna (por ejemplo, batería o condensador), puede minimizarse el tamaño de la fuente de potencia.

A un nivel más general, el sistema de paso en sí mismo puede adaptarse para interactuar con diseños de turbina eólica en los que el anillo de cojinete interno 24 del cojinete de pala 20 está montado en el buje 6 y el anillo de cojinete externo 26 está montado en la pala 4. Ejemplos de tales diseños se describen en las siguientes solicitudes de patente: solicitud PCT n.º PCT/DK2011/050452 (titulada “A PITCH SYSTEM FOR A WIND TURBINE”), solicitud provisional de patente estadounidense n.º 61/417.335 (titulada “A WIND TURBINE AND A METHOD FOR PITCHING A BLADE OF A WIND TURBINE”), y solicitud provisional de patente estadounidense n.º 61/420.940 (titulada “MOUNTING ARRANGEMENT FOR PITCH REAR”).

Teniendo esto en cuenta, los detalles de cualquier realización particular mencionada anteriormente no deben entenderse como que limitan necesariamente el alcance de las siguientes reivindicaciones. Las realizaciones descritas son meros ejemplos de las diversas reivindicaciones. Los expertos, además de apreciar otras modificaciones y variaciones, entenderán cómo pueden combinarse de diferentes maneras las características de las diversas realizaciones.

REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica (2), que comprende:
un buje (6);
una pala (4) montada de manera rotatoria en el buje; y
5 un sistema de paso (20) que incluye:
un soporte (30);
un primer accionador (28) configurado para hacer rotar la pala con respecto al soporte; y
un segundo accionador (40) configurado para hacer rotar el soporte con respecto al buje;
10 en la que el soporte está configurado para estar selectivamente fijado con respecto a la pala y el buje, en la que uno de los accionadores primero y segundo se alimenta externamente, y
caracterizado por que
el otro de los accionadores primero y segundo se alimenta internamente, estando configurado el accionador
alimentado externamente para cargar el accionador alimentado internamente, en la que uno de los
15 accionadores primero y segundo comprende un motor eléctrico (32), y el otro de los accionadores primero y
segundo comprende un actuador hidráulico.
2. Turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el primer accionador comprende el motor eléctrico y el
segundo accionador comprende el actuador hidráulico.
3. Turbina eólica según la reivindicación 2, en la que el sistema de paso incluye además un engranaje de paso
(36) asociado con la pala, estando montado el motor eléctrico en el soporte, y comprendiendo además el
20 primer accionador un piñón (34) accionado por el motor eléctrico y que engancha el engranaje de paso.
4. Turbina eólica según la reivindicación 3, en la que el sistema de paso incluye además un cojinete (22) que
tiene un primer anillo (24) montado en la pala y un segundo anillo (26) montado en el buje, estando
acoplado el engranaje de paso al primer anillo.
5. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en la que el actuador hidráulico del segundo
25 accionador comprende un cilindro (42) y un pistón deslizante con respecto al cilindro, incluyendo el pistón
un émbolo que divide el cilindro en cámaras primera y segunda y un vástago de pistón (44) que se extiende
desde el émbolo, a través de la primera cámara, y fuera del cilindro.
6. Turbina eólica según la reivindicación 5, en la que el segundo accionador comprende además un circuito
30 hidráulico que incluye una válvula para controlar el flujo de fluido al interior y hacia fuera de la primera
cámara del cilindro, estando la válvula normalmente abierta.
7. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el sistema de paso incluye
además un elemento de bloqueo de pala acoplado a la pala, en la que el elemento de bloqueo de pala está
configurado para enganchar de manera operativa el buje para impedir movimiento relativo entre la pala y el
buj.
- 35 8. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el sistema de paso incluye
además un elemento de bloqueo de buje montado en el soporte, estando configurado el elemento de
bloqueo de buje para enganchar de manera operativa el buje para fijar el soporte con respecto al buje.
9. Método de regulación de paso de una pala (4) de una turbina eólica (2), que comprende:
fijar un soporte (30) con respecto al buje (6);
40 hacer funcionar un primer accionador (28) para hacer rotar la pala con respecto al soporte y el buje;
liberar la fijación relativa entre el soporte y el buje;
fijar el soporte con respecto a la pala; y
hacer funcionar un segundo accionador (40) para hacer rotar el soporte y la pala con respecto al buje,
en el que dicho método comprende además:
45 fijar la pala con respecto al buje;

liberar la fijación relativa entre el soporte y la pala;

hacer funcionar el primer accionador para mover el soporte con respecto a la pala y el buje, en el que el segundo accionador se carga mediante el movimiento del soporte.

10. Método según la reivindicación 9, que comprende además:

5 fijar el soporte con respecto al buje después de cargar el segundo accionador;

liberar la fijación relativa entre la pala y el buje; y

hacer funcionar el primer accionador para hacer rotar la pala con respecto al buje.

11. Método según la reivindicación 10, en el que el soporte está fijado inicialmente con respecto al buje en una primera ubicación, y en el que después de la carga del segundo accionador el soporte está fijado con respecto al buje en una segunda ubicación.

12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que el primer accionador comprende un motor eléctrico y el segundo accionador comprende un actuador hidráulico que tiene un fluido compresible, y en el que el segundo accionador se carga presurizando el fluido compresible.

13. Método según la reivindicación 12, en el que el segundo accionador comprende además un circuito hidráulico que tiene una válvula para controlar el flujo del fluido presurizado y de ese modo el funcionamiento del actuador hidráulico, estando la válvula normalmente abierta de modo que el método comprende además:

15 activar la válvula después de presurizar el fluido compresible.

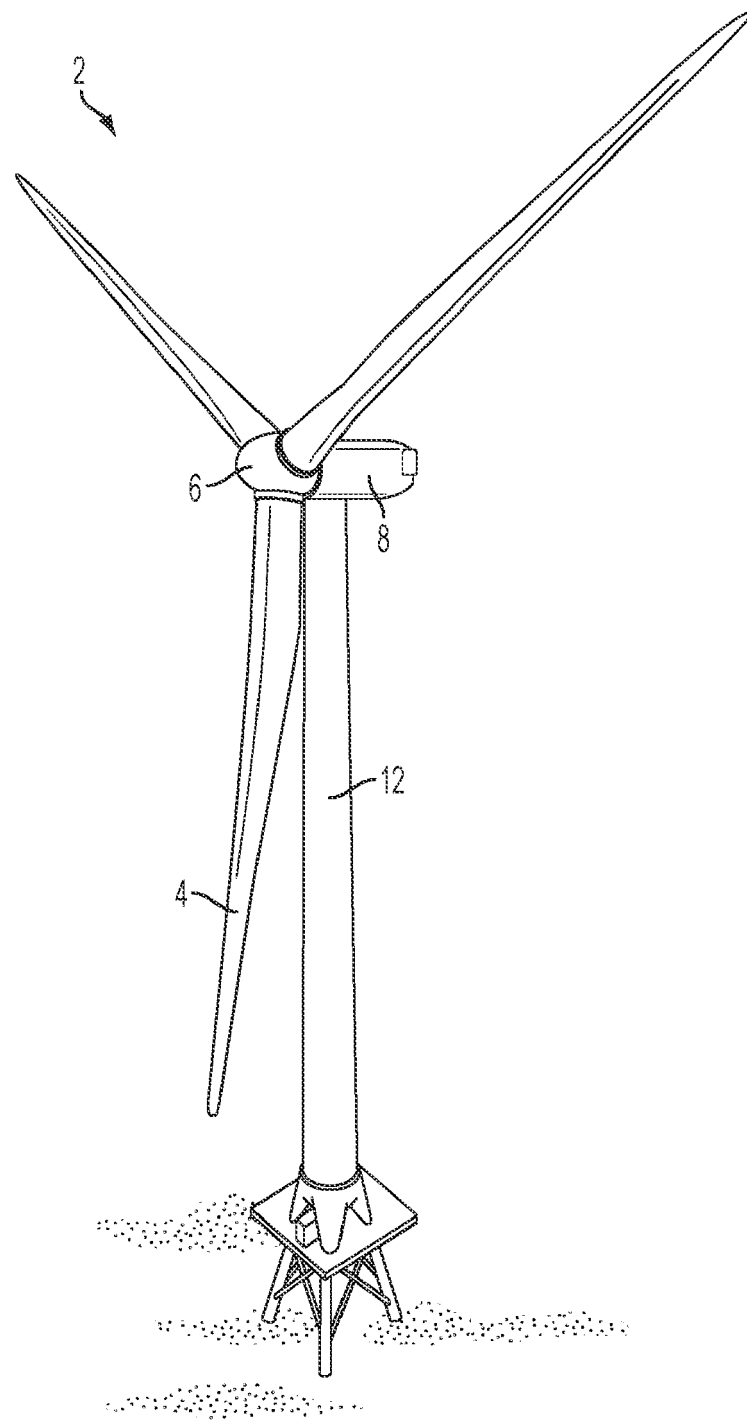


FIG. 1

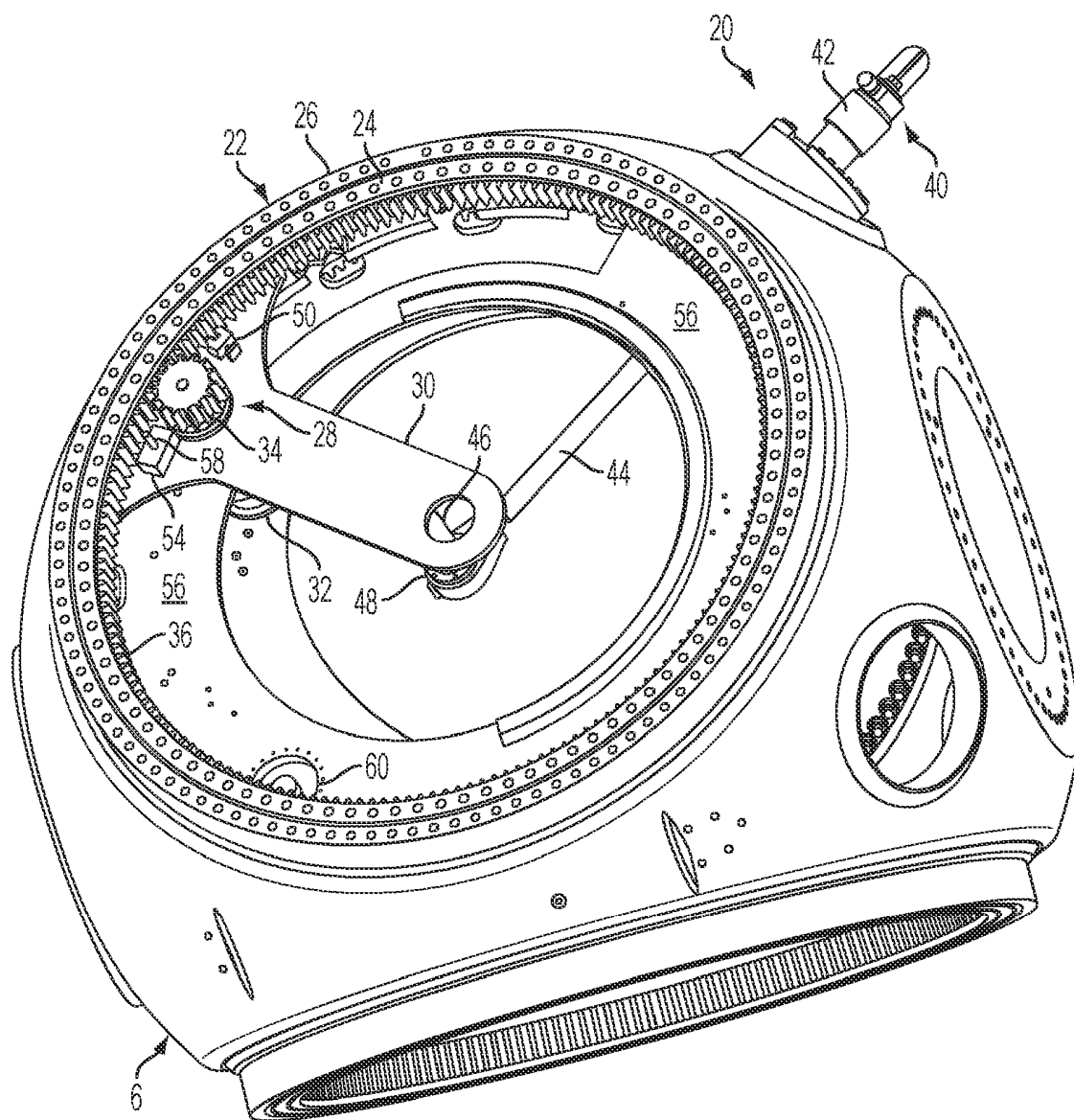


FIG. 2

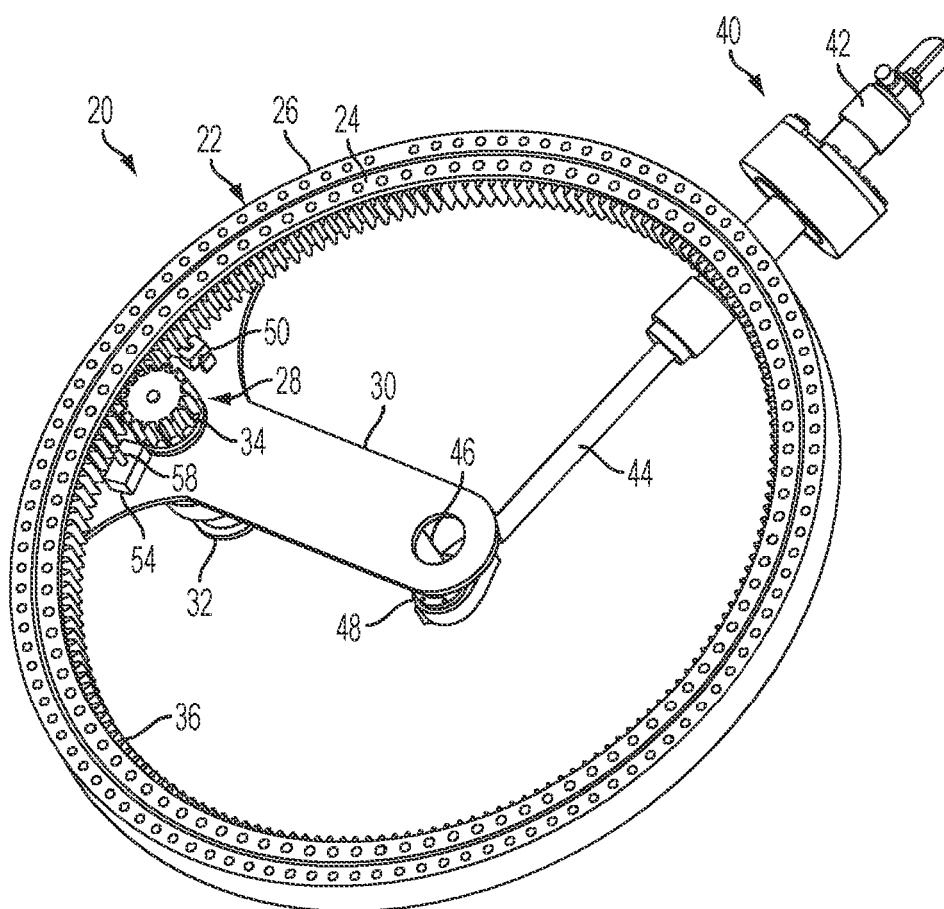


FIG. 3

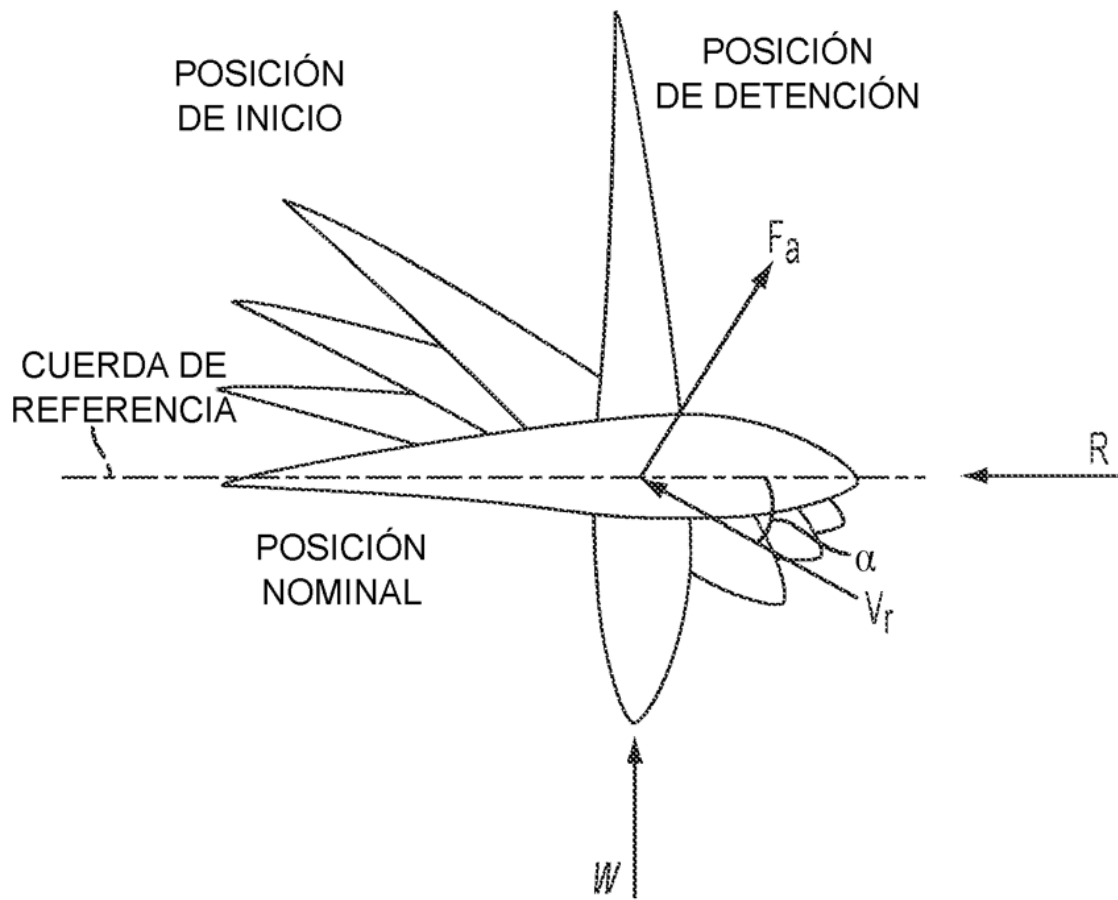


FIG. 4

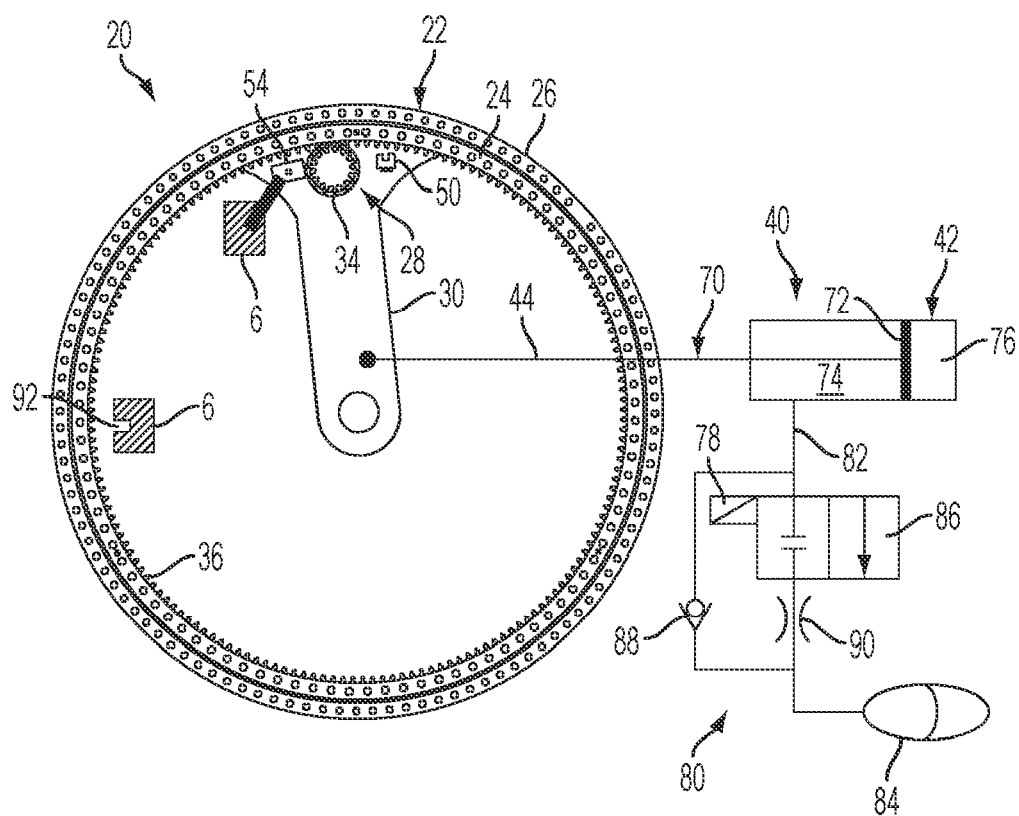


FIG. 5A

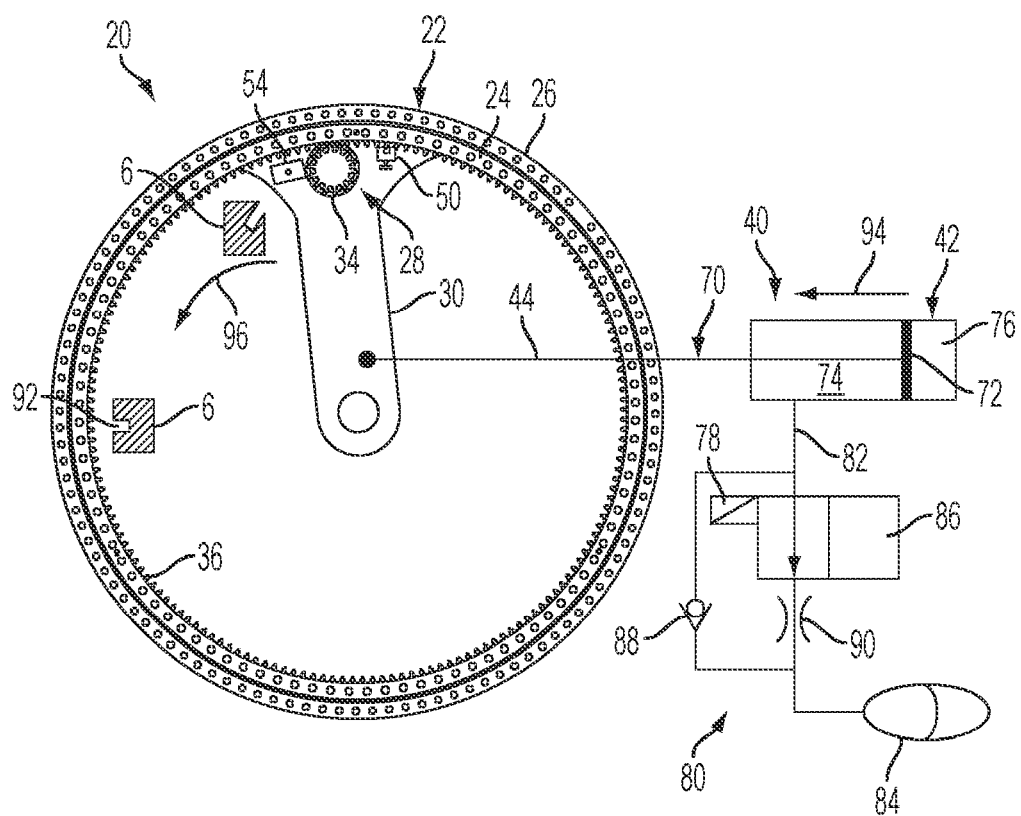


FIG. 5B

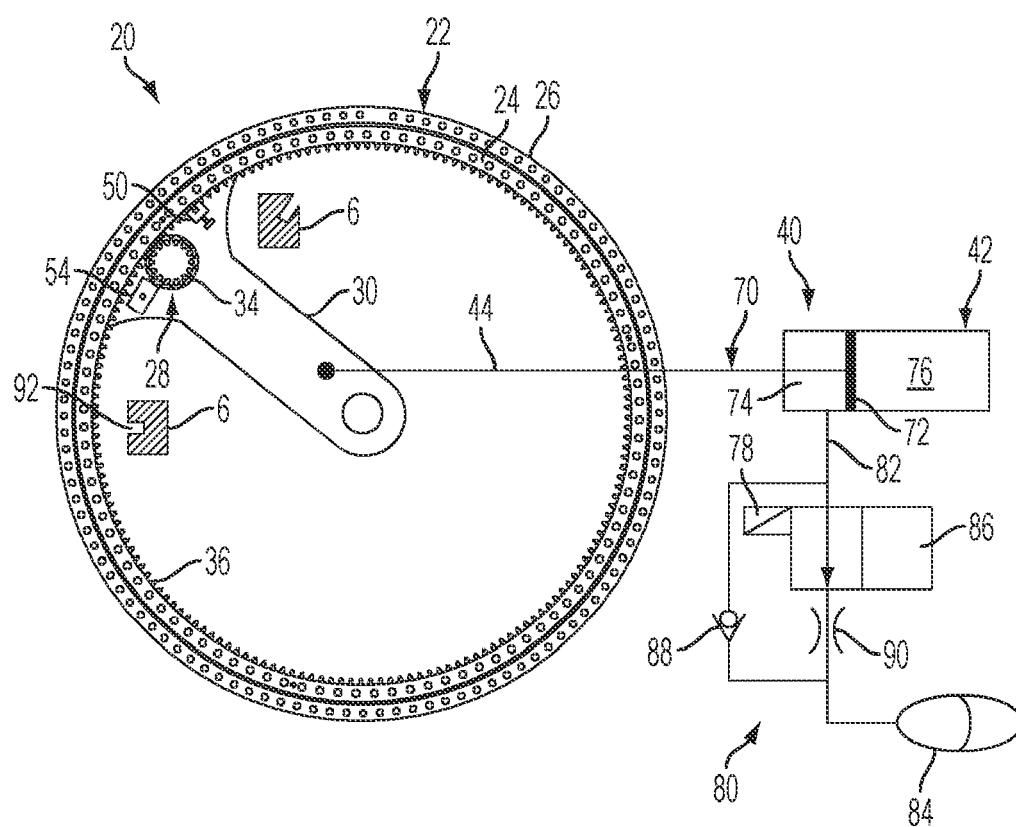


FIG. 5C

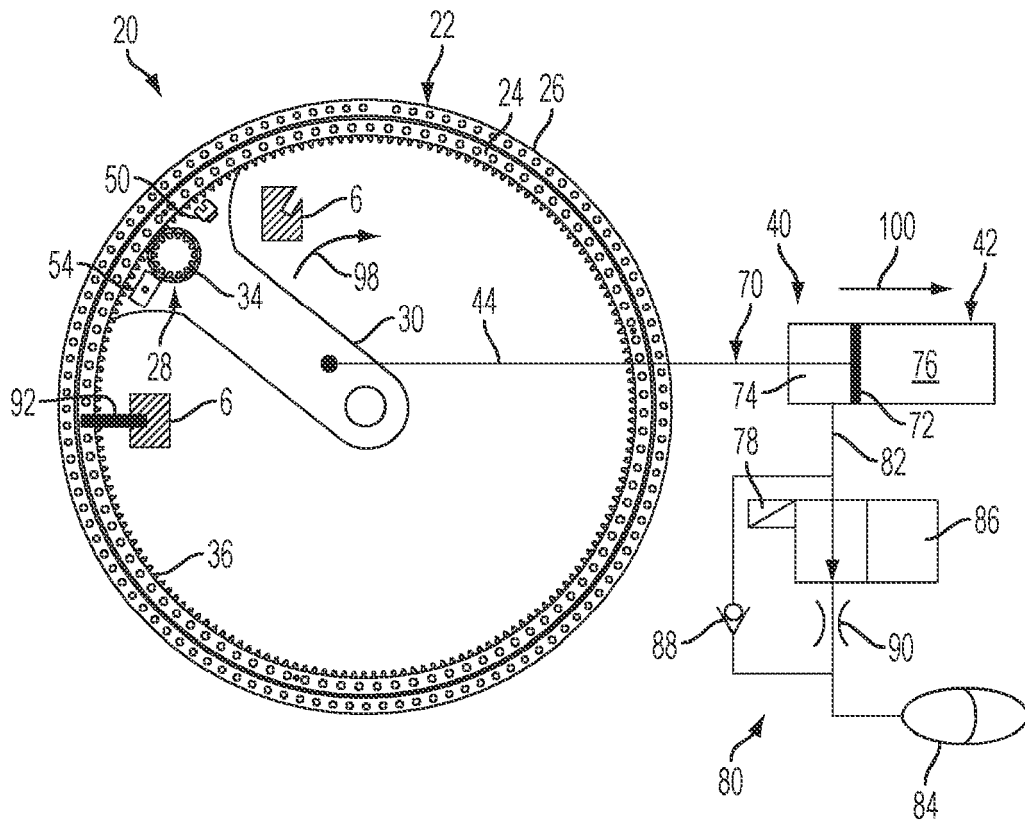


FIG. 5D

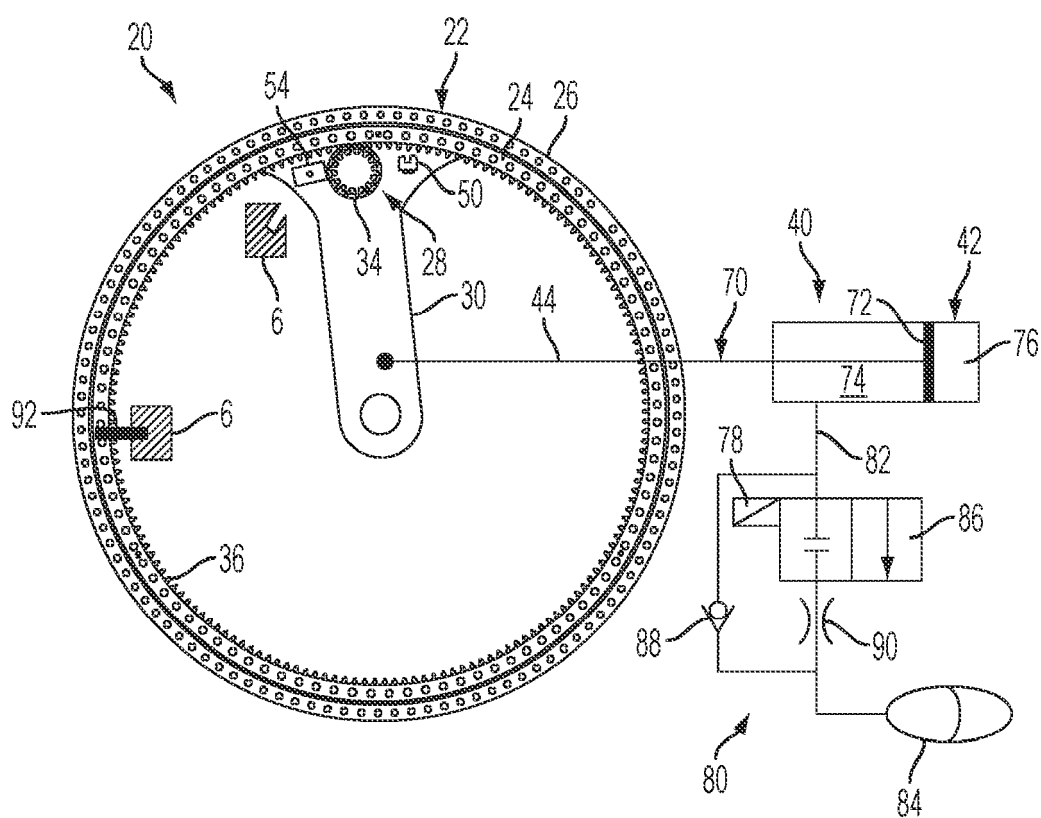


FIG. 5E