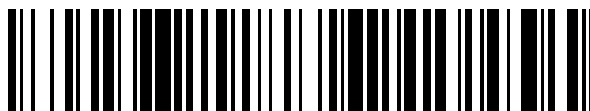


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 404 683**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2011** **E 11170899 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2013** **EP 2402598**

54 Título: **Monitorización del freno del paso de las palas de una turbina eólica**

30 Prioridad:

29.06.2010 US 826244

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.05.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

DINJUS, THOMAS ERNST y
LANDA, BERNARD

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 404 683 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

Monitorización del freno del paso de las palas de una turbina eólica

La presente divulgación versa en general acerca de la operación de control de una turbina eólica y, más específicamente, acerca de la monitorización del desgaste de un sistema de freno incluido dentro de la turbina eólica.

Los generadores de las turbinas eólicas utilizan la energía del viento para producir energía eléctrica. Los generadores de turbina eólica incluyen normalmente un rotor que tiene múltiples palas que transforman la energía eólica en el movimiento rotativo de un árbol de transmisión que, a su vez, es utilizado para accionar un generador eléctrico para producir energía eléctrica. Se puede cambiar el paso de cada una de las múltiples palas para aumentar o disminuir la velocidad de giro del rotor. La salida de potencia de un generador de turbina eólica aumenta con la velocidad del viento hasta que la velocidad del viento alcanza una velocidad nominal del viento para la turbina. A la velocidad nominal del viento y por encima, el generador de la turbina eólica opera a una potencia nominal. La potencia nominal es una potencia de salida a la que el generador de una turbina eólica puede operar con un nivel aceptable predeterminado de fatiga en los componentes de la turbina. A velocidades del viento mayores que una cierta velocidad, o con un nivel de turbulencia del viento que supere una magnitud predeterminada, normalmente denominada "límite de disparo" o "límite de puntos de referencia de monitorización", las turbinas eólicas pueden pararse, o pueden disminuirse las cargas regulando el paso de las palas o frenando el rotor para proteger de daños a los componentes de la turbina eólica.

Normalmente, los generadores de turbinas eólicas incluyen dispositivos de freno; por ejemplo, un dispositivo de freno para ralentizar o detener el giro del rotor y un dispositivo de freno para mantener las palas del rotor de paso variable en una posición establecida. Cada uno de estos dispositivos de freno es un elemento de desgaste y los datos relativos al estado de desgaste de los dispositivos de freno serían beneficiosos para planificar y/o llevar a cabo el mantenimiento de la turbina eólica.

En aspecto según la presente invención, se proporciona una turbina eólica según la reivindicación adjunta 1.

Un documento de la técnica anterior que da a conocer una turbina eólica según el preámbulo de la reivindicación 1 es, por ejemplo, el US 2009/0155075 A1.

Ahora se describirán diversos aspectos y diversas realizaciones de la presente invención en conexión con los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una porción de una turbina eólica ejemplar.

La Figura 2 es una vista parcialmente cortada de una porción de la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un sistema ejemplar de paso de palas para su uso en la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

La Figura 4 es un diagrama de bloques de la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

La Figura 5 es un diagrama de bloques del sistema de paso de las palas mostrado en la Figura 3.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento ejemplar para monitorizar el desgaste de un freno del paso de las palas dentro del sistema de paso de las palas de la Figura 3.

Como se usa en el presente documento, se pretende que el término "pala" sea representativo de cualquier dispositivo que proporcione una fuerza de reacción cuando esté en movimiento con respecto a un fluido circundante. Tal como se usa en el presente documento, se pretende que la expresión "turbina eólica" sea representativa de cualquier dispositivo que genere energía rotativa a partir de la energía del viento y, más específicamente, que convierta la energía cinética del viento en energía mecánica. Tal como se usa en el presente documento, se pretende que la expresión "generador de turbina eólica" sea representativa de cualquier turbina eólica que genere energía eléctrica a partir de la energía rotativa generada a partir de la energía del viento y, más específicamente, que convierta la energía mecánica convertida a partir de la energía cinética del viento en energía eléctrica.

Diversos efectos técnicos de ciertos de los procedimientos, sistemas y medios legibles por ordenador descritos en el presente documento incluyen, al menos, uno de los siguientes: (a) activar un freno del paso de las palas; (b) medir el desplazamiento del paso de las palas mientras está activado el freno del paso de las palas; (c) determinar un nivel de desgaste del freno en función del desplazamiento medido del paso de las palas mientras está activado el freno del paso de las palas; y (d) generar una señal de salida del nivel de desgaste del freno correspondiente al nivel del desgaste del freno.

Diversos de los procedimientos, los sistemas y medios legibles por ordenador descritos en el presente documento facilitan la predicción de un nivel de desgaste presente en un componente dentro de un freno del paso de las palas. Se mide y se usa el desplazamiento del accionador del paso mientras el freno del paso de las palas está activado para predecir el nivel de desgaste dentro del freno del paso de las palas. El desplazamiento del accionador del paso mientras el freno del paso de las palas está activado corresponde al nivel de desgaste dentro del sistema de freno

del paso de las palas. El nivel predicho de desgaste puede ser usado para generar un aviso del nivel de desgaste y/o un programa de mantenimiento para la turbina eólica.

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar 10. La Figura 2 es una vista en perspectiva parcialmente cortada de una porción de la turbina eólica 10. La turbina eólica 10 descrita y mostrada en el presente documento es un generador de turbina eólica para generar energía eléctrica a partir de la energía del viento. Además, la turbina eólica 10 descrita e ilustrada en el presente documento incluye una configuración de eje horizontal; sin embargo, en algunas realizaciones, la turbina eólica 10 puede incluir, además o como alternativa a la configuración en un eje horizontal, una configuración en un eje vertical (no mostrada). La turbina eólica 10 puede estar acoplada a una carga eléctrica (no mostrada en la Figura 1), tal como, sin limitación, una red eléctrica, para recibir energía eléctrica de la misma para impulsar la operación de la turbina eólica 10 y/o sus componentes asociados y/o para suministrar energía eléctrica generada por la turbina eólica 10 a la misma. Aunque en las Figuras 1 y 2 se muestra solo una turbina eólica 10, en algunas realizaciones pueden agruparse varias turbinas eólicas 10, denominadas a veces "parque eólico".

La turbina eólica 10 incluye un cuerpo o góndola 12 y un rotor (generalmente designado con 14) acoplado a la góndola 12 para su rotación con respecto a la góndola 12 en torno a un eje de rotación 20. En la realización ejemplar, la góndola 12 está montada en una torre 16; sin embargo, en algunas realizaciones, además o como alternativa a la góndola 12 montada en la torre, la góndola 12 puede estar adyacente al suelo y/o a una superficie de agua. La altura de la tierra 16 puede ser de cualquier altura adecuada que permita que la turbina eólica 10 funcione tal como se describe en el presente documento. El rotor 14 incluye un cubo 22 y una pluralidad de palas 24 (a veces denominadas "perfiles aerodinámicos") que se extienden radialmente hacia el exterior desde el cubo 22 para convertir la energía eólica en energía rotativa. Aunque en el presente documento se describe y se ilustra el rotor 14 con tres palas 24, el rotor 14 puede tener cualquier número de palas 24. Cada una de las palas 24 puede tener cualquier longitud que permita que la turbina eólica 10 funcione tal como se describe en el presente documento. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una o más palas 24 tienen aproximadamente medio metro de longitud, mientras que en algunas realizaciones una o más palas 24 tienen aproximadamente cincuenta metros de longitud. Otros ejemplos de longitudes de las palas 24 incluyen decenas de metros o menos, aproximadamente veinte metros, aproximadamente treinta y siete metros y aproximadamente cuarenta metros. Aún otros ejemplos incluyen palas entre aproximadamente cincuenta y aproximadamente cien metros de longitud, y palas de rotor de más de cien metros de longitud.

A pesar de cómo se ilustren en la Figura 1 las palas 24, el rotor 14 puede tener palas 24 de cualquier forma, y puede tener palas 24 de cualquier tipo y/o de cualquier configuración, con independencia de que tal forma, tipo y/o configuración se describan y/o se ilustren en el presente documento. Un ejemplo de otro tipo, otra forma y/u otra configuración de las palas 24 es una turbina eólica Darrieus, a veces denominada turbina "batidora de huevos". Otro ejemplo adicional de otro tipo, otra forma y/u otra configuración de las palas 24 es una turbina eólica Savonius. Además, la turbina eólica 10, en algunas realizaciones, puede ser una turbina eólica que tenga un rotor 14 que generalmente esté orientada a barlovento para aprovechar la energía del viento y/o puede ser una turbina eólica que tenga un rotor 14 que generalmente esté orientado a sotavento para aprovechar la energía del viento. Por supuesto, en cualquiera de las realizaciones, el rotor 14 puede no estar orientado exactamente a barlovento ni/o a sotavento, sino que puede estar orientado en general con cualquier ángulo (que puede ser variable) con respecto a la dirección del viento para aprovechar la energía del mismo.

Con referencia ahora a la Figura 2, la turbina eólica 10 incluye un generador eléctrico 26 acoplado al rotor 14 para generar energía eléctrica a partir de la energía rotativa generada por el rotor 14. El generador 26 puede ser cualquier tipo apropiado de generador eléctrico, tal como, sin limitación, un generador de inducción de rotor devanado, un generador de inducción de doble alimentación (DFIG, también denominados generadores asíncronos de doble alimentación), un generador síncrono de imán permanente (PM), un generador síncrono excitado eléctricamente y un generador de reluctancia conmutada. El generador 26 incluye un estátor (no mostrado) y un rotor (no mostrado), con un entrehierro incluido entre ambos. El rotor 14 incluye un eje 28 del rotor acoplado al cubo 22 del rotor para la rotación con él. El generador 26 está acoplado al eje 28 del rotor, de modo que la rotación del eje 28 del rotor impulse la rotación del rotor del generador y, por lo tanto, la operación del generador 26. En la realización ejemplar, el rotor del generador tiene un eje 30 del generador acoplado al mismo y acoplado al eje 28 del rotor, de modo que la rotación del eje 28 del rotor impulse la rotación del rotor del generador. En otras realizaciones, el rotor del generador está acoplado directamente al eje 28 del rotor, a veces denominado "turbina eólica de accionamiento directo". En la realización ejemplar, el eje 30 del generador está acoplado al eje 28 del rotor a través de una caja 32 de cambios, aunque en otras realizaciones el eje 30 del generador está acoplado directamente al eje 28 del rotor.

El par del rotor 14 impulsa al rotor del generador, generando con ello una energía eléctrica de CA de frecuencia variable a partir de la rotación del rotor 14. El generador 26 tiene un par de entrehierro entre el rotor del generador y el estátor que se opone al par del rotor 14. Un conjunto 34 de conversión de la energía está acoplado al generador 26 para convertir la CA de frecuencia variable en una CA de frecuencia fija para su suministro a una carga eléctrica (no mostrada en la Figura 2), tal como, sin limitación, una red eléctrica (no mostrada en la Figura 2), acoplada al generador 26. El conjunto 34 de conversión de la energía puede incluir un único convertidor de frecuencia o una pluralidad de convertidores de frecuencia configurados para convertir la electricidad generada por el generador 26

en una electricidad adecuada para su suministro a la red eléctrica. El conjunto 34 de conversión de la energía también puede ser denominado en el presente documento convertidor de energía. El conjunto 34 de conversión de la energía puede situarse en cualquier lugar dentro de la turbina eólica 10 o alejado de la misma. Por ejemplo, el conjunto 34 de conversión de la energía puede situarse dentro de una base (no mostrada) de la torre 16.

- 5 En algunas realizaciones, la turbina eólica 10 puede incluir un limitador de velocidad del rotor; por ejemplo, sin limitación, un freno 36 de disco. El freno 36 de disco frena la rotación del rotor 14, por ejemplo, para ralentizar la rotación del rotor 14, frenar el rotor 14 contra todo el par del viento y/o reducir la generación de energía eléctrica del generador eléctrico 26. Además, en algunas realizaciones, la turbina eólica 10 puede incluir un sistema 38 de guiñada para hacer girar la góndola 12 en torno a un eje 40 de rotación para cambiar la guiñada del rotor 14 y, más específicamente, para cambiar la dirección en la que está orientado el rotor 14, para, por ejemplo, ajustar el ángulo entre la dirección en la que está orientado el rotor 14 y la dirección del viento.

- 10 En la realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye un sistema 42 de paso de las palas para controlar, entre otros elementos, y sin limitación, un ángulo de paso de las palas 24 con respecto a la dirección del viento. El sistema 42 de paso de las palas está acoplado al cubo 22 y a las palas 24 para cambiar el ángulo de paso de las palas 24 haciendo girar a las palas 24 con respecto al cubo 22.

- La Figura 3 es una vista en perspectiva de una realización ejemplar del sistema 42 de paso de las palas (mostrado en la Figura 2). En la realización ejemplar, el sistema 42 de paso de las palas incluye al menos un accionador 46 del paso, un freno 48 del paso de las palas, un controlador 50 del paso de las palas y un sensor 52 del desplazamiento del paso de las palas. Aunque en el presente documento se lo describe separado del controlador 44 del sistema (mostrado en la Figura 2), en al menos algunas realizaciones, el controlador 50 del paso de las palas puede estar incluido dentro del controlador 44 del sistema. En la realización ejemplar, cada pala 24 está acoplada a un accionador 46 del paso y el accionador 46 del paso hace girar a las palas 24 con respecto al cubo 22 (mostrado en la Figura 2). Por ejemplo, la pala 24 puede estar directamente acoplada al accionador 46 del paso, o acoplada al accionador 46 del paso a través de una serie de engranajes (no mostrados en la Figura 3). En la realización ejemplar, el accionador 46 del paso es un motor eléctrico; sin embargo, el accionador 46 del paso puede incluir cualquier estructura, configuración, disposición, medio y/o componentes adecuados, estén o no descritos y/o mostrados en el presente documento, tales como, sin limitación, cilindros hidráulicos, resortes y/o servomecanismos. Además, el accionador 46 del paso puede ser impulsado por cualquier medio adecuado, esté o no descrito y/o mostrado en el presente documento, tales como, sin limitación, fluido hidráulico, energía eléctrica, energía electroquímica y/o energía mecánica, tal como, sin limitación, fuerza de resortes. En la realización ejemplar, un freno 48 del paso de las palas está acoplado a cada accionador 46 del paso de las palas. El freno 48 del paso de las palas puede acoplarse en cualquier lugar dentro del sistema 42 del paso de las palas del rotor que facilite la evitación del movimiento de la pala 24 con respecto al cubo 22.

- En la realización ejemplar, cuando está activado, el freno 48 del paso de las palas impide que el accionador 46 del paso se mueva y, por lo tanto, impide que cambie el paso de la pala 24. Por ejemplo, el freno 48 del paso de las palas puede incluir una pastilla y/o una pinza de freno (no mostradas en la Figura 3) que impidan el movimiento del accionador 46 del paso cuando sean presionadas contra un componente móvil dentro del accionador 46 del paso. El freno 48 del paso de las palas se libera cuando el controlador 44 del sistema envía una señal de ajuste del paso de las palas al accionador 46 del paso. Se activa el freno 48 del paso de las palas cuando se logra el paso deseado de las palas. En la realización ejemplar, el freno 48 del paso de las palas es un freno electromecánico activado por bobina. En la realización ejemplar, cuando se aporta energía a la bobina electromagnética, se desactiva una pastilla de freno del freno 48 del paso de las palas, por ejemplo, mantenido en una posición de no frenado alejada del accionador 46 del paso. Cuando no se aporta energía a la bobina electromagnética, un dispositivo de empuje (por ejemplo, un resorte) presiona la pastilla de freno contra una porción del accionador 46 del paso, que mantiene el paso de las palas. A medida que se desgasta el freno 48 del paso de las palas se va reduciendo la capacidad del freno 48 del paso de las palas de impedir el movimiento del accionador 46 del paso.

- En la realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye un sensor 52 de desplazamiento del paso de las palas. El sensor 52 de desplazamiento del paso de las palas mide el desplazamiento del paso de las palas midiendo el desplazamiento del accionador 46 del paso de las palas. Por ejemplo, el sensor 52 de desplazamiento puede incluir, sin limitación, un codificador, un medidor de potencial, un transductor lineal de desplazamiento variable (LVDT) y/o cualquier otro dispositivo adecuado para medir un cambio en el paso de las palas y/o un desplazamiento del accionador 46 del paso. Un desplazamiento del accionador 46 del paso se define en el presente documento no como una distancia movida por el accionador 46 del paso para alcanzar una segunda posición partiendo de una primera posición, sino más bien como una cantidad total de movimiento del accionador 46 del paso. Por ejemplo, cuando el accionador 46 del paso es un accionador rotativo, el accionador 46 del paso gira una revolución y media en una primera dirección y una revolución y media en la dirección opuesta, el desplazamiento del accionador 46 del paso es de tres revoluciones. Además, cuando el accionador 46 del paso es un accionador lineal, si el accionador 46 del paso se traslada 12,7 milímetros en una primera dirección y 12,7 milímetros en la dirección opuesta, el desplazamiento del accionador 46 del paso es de 25,4 milímetros.

El sensor 52 de desplazamiento proporciona datos de salida, por ejemplo, al controlador 44 del sistema y/o al controlador 50 del paso de las palas. Cuando se activa el freno 48 del paso de las palas y el freno 48 del paso de las palas no precisa de mantenimiento, el desplazamiento del accionador 46 del paso es bajo. Sin embargo, a medida que se desgasta el freno 48 del paso de las palas, aumenta el desplazamiento del accionador 46 del paso de las palas incluso cuando está activado el freno 48 del paso de las palas. En otras palabras, a medida que se desgasta el freno 48 del paso de las palas, es cada vez más incapaz de evitar el movimiento del accionador 46 del paso y, por lo tanto, aumenta el desplazamiento del accionador 46 del paso medido por el sensor 52 de desplazamiento. Asimismo, cuando el sensor 52 de desplazamiento está configurado para medir un cambio en el paso de las palas, aumenta el cambio en el paso de las palas mientras está activado el freno 48 del paso de las palas a medida que el freno 48 del paso de las palas se desgasta.

La Figura 4 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de la turbina eólica 10. En la realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye uno o más controladores 44 del sistema acoplados a al menos un componente de la turbina eólica 10 para controlar en general la operación de la turbina eólica 10 y/o controlar la operación de los componentes de la misma, con independencia de si tales componentes están descritos y/o se muestran en el presente documento. Por ejemplo, el controlador 44 del sistema está acoplado al sistema 42 de paso para controlar en general el paso de las palas 24. En la realización ejemplar, el controlador 44 del sistema está montado dentro de la góndola 12 (mostrada en la Figura 2); sin embargo, además, o de forma alternativa, uno o más controladores del sistema pueden estar alejados de la góndola 12 y/o de otros componentes de la turbina eólica 10. Pueden usarse controladores 44 del sistema para la monitorización y el control generales del sistema, incluyendo, sin limitación, la regulación del paso y la velocidad, la aplicación del freno al árbol de alta velocidad y a la guiñada, la aplicación del motor a la guiñada y a la bomba, y/o la monitorización de fallos. En algunas realizaciones pueden usarse arquitecturas de control distribuidas o centralizadas alternativas.

En una realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye una pluralidad de sensores; por ejemplo, los sensores 54 y/o 56. Los sensores 54 y/o 56 miden varios parámetros, incluyendo, sin limitación, condiciones operativas y condiciones atmosféricas. Cada sensor 54 y/o 56 puede ser un sensor individual o puede incluir una pluralidad de sensores. Los sensores 54 y/o 56 pueden ser cualquier sensor adecuado que tenga cualquier ubicación adecuada dentro de la turbina eólica 10 o aleja de la misma que permita que la turbina eólica 10 funcione tal como se describe en el presente documento. En algunas realizaciones, los sensores 54 y 56 están acoplados al controlador 44 del sistema para transmitir mediciones al controlador 44 del sistema para el procesamiento de las mismas.

En algunas realizaciones, el controlador 44 del sistema incluye un bus 62 u otro dispositivo de comunicaciones para comunicar información. Uno o más procesadores 64 están acoplados al bus 62 para procesar información, incluyendo información procedentes de los sensores 52, 54 y 56 y/u otro(s) sensor(es). El o los procesadores 64 pueden incluir al menos un ordenador. Tal como se usa en el presente documento, el término ordenador no está limitado a circuitos integrados denominados ordenador en la técnica, sino que se refiere de forma amplia a un procesador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado para aplicaciones específicas y otros circuitos programables, y estos términos se usan en el presente documento de manera intercambiable.

El controlador 44 del sistema también puede incluir una o más memorias 66 de acceso aleatorio (RAM) y/u otro(s) dispositivo(s) 68 de almacenamiento. La o las RAM 66 y el o los dispositivos 68 de almacenamiento están acoplados al bus 62 para almacenar y transferir información e instrucciones que han de ser ejecutadas por el o los procesadores 64. La o las RAM 66 (y/o el o los dispositivos 68 de almacenamiento, si están incluidos) también pueden ser usadas para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones por el o los procesadores 64. El controlador 44 del sistema también puede incluir una o más memorias 70 de solo lectura (ROM) y/u otros dispositivos estáticos acoplados al bus 62 para almacenar y proporcionar información e instrucciones estáticas (es decir, no cambiantes) al o a los procesadores 64. El o los procesadores 64 procesan información transmitida desde una pluralidad de dispositivos eléctricos y electrónicos que pueden incluir, sin limitación, transductores de velocidad y potencia. Las instrucciones que se ejecutan pueden incluir, sin limitación, algoritmos residentes conversores y/o comparadores. La ejecución de secuencias de instrucciones no está limitada a ninguna combinación específica de circuitería de soporte físico y de instrucciones de soporte lógico.

El controlador 44 del sistema también puede incluir uno o varios dispositivos 72 de entrada/salida o estar acoplado a los mismos. El o los dispositivos 72 de entrada/salida pueden incluir cualquier dispositivo conocido en la técnica y proporcionar datos de entrada al controlador 44 del sistema y/o proporcionar salidas tal como, sin limitación, salidas de control de la guiñada y/o de control del paso. Pueden proporcionarse instrucciones a la RAM 66 desde el dispositivo 68 de almacenamiento, que incluye, por ejemplo, un disco magnético, un circuito integrado de memoria de solo lectura (ROM), un CD-ROM y/o un DVD, por medio de una conexión remota, que es cableada o inalámbrica, que proporciona acceso a uno o más medios accesibles electrónicamente. En algunas realizaciones, puede usarse circuitería cableada en lugar de instrucciones de soporte lógico o en combinación con las mismas. Así, la ejecución de secuencias de instrucciones no está limitada a ninguna combinación específica de circuitería de soporte físico y de instrucciones de soporte lógico, estén o no descritas y/o se muestren o no en el presente documento. Además, en la realización ejemplar, el o los dispositivos 72 de entrada/salida pueden incluir, sin limitación, periféricos de ordenador asociados con una interfaz de operario tal como un ratón y un teclado (ninguno de los cuales se muestra

en la Figura 4). Alternativamente, también pueden usarse otros periféricos de ordenador que pueden incluir, por ejemplo, un escáner (no mostrado en la Figura 4). Además, en la realización ejemplar, canales de salida adicionales pueden incluir, por ejemplo, un monitor de interfaz del operario (no mostrado en la Figura 4). El controlador 44 del sistema también puede incluir una interfaz 74 de sensores que permita que el controlador 44 del sistema se comunique con los sensores 52, 54 y 56 y/u otro(s) sensor(es). La interfaz 74 de sensores puede incluir uno o más convertidores analógicos-digitales que conviertan señales analógicas en señales digitales que puedan ser usadas por el o los procesadores 64.

La Figura 5 es un diagrama de bloques de un sistema 42 de paso de las palas del rotor (mostrado en la Figura 3). En la realización ejemplar, el controlador (50) del paso de las palas incluye un módulo 80 de control del accionador del paso de las palas, un módulo codificador/decodificador 82 y un módulo 84 de control del freno. Tal como se usa en el presente documento, el término controlador se refiere a un procesador; por ejemplo, unidades centrales de proceso, microprocesadores, microcontroladores, circuitos de conjuntos reducidos de instrucciones (RISC), circuitos integrados para aplicaciones específicas (ASIC), circuitos lógicos y cualquier otro circuito o procesador capaz de ejecutar las funciones descritas en el presente documento. En la realización ejemplar, el controlador 44 del sistema proporciona al controlador 50 del paso de las palas señales de control del paso de las palas. Por ejemplo, cuando se solicita un cambio de un paso de las palas de diez grados a un paso de las palas de cinco grados, el módulo 84 de control del freno aporta energía al freno 48 del paso de las palas, lo que desactiva el freno 48 del paso de las palas. Después de un retardo predefinido de accionamiento del freno (por ejemplo, una longitud de tiempo predeterminada para permitir que el freno 48 del paso se desacople del accionador 46 del paso), el controlador 50 del paso de las palas proporciona al accionador 46 del paso una señal que da instrucciones al accionador 46 del paso para que cambie el paso de la pala 24 de diez grados a cinco grados. Una vez que se logra el paso de cinco grados, el módulo 84 de control deja de aportar energía al freno 48 del paso de las palas, lo que activa el freno 48 del paso de las palas. Mientras está activado el freno 48 del paso de las palas, el módulo codificador/decodificador 82 recibe señales de desplazamiento procedentes del sensor 52 de desplazamiento y proporciona las señales de desplazamiento, por ejemplo, al controlador 44 del sistema para su procesamiento. El controlador 44 del sistema usa las señales de desplazamiento para determinar el nivel de desgaste del freno.

La Figura 6 es un diagrama 100 de flujo que muestra el procedimiento 110 ejemplar de monitorización del desgaste de un freno del paso de las palas, por ejemplo el freno 48 del paso de las palas (mostrado en la Figura 3). En una realización ejemplar, el procedimiento 110 es un procedimiento implementado por ordenador; por ejemplo, un procedimiento implementado por ordenador ejecutado por una estación de trabajo y/o un ordenador personal, por ejemplo el controlador 44 del sistema (mostrado en la Figura 4). En otra realización ejemplar, un programa de ordenador implementado en un medio legible por ordenador incluye al menos un segmento de código que, cuando es ejecutado por un ordenador, lleva a cabo el procedimiento 110. En la realización ejemplar, el procedimiento 110 incluye la activación 120 del freno 48 del paso de las palas. El procedimiento 110 también incluye la medición 122 del desplazamiento del paso de las palas mientras está activado el freno 48 del paso. En la realización ejemplar, el desplazamiento del paso de las palas se mide 122 midiendo el desplazamiento de un accionador del paso de las palas, por ejemplo el accionador 46 del paso de las palas (mostrado en la Figura 3). Por ejemplo, el controlador 44 del sistema cuenta los impulsos de codificador recibidos de un sensor de desplazamiento, por ejemplo el sensor 52 de desplazamiento (mostrado en la Figura 3) cuando el freno 48 del paso está activado.

En la realización ejemplar, el procedimiento 110 también incluye la determinación 124 de un nivel de desgaste del freno en función del desplazamiento del paso de las palas mientras está activado el freno 48 del paso. Tal como se ha descrito en lo que antecede, el desplazamiento del accionador 46 del paso de las palas cuando está activado el freno 48 del paso para evitar el desplazamiento del accionador 46 del paso de las palas es una indicación de que el desgaste de los componentes dentro del freno 48 del paso (por ejemplo, una pastilla de freno) ha alcanzado un nivel apreciable. En la realización ejemplar, el procedimiento 110 también incluye la generación 126 de una señal de salida del nivel de desgaste del freno correspondiente al nivel de desgaste del freno. El procedimiento 110 también puede incluir proporcionar 128 la señal de salida del nivel de desgaste del freno a un dispositivo de salida; por ejemplo, sin limitación, a un monitor, a un cuadro de señales, a un teléfono celular, a una alarma y/o a cualquier otro dispositivo de salida que convierta la señal de desgaste del freno en una alerta visual, una alerta auditiva y/o una alerta táctil (por ejemplo, una vibración) que puedan ser percibidas por un operario de la turbina eólica. Puede proporcionarse la señal de salida del nivel de desgaste del freno a un dispositivo de salida cuando el desgaste del freno supere un nivel predeterminado de desgaste del freno, por ejemplo un nivel de desgaste del freno almacenado en la ROM 70 (mostrada en la Figura 4). Alternativamente, la señal de salida del nivel de desgaste del freno puede incluir múltiples señales de desgaste del freno, representando cada una un nivel diferente de desgaste del freno. Por ejemplo, una primera señal de desgaste del freno puede corresponder a un desgaste menor, informando a la empresa explotadora de la turbina eólica de que se recomienda que se programe un mantenimiento, por ejemplo, dentro de seis meses. Una segunda señal de desgaste del freno puede corresponder a un desgaste mayor, informando a la empresa explotadora de la turbina eólica de que se recomienda que se programe un mantenimiento, por ejemplo, dentro de un mes. Una tercera señal de desgaste del freno puede corresponder a un desgaste aún mayor, informando a la empresa explotadora de la turbina eólica de que se recomienda que se lleve a cabo el mantenimiento inmediatamente. Aunque se describen como tres niveles de señales de desgaste del freno, puede usarse cualquier número de señales de desgaste del freno que permita la monitorización del desgaste del freno tal como se describe en el presente documento.

En la realización ejemplar, la determinación 124 de un nivel de desgaste del freno incluye determinar un valor de pérdida de frenada. En la realización ejemplar, se determina un valor de pérdida de frenada con el tiempo. Por ejemplo, se hace seguimiento cada día al número de impulsos de codificador recibidos procedentes del sensor 52 de desplazamiento mientras el freno 48 del paso está activado, dando como resultado un valor de pérdida de frenada por día. Un valor creciente de pérdida de frenada por día indica que el desgaste del freno está aumentando. Pueden almacenarse niveles predefinidos de valores de pérdida de frenada por día, por ejemplo en la ROM 70, y ser usados para generar 126 la señal de salida del nivel de desgaste del freno.

En una realización alternativa, el valor de pérdida de frenada consiste en el número total de impulsos del codificador recibidos procedentes del sensor 52 de desplazamiento mientras está activado el freno 48 del paso. Los niveles predefinidos de los impulsos totales del codificador puede estar almacenados y ser usados para generar 126 la señal de salida del nivel de desgaste del freno. Puede determinarse el valor de pérdida de frenada después de un retardo incluido en el cálculo para evitar que un tiempo transitorio entre una posición desactivada y una posición activada se incluya en la determinación de la pérdida de frenada. Por ejemplo, pueden descartarse los impulsos del codificador recibidos durante un retardo del accionamiento del freno del paso y/o pueden descartarse un número predefinido de impulsos del codificador antes de hacer seguimiento de los impulsos del codificador usados para determinar el valor de pérdida de frenada.

Las realizaciones descritas en lo que antecede facilitan la operación eficiente y rentable de una turbina eólica. El sistema de control del paso de las palas descrito en el presente documento proporciona a la empresa explotadora de la turbina eólica una predicción del nivel de desgaste presente en los frenos del paso de las palas. La predicción facilita una programación más precisa de las labores de mantenimiento, incluyendo, sin limitación, el cambio de las pastillas de freno dentro de los frenos del paso de las palas. La predicción facilita evitar que el desgaste de los frenos interrumpa el funcionamiento de la turbina eólica; por ejemplo, debido a problemas causados porque no se lleven a cabo tareas de mantenimiento preventivo, incluyendo, sin limitación, daños en el sistema del paso de las palas debidos a un mantenimiento atrasado o no realizado. La predicción también facilita evitar llevar a cabo tareas de mantenimiento innecesarias. Sin datos adicionales de desgaste del freno, la empresa explotadora de la turbina eólica puede programar tareas de mantenimiento (por ejemplo, sustitución de pastillas de freno) en la última parte de la vida prevista de la pastilla de freno. Por ejemplo, puede estimarse que una pastilla de freno dura entre seis y nueve meses, dependiendo del uso de la pastilla de freno. Por lo tanto, la empresa explotadora de la turbina eólica puede programar la sustitución de la pastilla de freno cada seis meses para garantizar que la pastilla de freno se sustituye antes de que cause daño al sistema del paso de las palas. Si el uso de la pastilla de freno es bajo durante esos seis meses, la pastilla de freno podría haberse usado más tiempo sin correr el riesgo de daños al sistema del paso de las palas. Además, se paró innecesariamente la turbina eólica para llevar a cabo el mantenimiento, reduciendo la salida de la turbina eólica. El procedimientos y los sistemas descritos en el presente documento proporcionan a la empresa explotadora de la turbina eólica información que es indicativa de la cantidad de desgaste presente en el freno del paso de las palas del rotor en la que pueden basarse las programaciones de mantenimiento.

En lo que antecede se describen con detalle realizaciones ejemplares de una turbina eólica. Los procedimientos y los sistemas no están limitados a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que, más bien, los componentes de los sistemas y/o las etapas de los procedimientos pueden utilizarse independientemente y por separado de otros componentes y/u otras etapas descritos en el presente documento.

Aunque algunas características específicas de diversas realizaciones de la invención puedan mostrarse en algunos dibujos y no en otros, esto se hace únicamente por comodidad. Según los principios de la invención, cualquier característica de un dibujo puede ser objeto de referencia y/o reivindicada en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

La presente descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo un modo preferente, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (10) que comprende:

5 un rotor (14) acoplado a un generador (26) de turbina eólica, comprendiendo dicho rotor una pluralidad de palas (24) de rotor de paso variable y un sistema de control del paso de las palas del rotor configurado para hacer girar dicha pluralidad de palas de rotor de paso variable, comprendiendo dicho sistema de control del paso de las palas del rotor un freno (48) del paso de las palas, un accionador (46) del paso de las palas y un sensor (52) de monitorización del desplazamiento, configurado para monitorizar el desplazamiento de dicho accionador del paso de las palas; **caracterizada por:**

10 un controlador (44) del sistema acoplado a dicho sistema de control del paso de las palas del rotor y configurado para controlar dicho sistema de control del paso de las palas del rotor, estando configurado dicho controlador del sistema para recibir una señal procedente de dicho sensor de monitorización del desplazamiento, monitorizar el desplazamiento de dicho accionador del paso de las palas mientras está activado dicho freno del paso de las palas, y estando configurado dicho controlador (44) del sistema, además, para seguir el desplazamiento, mientras está activado dicho freno (48) del paso de las palas, de dicho accionador (46) del paso de las palas, durante un periodo de tiempo predeterminado.

15

2. Una turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1 en la que dicho controlador (44) del sistema está configurado, además, para generar una señal de salida del nivel de desgaste del freno, correspondiente al nivel de desgaste del freno.

3. Una turbina eólica (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 que, además, comprende un
20 dispositivo de salida configurado para recibir la señal de salida del nivel de desgaste del freno y para generar una salida que indica al operador de la turbina eólica el nivel de desgaste del freno.

4. Una turbina eólica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en la que el nivel de desgaste del freno comprende al menos uno de un nivel requerido de mantenimiento, un nivel de mantenimiento futuro programado y un nivel de mantenimiento no recomendado.

25 5. Una turbina eólica (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en la que dicho controlador (44) del sistema está configurado, además, para seguir un desplazamiento total, mientras está activado dicho freno (48) del paso, de dicho accionador (46) del paso de las palas.

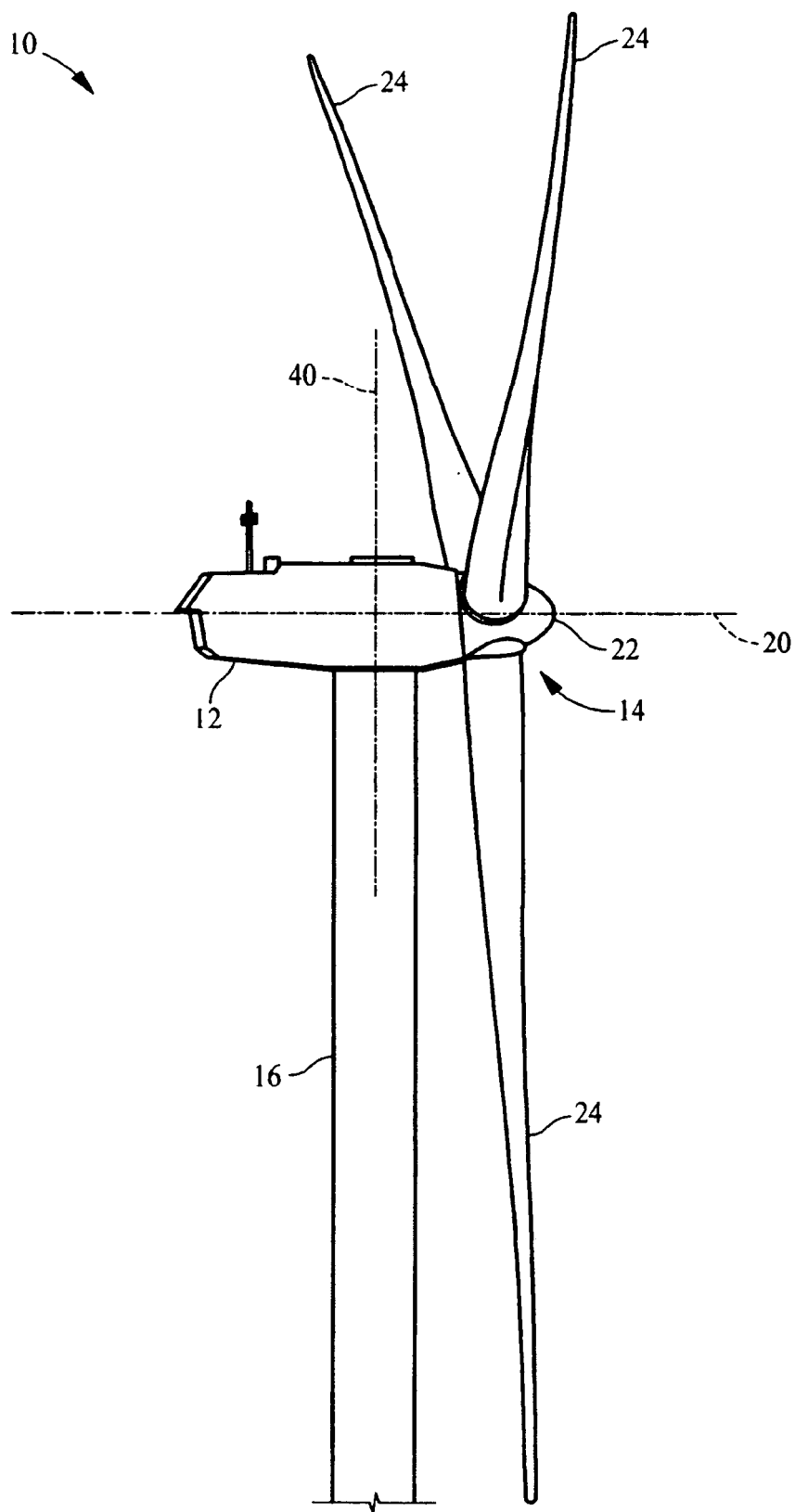


FIG. 1

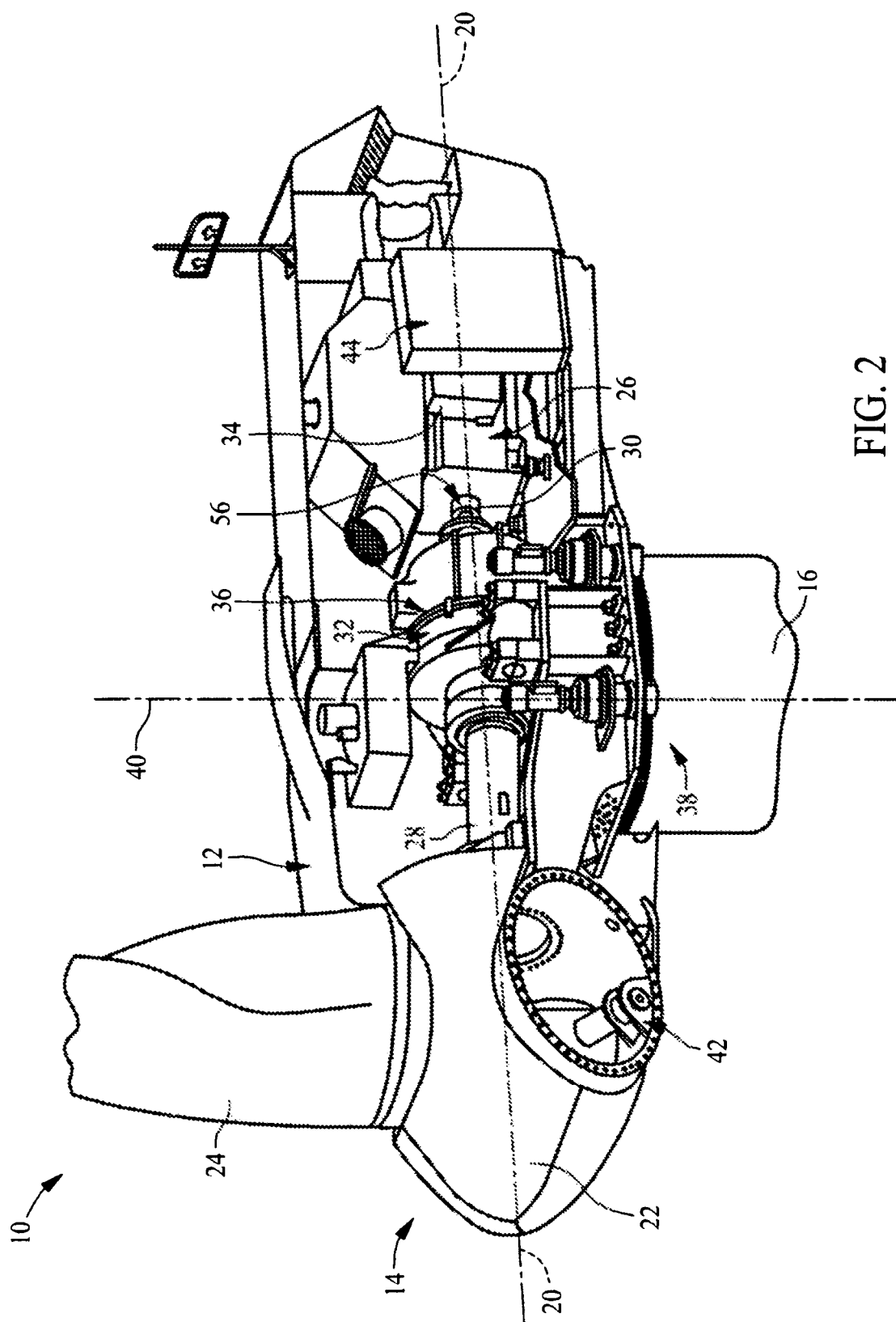


FIG. 2

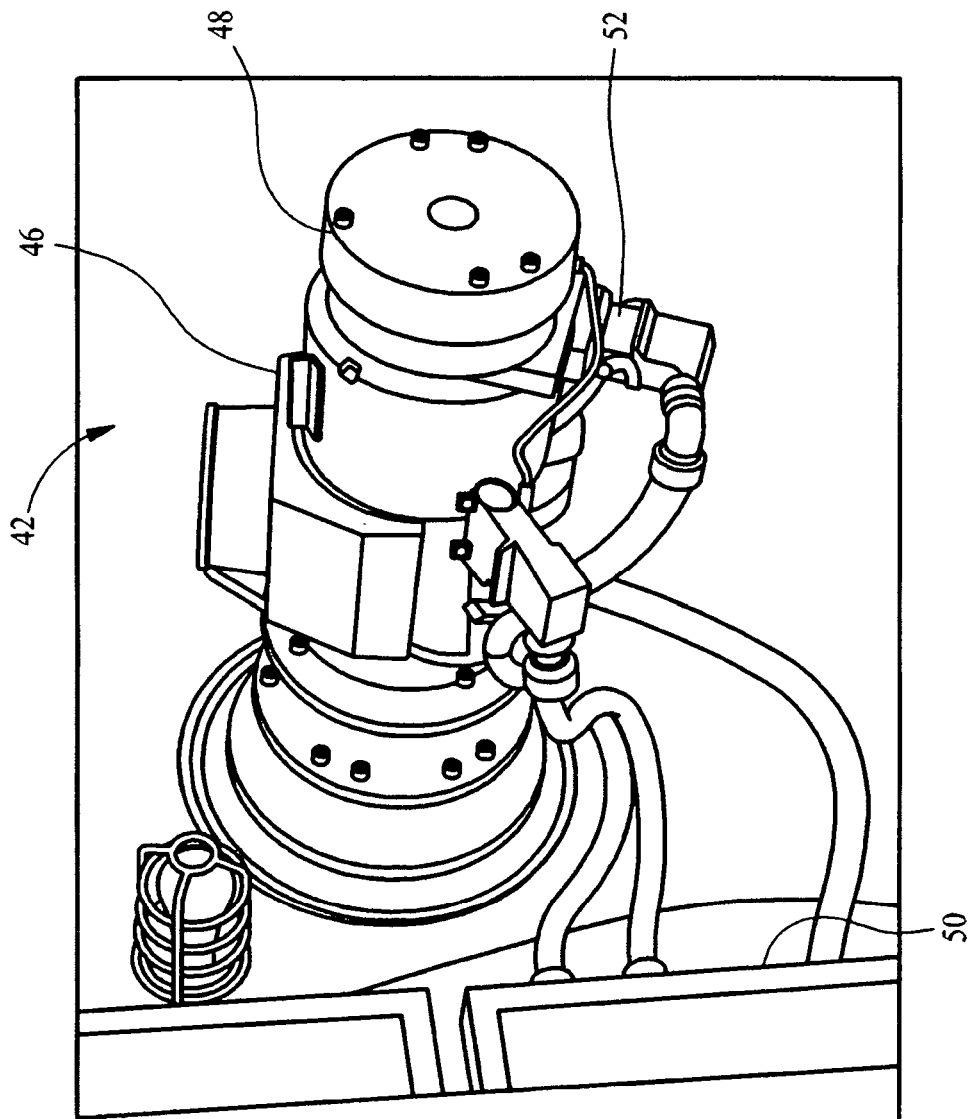


FIG. 3

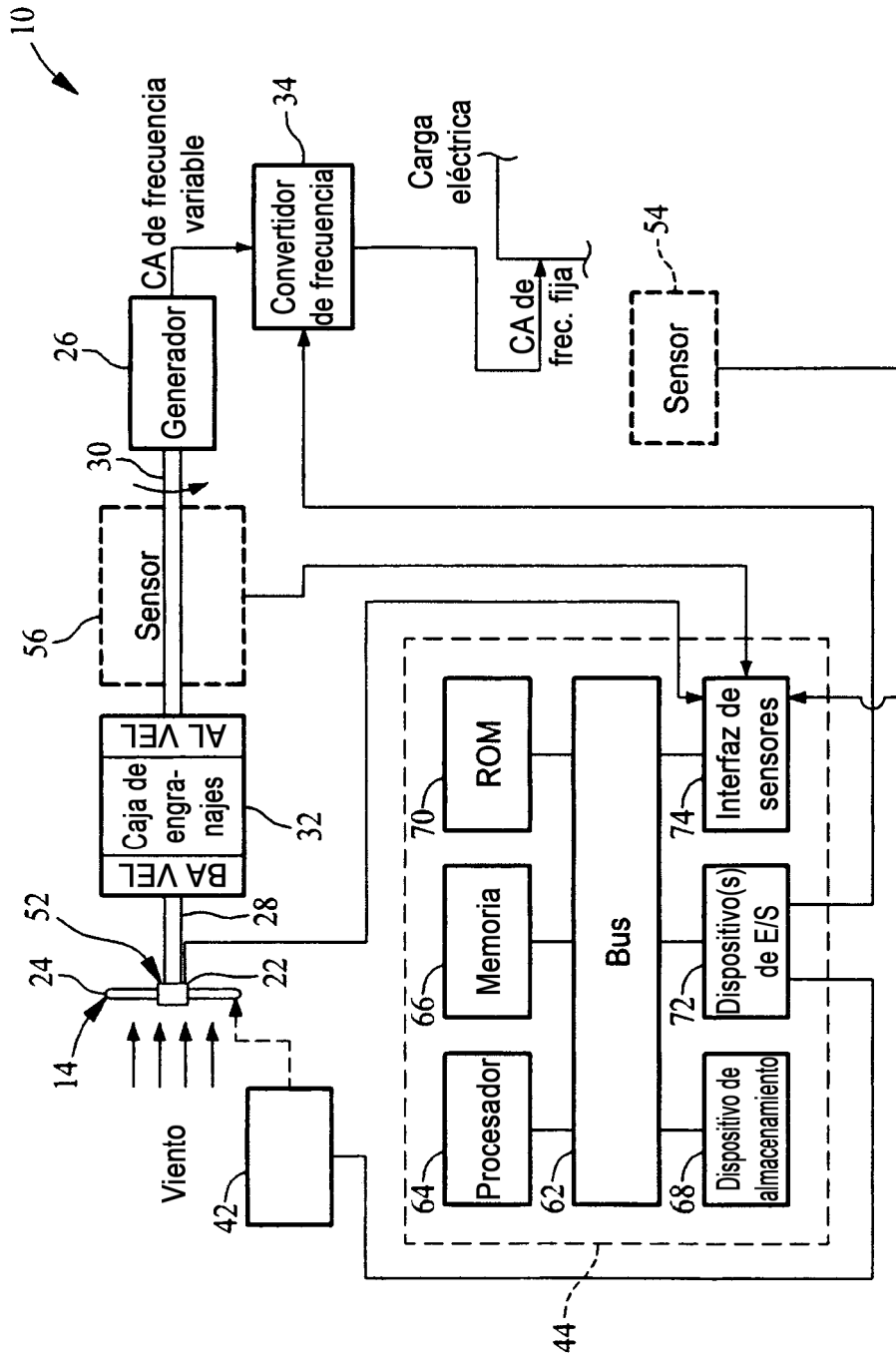


FIG. 4

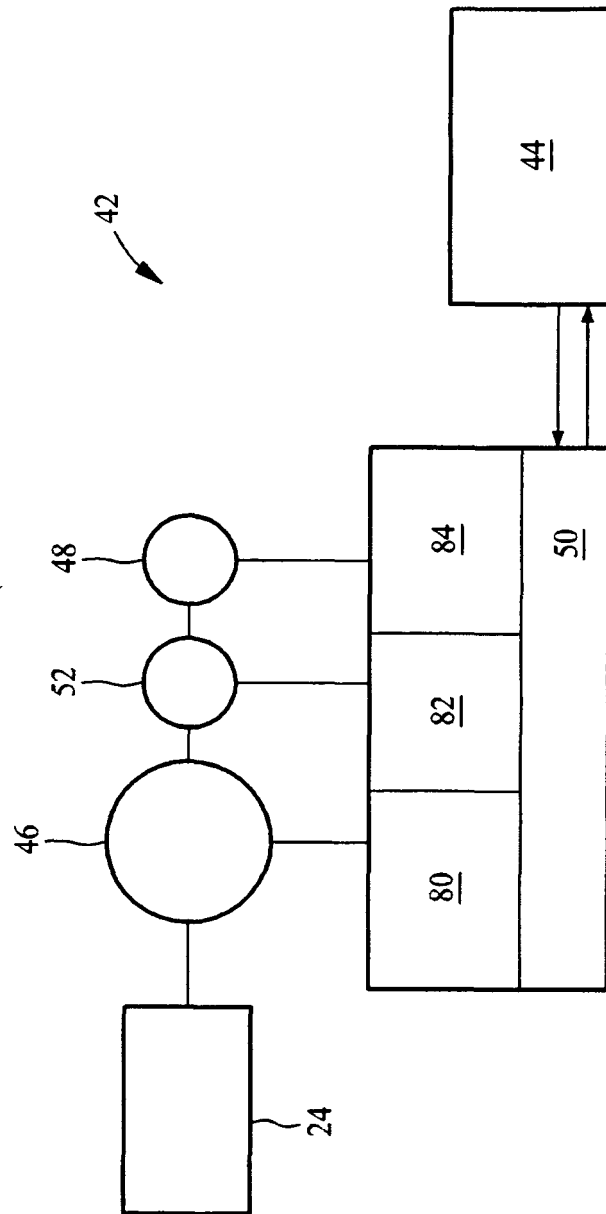


FIG. 5

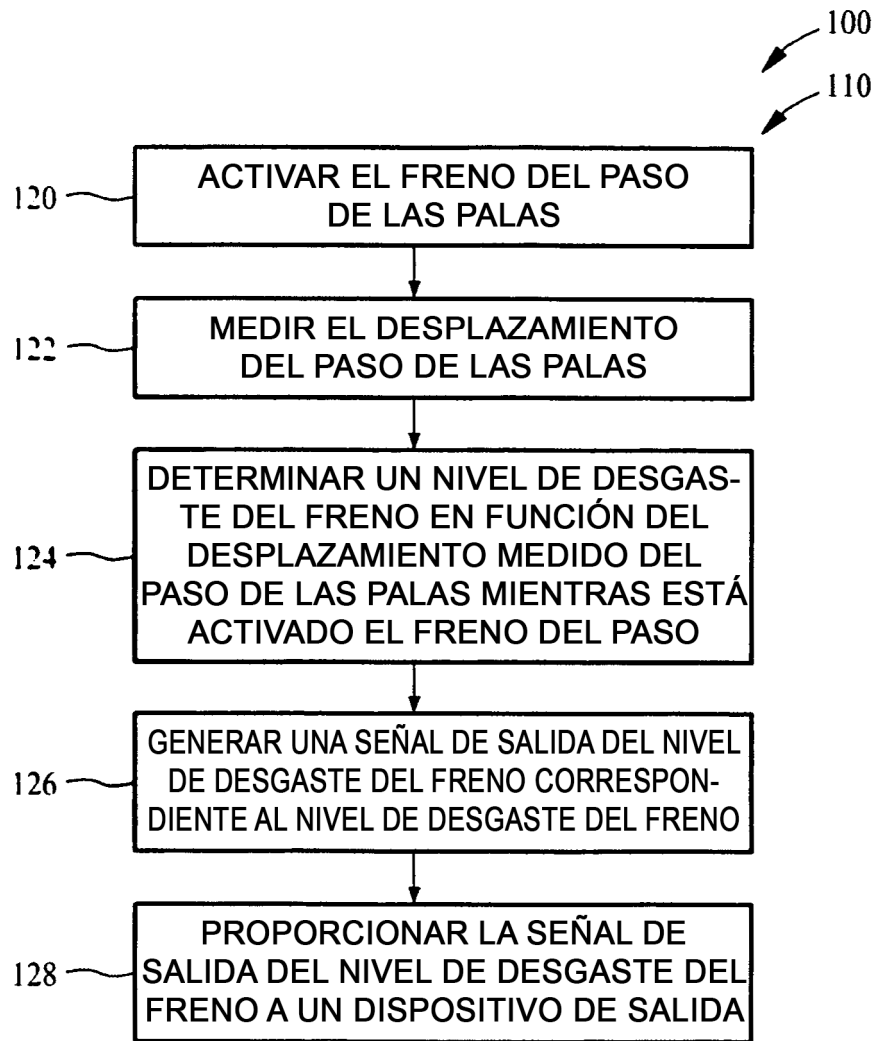


FIG. 6