

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 094**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.11.2011 PCT/EP2011/070800**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.05.2012 WO12069532**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.11.2011 E 11793705 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2643586**

54 Título: **Dispositivo de ajuste para ajustar el ángulo de colocación de una pala de rotor de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**23.11.2010 DE 102010052272**

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

**30.03.2020**

73 Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)  
Borsigstrasse 26  
26607 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**EDEN, GEORG**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

ES 2 751 094 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

Dispositivo de ajuste para ajustar el ángulo de colocación de una pala de rotor de una turbina eólica

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo de ajuste para ajustar el ángulo de colocación de una pala de rotor de una turbina eólica y un procedimiento para operar dicho dispositivo.

Las turbinas eólicas son conocidas de forma generalmente. El tipo más común de turbina que se utiliza actualmente es una turbina eólica de eje horizontal, en la que un rotor aerodinámico accionado por el viento gira esencialmente  
10 alrededor de un eje horizontal. En esencia, el eje está situado en la dirección del viento, dependiendo del ambiente, y el rotor comprende al menos una, normalmente tres palas, que cubren una superficie del rotor, que está así en esencia dispuesta de forma transversal al viento. La figura 3 muestra una turbina eólica de este tipo.

Dependiendo de la velocidad del viento, se puede cambiar el ángulo de colocación de cada pala de rotor con  
15 respecto al viento. Esto significa que la pala del rotor gira en esencia en torno a su eje longitudinal para modificar este ángulo de colocación y, por tanto, el ángulo de incidencia. El ángulo de colocación suele denominarse ángulo de inclinación y el ajuste del ángulo de colocación, cabeceo.

Para llevar a cabo el cabeceo se utiliza un dispositivo de ajuste, que suele utilizar un mecanismo de accionamiento  
20 eléctrico. De esto trata también presente invención. El accionamiento eléctrico se realiza a través de una unidad de control de potencia que se alimenta de energía eléctrica a través de una red de suministro eléctrico.

La unidad de control de potencia para la alimentación del mecanismo de accionamiento de ajuste está adaptada al  
25 mecanismo de accionamiento de ajuste, que también puede denominarse accionamiento del cabeceo. Según la invención, se contempla el uso de un motor de corriente continua para accionar el cabeceo, por lo que la unidad de control de potencia funciona como un convertidor de corriente continua. Esto significa que la unidad de control de potencia proporciona una corriente continua con la corriente necesaria para llevar a cabo el movimiento de ajuste correspondiente.

30 En caso de fallo de la red de alimentación eléctrica, se contempla el uso de un acumulador eléctrico que tenga suficiente energía almacenada *para* que el accionamiento eléctrico mueva la pala del rotor hasta la denominada posición de vela. Siempre hay que asegurarse de que este acumulador de energía eléctrica disponga de la cantidad de energía correspondiente y, por lo tanto, hay que recargarlo después de su uso y, en caso contrario, hay que asegurarse de que cualquier posible autodescarga se compense con la llamada carga de mantenimiento.

35 La carga del acumulador eléctrico se realiza a través de una fuente de corriente independiente cuya tensión de salida está adaptada a la tensión del acumulador eléctrico. Además, se proporciona un dispositivo de carga de mantenimiento que lleva a cabo la carga de mantenimiento descrita. Su tensión de salida también se adapta a la tensión del acumulador eléctrico y recarga de forma independiente el acumulador eléctrico en función de su estado  
40 de carga.

Estos sistemas son, por lo tanto, complejos, ya que deben cumplir las tareas descritas y funcionar de forma segura y repetida.

- 45 Como estado de la técnica general, se hace referencia al documento DE 20 2006 018 866 U1.

El documento DE 103 35 575 A1 da a conocer un dispositivo de ajuste de una pala de rotor de una turbina eólica y un procedimiento de funcionamiento de dicho dispositivo según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 6.

50 La función de la presente invención es, por tanto, la de resolver o reducir al menos uno de los problemas mencionados, en particular encontrar una solución para el ajuste de la pala del rotor tan simple como sea posible, y al mismo tiempo segura y repetitiva. Se debe encontrar al menos una solución alternativa.

Según la invención, se propone un dispositivo de ajuste según la reivindicación 1. Este comprende un servomotor  
55 para el desplazamiento de la pala en el ángulo de colocación, es decir, para el cabeceo, una unidad de control para el control del servomotor con corriente eléctrica y una instalación de alimentación de emergencia para la alimentación y el control del servomotor con corriente eléctrica en caso de corte de la red de suministro eléctrico. La instalación de alimentación de emergencia comprende un acumulador eléctrico para el almacenamiento de energía eléctrica que proporciona corriente eléctrica para el control del servomotor. La unidad de posicionamiento está  
60 preparada para cargar el acumulador eléctrico de la instalación de alimentación de emergencia con energía eléctrica. La unidad de posicionamiento también está preparada para realizar una doble función: por un lado, alimentar el servomotor con la corriente eléctrica necesaria y, por otro, cargar el acumulador eléctrico de la instalación de

alimentación de emergencia.

Cabe señalar que las palas de los rotores de las turbinas eólicas modernas pueden pesar varias toneladas. La pala de rotor de una turbina eólica más grande conocida actualmente tiene una anchura de más de 5 metros y una longitud de casi 60 metros en la zona de la raíz de la pala de rotor, es decir, la sección de la pala de rotor orientada hacia el eje del rotor. Sin embargo, es necesario mover la pala del rotor rápidamente para evitar sobrecargas en caso de fuertes ráfagas. En otras palabras, se requiere un mecanismo de accionamiento de ajuste grande, potente y al mismo tiempo dinámico. En consecuencia, los requisitos de la unidad de control son elevados. Así, la unidad de control está adaptada al comportamiento eléctrico del servomotor. En particular, un servomotor de este tipo tiene un comportamiento inductivo y las relaciones entre la corriente y la tensión también están influenciadas por el movimiento del motor. En particular, se produce una contratensión dependiente de las revoluciones del motor.

Por el contrario, un acumulador eléctrico como un condensador o una pila se comporta de forma completamente diferente. La tensión de este tipo de acumulador eléctrico depende especialmente del estado de carga y de la resistencia interna correspondiente. Un condensador ideal no tiene ninguna resistencia interna y la tensión depende exclusivamente del estado de carga. Los condensadores reales pueden acercarse bastante al comportamiento ideal y diferir en los aspectos básicos del comportamiento eléctrico de un inductor, especialmente de un motor.

Según la invención, se reconoció que es posible adaptar la unidad de control a la función correspondiente, a saber, por un lado, controlar el servomotor y, por otro lado, cargar el acumulador eléctrico, o prever los elementos de circuito correspondientes. Esto elimina la necesidad de una unidad de carga separada.

Preferiblemente se proporciona un dispositivo de conmutación, en particular uno o dos interruptores para conectar la unidad de control al acumulador eléctrico del dispositivo de almacenamiento de emergencia con el fin de cargar el acumulador eléctrico. Esto facilita la conexión de la unidad de control al servomotor para su funcionamiento normal, y así poder controlar el servomotor. El funcionamiento normal se define como el funcionamiento en el que se dispone de una red de suministro eléctrico que alimenta la unidad de control para el ajuste del servomotor. Para cargar el acumulador eléctrico del dispositivo de almacenamiento de emergencia, este dispositivo de conmutación sólo tiene que conectarse como corresponda para utilizar la unidad de control para la carga. Este dispositivo de conmutación conecta la unidad de control con el motor para ajustarla o con el acumulador eléctrico para cargar el acumulador.

Se prevé preferiblemente una unidad de carga de mantenimiento para recargar regularmente el acumulador eléctrico y energía eléctrica, para recargar la energía eléctrica que se ha descargado del acumulador eléctrico debido a corrientes de fuga y/o por autodescarga. Una unidad de carga de mantenimiento de este tipo sólo necesita proporcionar una corriente de carga relativamente baja en comparación con la unidad de control, ya que sólo se utiliza para recargar una pequeña parte de la capacidad total de carga del acumulador eléctrico. Por lo tanto, puede tener unas dimensiones pequeñas en comparación y es significativamente más rentable que la unidad de control.

También resulta ventajoso que el acumulador eléctrico consista, en esencia, en condensadores o acumuladores de gel de plomo. Estos componentes resultan ser componentes económicos para su uso en un dispositivo de ajuste, ya que pueden proporcionar una capacidad de almacenamiento relativamente alta y son adecuados para un funcionamiento continuo. También son adecuados para ser colocados en un rotor de una turbina eólica y, por lo tanto, girar de forma constante.

Preferiblemente se propone colocar un componente inductivo y/o un rectificador entre el acumulador eléctrico y la unidad de control. El rectificador evita la descarga no deseada del acumulador eléctrico a la unidad de control. El componente inductivo permite modificar el comportamiento eléctrico del acumulador eléctrico desde el punto de vista de la unidad de control: al cargar el acumulador eléctrico a través de un componente inductivo de este tipo, la característica de carga global del circuito de carga cambia.

Además, se propone un procedimiento para operar un dispositivo de ajuste para ajustar el ángulo de colocación de una pala de rotor de una turbina eólica según la reivindicación 6. Para ello, la pala del rotor en cuestión se mueve mediante un servomotor, esencialmente alrededor de su eje longitudinal, con el fin de ajustar el ángulo de colocación. El servomotor se alimenta de corriente eléctrica por medio de una unidad de control. El servomotor es, por lo tanto, un servomotor eléctrico. En particular, la unidad de ajuste controla la corriente eléctrica necesaria para llevar a cabo el movimiento deseado del servomotor. La unidad de control puede tener en cuenta las posiciones actuales del servomotor y/o de la pala del rotor para llevar a cabo el control en el sentido de una regulación, es decir, con realimentación de valor real.

Además, el procedimiento comprende cargar un acumulador eléctrico de una instalación de alimentación de emergencia con energía eléctrica; la carga se efectúa por medio de la misma unidad de control que suministra corriente eléctrica al servomotor y, en particular, controla la corriente. La unidad de control está conectada a una red

de suministro eléctrico y se alimenta con energía eléctrica a partir de la misma.

El procedimiento también incluye la alimentación y el control del servomotor variable con corriente eléctrica por medio de la instalación de alimentación de emergencia en caso de fallo de la red de alimentación eléctrica. La  
5 instalación de alimentación de emergencia extraerá la energía necesaria para suministrar la energía eléctrica a partir del acumulador eléctrico de la instalación de alimentación de emergencia. Por lo tanto, el procedimiento sugiere utilizar una unidad de control tanto para alimentar el servomotor con corriente eléctrica como para cargar el acumulador eléctrico de la instalación de alimentación de emergencia con energía eléctrica.

- 10 Es preferible cargar el acumulador eléctrico en al menos uno de los siguientes casos. En un caso, esto ocurre durante o al final de la puesta en marcha de la turbina eólica, es decir, durante la puesta en marcha inicial. En otro caso, la carga tiene lugar después de un corte de corriente, es decir, después de que una o más palas del rotor giren con el viento por medio de la instalación de alimentación de emergencia tras un corte de corriente. Además, el dispositivo de almacenamiento de energía podrá cargarse después de haber sido descargado deliberadamente, por  
15 ejemplo, para llevar a cabo una prueba o el mantenimiento del dispositivo de almacenamiento de energía o de otras partes del equipo. Otro caso es si no se ha llevado a cabo una carga de mantenimiento durante mucho tiempo debido a un fallo de la red o a una desconexión de la red.

El procedimiento propuesto se llevará a cabo preferiblemente utilizando uno de los dispositivos de ajuste descritos  
20 anteriormente.

Además, se propone equipar una turbina eólica con tal dispositivo de ajuste, es decir, un dispositivo de ajuste según la invención. Con ello se pretende reducir los costes de la turbina eólica y/o aumentar su eficiencia en la medida de lo posible.

- 25 A continuación, la invención se explicará con más detalle a modo de ejemplo haciendo referencia a las figuras adjuntas.

La fig. 1 muestra de forma esquemática un circuito para un dispositivo de ajuste para ajustar el ángulo de colocación  
30 de una pala de rotor según el estado actual de la técnica.

La fig. 2 muestra de forma esquemática un circuito para un dispositivo de ajuste para ajustar el ángulo de colocación de una pala de rotor según una forma de realización de la presente invención.

- 35 La figura 3 muestra una turbina eólica según la invención.

El circuito del dispositivo de ajuste 101 tiene un servomotor 102 para ajustar el ángulo de colocación. El servomotor 102 se controla mediante el convertidor de corriente continua 104, también denominado generalmente como unidad de control de potencia, para llevar a cabo un procedimiento de ajuste particular. El convertidor de corriente 104 se  
40 alimenta de energía a través de una red de alimentación eléctrica, lo que no se muestra en la fig. 1 para mayor claridad. Durante el funcionamiento normal de la turbina eólica, se establece una conexión eléctrica efectiva entre el convertidor de corriente continua 104 y el servomotor 102 por medio de los conmutadores 106 y 107, y el servomotor 102 puede controlarse de este modo como se describe en el convertidor de corriente continua 104.

- 45 En caso de fallo de la red de suministro eléctrico, el servomotor 102 debe funcionar con la ayuda de un acumulador eléctrico intermedio 108. Para ello, los conmutadores 106 y 107 se colocan en una posición en la que se establece una conexión entre el acumulador eléctrico intermedio 106 y el servomotor 102.

Para la realización de la llamada carga de mantenimiento, se prevé un circuito de carga de mantenimiento  
50 correspondiente 110. De este modo se evita o se compensa una ligera descarga del acumulador eléctrico intermedio 108 causada, por ejemplo, por corrientes de fuga y/o autodescarga. Por lo tanto, sólo se necesita dimensionar el circuito de carga de mantenimiento 110 para una potencia baja. El circuito de carga de mantenimiento 110 también se alimenta con energía mediante una red de suministro eléctrico. La tensión del acumulador eléctrico intermedio 108 se mide y comprueba con un voltímetro 112. La tensión medida también puede proporcionar información sobre  
55 el estado de carga del acumulador eléctrico intermedio 108.

Para cargar el acumulador eléctrico intermedio 108 en una medida superior a la que puede proporcionar el circuito de carga de mantenimiento 110, se proporciona un dispositivo de carga, en particular una fuente de alimentación  
60 114, que también se alimenta mediante una red de suministro eléctrico, lo que no se muestra en la fig. 1 para mayor claridad. Para la carga del acumulador eléctrico intermedio 108 se dispone de un interruptor de carga 116 y un dispositivo de carga 114. Si el interruptor de carga 116 está cerrado, se puede cargar el acumulador eléctrico intermedio 108.

Según la invención, se prevé entre otras cosas un dispositivo de ajuste simplificado en comparación con el estado de la técnica. Con este fin, se propone eliminar la fuente de energía 114.

5 En la fig. 2 se explica una forma de realización correspondiente. El circuito de un dispositivo de ajuste 1 mostrado comprende un servomotor 2 que se controla a través de una unidad de control 4 que funciona como un convertidor de corriente continua. La unidad de control 4, que funciona como un convertidor de corriente continua, genera la corriente que se va a controlar según la realización mostrada por medio de la modulación de ancho de pulso. Para controlar el servomotor 2, los conmutadores 6 y 7, así como 26 y 27 deben conmutarse de tal manera que el  
10 convertidor de corriente continua esté conectado eléctricamente al servomotor 2.

En caso de fallo de la red de alimentación, el servomotor 2 se puede controlar por medio de la energía del acumulador eléctrico intermedio 8. Los conmutadores 6 y 7 se conmutan en consecuencia para esta situación. Para llevar a cabo la carga de mantenimiento, se prevé el circuito de carga de mantenimiento 10. Tal circuito de carga de  
15 mantenimiento 10 no está por lo general diseñado para llevar a cabo una carga más allá de la carga de mantenimiento.

Para cargar total o parcialmente el acumulador eléctrico intermedio 8 más allá de una carga de mantenimiento, se propone utilizar la unidad de control 4, es decir, el convertidor de corriente continua 4, para cargar el acumulador  
20 eléctrico intermedio 8. Mediante los interruptores 26 y 27 se puede establecer una conexión eléctrica efectiva entre la unidad de control 4 y el acumulador eléctrico intermedio 8. Si los conmutadores 26 y 27 se ajustan en consecuencia, el resultado es un circuito de carga en el que un componente inductivo, en particular una bobina de choque 28, y un rectificador, en particular un diodo 30, están dispuestos en filas. Además, se prevé un sensor de corriente 32, que puede medir la corriente de carga y que está controlado para cargar el acumulador eléctrico 8. En  
25 funcionamiento normal, cuando la unidad de control 4 controla el servomotor 2, el sensor de corriente 32 también puede utilizarse para medir cualquier corriente de control.

Preferiblemente, la unidad de control 4 utiliza un procedimiento de modulación de ancho de impulsos para generar una corriente de carga para el acumulador eléctrico intermedio 8. En primer lugar, se genera una señal de pulso con  
30 un gran número de pulsos rectangulares, de una manera ya conocida. El componente inductivo 28 es adecuado para suavizar esta señal y, en particular, para evitar daños en el acumulador eléctrico intermedio. El servomotor 2, por una parte, y el acumulador eléctrico intermedio 8, por otra, tienen características eléctricas fundamentalmente diferentes, a saber, el servomotor 2, esencialmente inductivo, y el acumulador eléctrico intermedio 8, esencialmente capacitivo. Al preconnectar el componente, sus propiedades pueden ajustarse al menos ligeramente, lo que al menos  
35 simplifica, si no hace posible, la posibilidad propuesta de doble uso de una unidad de control. Asimismo, la unidad de control 4 debe adaptarse preferiblemente a los diferentes requisitos, es decir, el control de un servomotor, por un lado, y la carga de un acumulador eléctrico intermedio 8, por otro.

El rectificador 30, que se representa como un diodo y puede diseñarse como tal, evita una descarga involuntaria del  
40 acumulador eléctrico intermedio, por ejemplo, a través de la unidad de control 4.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de ajuste (1) para ajustar el ángulo de colocación de una pala de rotor de una turbina  
5 eólica, que comprende
- un servomotor (2) para mover la pala del rotor y ajustar el ángulo de colocación,
  - una unidad de control (4) para controlar el servomotor (2) con corriente eléctrica, en la que  
10 - la unidad de control (4) está conectada a una red de alimentación eléctrica
- y
- 15 - una instalación de alimentación de emergencia para alimentar y controlar el servomotor (4) con corriente eléctrica en caso de fallo de la red de alimentación eléctrica,
- en la que la instalación de alimentación de emergencia comprende un acumulador eléctrico (108) para almacenar energía eléctrica para proporcionar la corriente eléctrica para controlar el servomotor (2), y en el que la unidad de  
20 control (4) está preparada para ello,
- cargar el acumulador eléctrico (8) de la instalación de alimentación de emergencia con energía eléctrica,
- caracterizado porque un motor de corriente continua se utiliza como mecanismo de accionamiento de ajuste y  
25 porque la unidad de control (4) funciona como un convertidor de corriente continua.
2. Dispositivo de ajuste (1) según la reivindicación 1,
- caracterizado por un dispositivo de conmutación (26, 27) para conectar la unidad de control (4) al acumulador  
30 eléctrico (8) de la instalación de emergencia para cargar el acumulador eléctrico (8).
3. Dispositivo de ajuste (1) según la reivindicación 1 o 2,
- caracterizado por una unidad de carga de mantenimiento (10) para recargar regularmente el acumulador eléctrico (8)  
35 con energía eléctrica que se ha descargado del acumulador eléctrico (8) debido a corrientes de fuga y/o por autodescarga.
4. Dispositivo de ajuste (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- 40 caracterizado porque el acumulador eléctrico (8) consiste esencialmente en condensadores y/o acumuladores de gel de plomo y/o acumuladores de iones de litio.
5. Dispositivo de ajuste (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
- 45 caracterizado porque un componente inductivo (28) y/o un rectificador (28) está conectado en serie entre el acumulador eléctrico (8) y la unidad de control (4) de modo que, cuando el acumulador eléctrico (8) se carga por medio de la unidad de control (4), fluye una corriente de carga desde la unidad de control (4) a través de este componente inductivo (28) o de este rectificador.
- 50 6. Procedimiento para operar un dispositivo de ajuste (1) para ajustar el ángulo de colocación de una pala de rotor de una turbina eólica, que comprende los pasos:
- Mover la pala del rotor mediante un servomotor (2) para ajustar el ángulo de colocación,
- 55 en el que el servomotor (2) se alimenta de corriente eléctrica por medio de una unidad de control (4) conectada a una red de alimentación eléctrica,
- Cargar un acumulador eléctrico (8) de una instalación de alimentación de emergencia con energía eléctrica por medio de la unidad de control (4), y  
60 - Alimentar y controlar el servomotor (2) con corriente eléctrica mediante la instalación de alimentación de emergencia del acumulador eléctrico (8) de la instalación de alimentación de emergencia en caso de fallo de la red

de alimentación eléctrica, que se caracteriza porque el servomotor está diseñado como motor de corriente continua y porque la unidad de control (4) funciona como un controlador de corriente continua.

7. Procedimiento según la reivindicación 6,  
5  
caracterizado porque la carga del acumulador eléctrico (8) tiene lugar en el momento de la puesta en marcha de la turbina eólica, después de accionar el servomotor (2) por medio de la instalación de alimentación de emergencia en caso de fallo de la red de alimentación y/o después de una descarga selectiva del acumulador eléctrico (8).
- 10 8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7,  
caracterizado porque se utiliza un dispositivo de ajuste (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
9. Una turbina eólica con un dispositivo de ajuste (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5.  
15

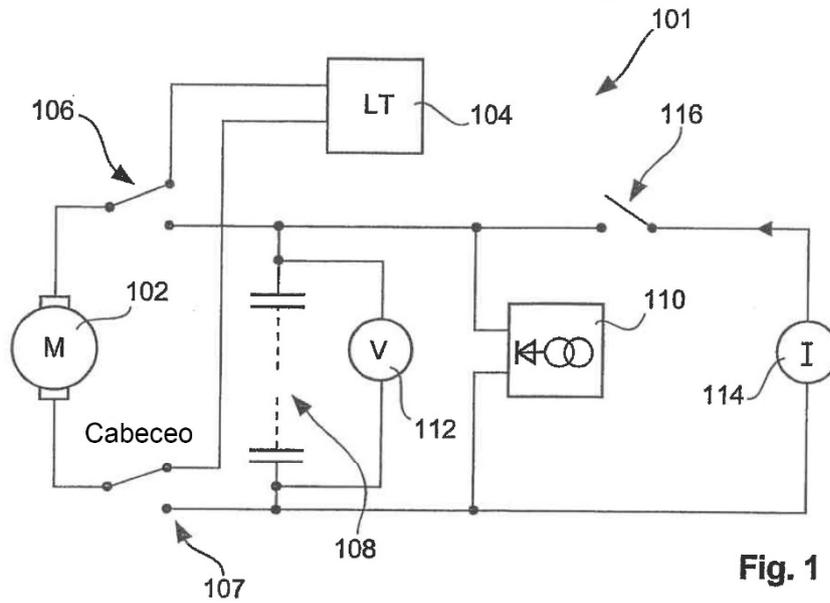


Fig. 1

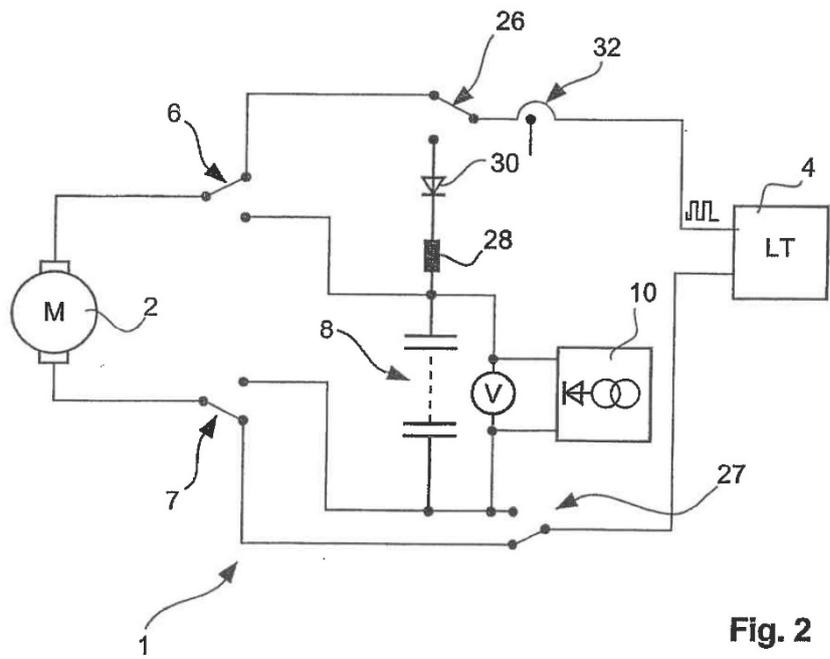
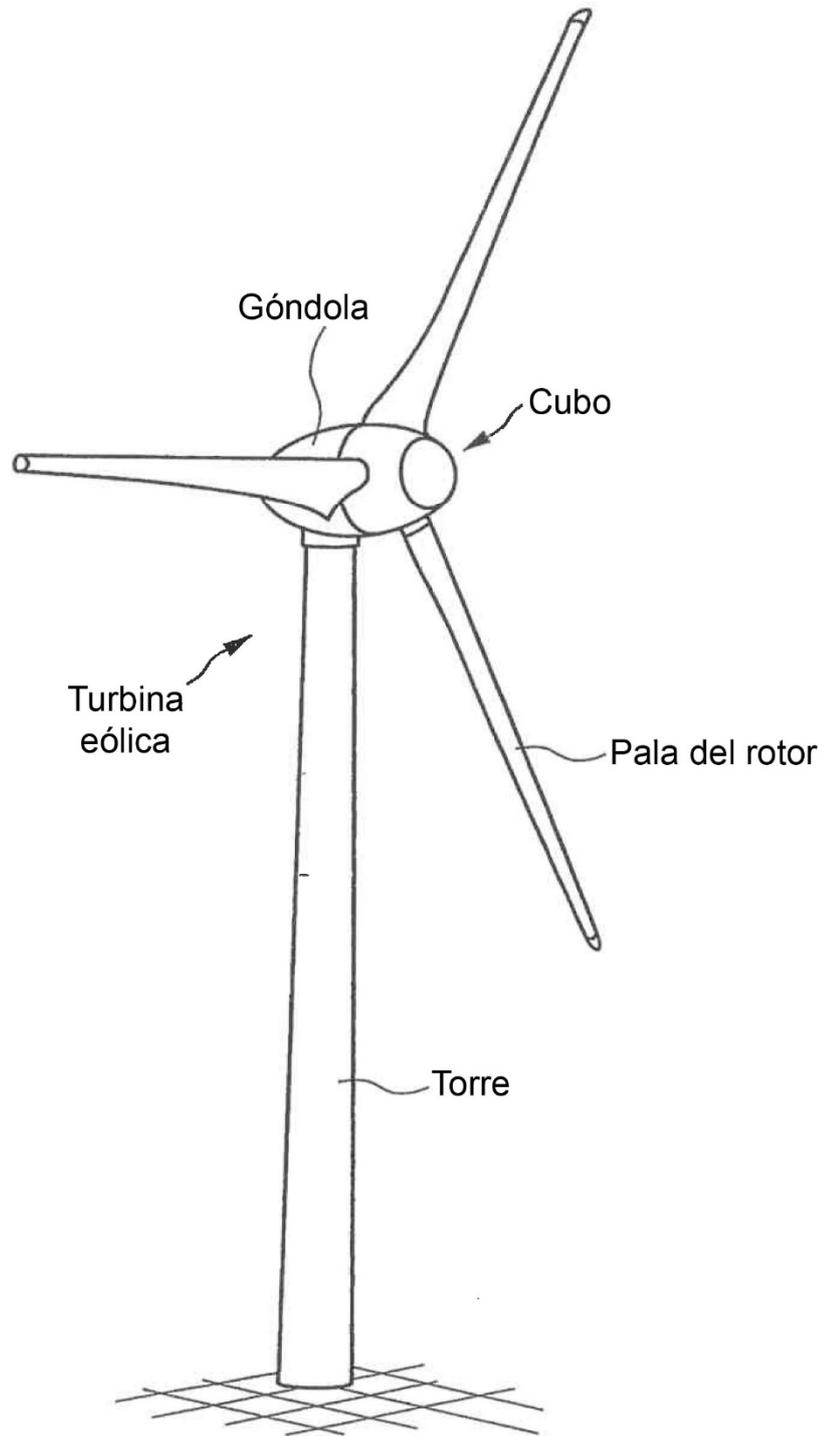


Fig. 2



**Fig. 3**