

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 397 402**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2007 E 07016313 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2012 EP 1903213**

54 Título: **Turbina eólica y método para controlar el paso del rotor de la turbina eólica**

30 Prioridad:

**20.09.2006 JP 2006254898**

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

**06.03.2013**

73 Titular/es:

**HITACHI, LTD. (50.0%)  
6-6, MARUNOUCHI 1-CHOME  
CHIYODA-KU TOKYO 100-8280, JP y  
FUJI HEAVY INDUSTRIES, LTD. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**OOHARA, SHINYA;  
ICHINOSE, MASAYA;  
FUTAMI, MOTOO;  
TSUTSUMI, KAZUYA;  
SHIRAISHI, TAKASHI;  
YOSHIDA, SHIGEO;  
KOMIYAMA, HAJIME y  
SUGINO, JUNICHI**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 397 402 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

Turbina eólica y método para controlar el paso del rotor de la turbina eólica.

## 5 CAMPO DEL INVENTO

El invento presente se refiere a una turbina eólica y a un sistema para operar la misma. Una turbina eólica como se describe en la porción del preámbulo de la reivindicación 1 de la patente es conocida por el documento WO 2004/067958 A1.

10

## ANTECEDENTES DEL INVENTO

Las turbinas eólicas de eje horizontal usadas en una turbina eólica convencional tienen una pluralidad de palas (tres palas en muchos casos), cuyos ángulos de paso son cambiados de acuerdo con la velocidad del viento para cambiar la velocidad de giro del rotor y de esta manera controlar la eficiencia energética de las palas. La turbina eólica tiene un controlador del paso del rotor, un controlador de turbina, y un dispositivo de suministro de energía como un mecanismo para cambiar los ángulos de paso de las palas. El controlador de turbina crea un comando de ángulo de paso del rotor de acuerdo con la medida de la velocidad del viento obtenida por un anemómetro, la velocidad de giro detectada por un detector de velocidad de giro, y los modos de operación y otros estados de la turbina eólica. El controlador de turbina manda a continuación el comando de ángulo de paso del rotor creado a la unidad de control de paso. El equipo auxiliar tiene un suministro de energía ininterrumpible para suministrar energía al controlador del paso del rotor y al controlador de turbina si el voltaje del sistema cae debido a un fallo de la red, permitiendo de esta manera que el control del ángulo de paso del rotor continúe de acuerdo con un comando procedente del controlador de turbina incluso durante el fallo de la red. La tecnología anterior ha sido descrita, por ejemplo, en el documento WO 2004/067958 A1.

25

Este documento describe una turbina eólica incluyendo una turbina eólica que incluye un controlador del paso del rotor, un controlador de turbina, y un primer suministro de energía ininterrumpible, el controlador de turbina tiene una función para crear un comando de ángulo de paso del rotor de acuerdo con el estado de la turbina eólica, una salida de energía del primer suministro de energía ininterrumpible está conectada a una entrada de energía del controlador de turbina, **que se caracteriza** porque la turbina eólica tiene un segundo suministro de energía ininterrumpible; el controlador del paso del rotor tiene una función para cambiar un ángulo de paso del rotor de acuerdo con un comando de ángulo de paso del rotor y otra función para crear un comando de ángulo de paso del rotor a partir del estado de la turbina eólica; una salida de energía del segundo suministro de energía está conectada a una entrada de energía del controlador del paso del rotor; y el controlador del paso del rotor tiene un selector para hacer un cambio entre el comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador de turbina de acuerdo con el estado de la turbina eólica y el comando de ángulo de paso del rotor creado internamente por el controlador del paso del rotor.

30

35

Los documentos DE 20 2005 007 450 U1 y WO 99/23384 A1 describen ambos un mecanismo de accionamiento para ajustar las palas de turbina de instalaciones de energía eólica, mientras que el primer documento está destinado esencialmente a adaptadores con medidores de esfuerzos que forman parte de un sistema de control de paso para ajustar el paso de las palas del rotor de la instalación de energía eólica, el segundo documento describe un sistema de seguridad que asegura el giro de las palas con un paso en bandera incluso aunque falle su suministro de energía.

45

## SUMARIO DEL INVENTO

El controlador del paso del rotor está dispuesto en un rotor. El controlador de turbina está dispuesto en una góndola o en una torre. Para transferir una señal de ángulo de paso del rotor al controlador del paso del rotor y suministrar energía para la operación al controlador del paso del rotor tienen que pasar, por tanto, a través de un aro colector. Si la parte del aro colector falla, no se envía un comando de ángulo de paso del rotor al controlador del paso del rotor y no se suministra energía. Una situación similar puede ocurrir si se interrumpe la línea de transmisión de la señal de ángulo de paso del rotor o la línea de energía. En este caso, la velocidad de giro del rotor no puede ser controlada, y aumenta la velocidad de giro de la turbina eólica.

50

55

En una realización preferida del invento presente, el controlador del paso del rotor, el suministro de energía ininterrumpible, y el detector de velocidad de giro están dispuestos en el rotor de la turbina eólica. Si el aro colector falla u ocurre un corte en la línea, el controlador del paso del rotor crea un comando de ángulo de paso del rotor para controlar el ángulo de paso del rotor.

60

De acuerdo con el invento presente, el control del ángulo de paso del rotor puede ser realizado con mayor fiabilidad, impidiendo de esta manera una sobrevelocidad de la turbina eólica.

Otros objetivos y características del invento presente serán clarificados en las realizaciones que se describen a continuación.

DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS

5 La Figura 1 muestra una estructura de una turbina eólica de una primera realización del invento presente.  
 La Figura 2 muestra otra estructura de la turbina eólica de la primera realización del invento presente.  
 La Figura 3 muestra la estructura del mecanismo de control del ángulo de paso del rotor de la turbina eólica de la primera realización del invento presente.  
 10 La Figura 4 muestra la estructura del controlador del paso del rotor de la primera realización del invento presente.  
 La Figura 5 muestra otra estructura ejemplar del control del ángulo de paso del rotor de la realización del invento presente.  
 La Figura 6 muestra la estructura de un mecanismo de control del ángulo de paso del rotor de la turbina eólica de una segunda realización del invento presente.  
 15 La Figura 7 muestra una estructura del controlador del paso del rotor de la segunda realización.  
 La Figura 8 es un primer gráfico que ilustra la unidad que crea el comando de ángulo de paso del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 La Figura 9 es un segundo gráfico que ilustra la unidad que crea el comando de ángulo de paso del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 20 La Figura 10 es un tercer gráfico que ilustra la unidad que crea el comando de ángulo de paso del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 La Figura 11 muestra otra estructura del controlador del paso del rotor de la segunda realización.  
 La Figura 12 muestra una primera estructura ejemplar del detector de velocidad de giro del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 25 La Figura 13 muestra una segunda estructura ejemplar del detector de velocidad de giro del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 La Figura 14 muestra una quinta estructura ejemplar del detector de velocidad de giro del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 30 La Figura 15 muestra una sexta estructura ejemplar del detector de velocidad de giro del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 La Figura 16 muestra una séptima estructura ejemplar del detector de velocidad de giro del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 35 La Figura 17 muestra una octava estructura ejemplar del detector de velocidad de giro del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 La Figura 18 muestra una novena estructura ejemplar del detector de velocidad de giro del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 La Figura 19 muestra una décima estructura ejemplar del detector de velocidad de giro del rotor de la segunda realización del invento presente.  
 40 La Figura 20 muestra la estructura de la turbina eólica de una tercera realización del invento presente.  
 La Figura 21 muestra la estructura de un mecanismo de control del ángulo de paso del rotor de la turbina eólica de una cuarta realización del invento presente.  
 La Figura 22 muestra la estructura de un mecanismo de control del ángulo de paso del rotor de la turbina de una quinta realización del invento presente.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

50 En una realización preferida del invento presente, el controlador del paso del rotor y el suministro de energía ininterrumpible están dispuestos en el rotor de la turbina eólica. El controlador del paso crea un comando de ángulo de paso del rotor de acuerdo con el estado de la turbina eólica y controla el ángulo de paso del rotor de acuerdo con el comando de ángulo de paso del rotor creado. El suministro de energía ininterrumpible del rotor suministra energía al controlador del paso del rotor.

55 [Primera realización]

Se describirá en primer lugar la estructura de una turbina eólica de una primera realización del invento presente haciendo referencia a la Figura 1. La turbina eólica recibe viento mediante el uso de las palas 11 y convierte la energía del viento en energía de giro. La energía de giro hace que gire un cubo 12 en el que están aplicadas las palas 11. Se hace referencia a la parte giratoria que comprende las palas 11 y el cubo 12 como un rotor 1. El giro del rotor 1 es transmitido a un engranaje acelerador 22 por medio de un eje 21. El engranaje acelerador 22 cambia la velocidad de giro del rotor 1 a otra velocidad de giro adecuada para un generador de energía 23. En la Figura 1 se muestra un generador de doble alimentación como el generador de energía 23. En el generador de doble alimentación hay conectados una red energética y un convertidor de energía al arrollamiento del estator y al arrollamiento del rotor, respectivamente, por medio de un aro colector. El invento presente puede ser usado incluso cuando el generador de energía 23 es un generador de imán permanente o un generador de inducción 23a.

La Figura 2 muestra otra estructura de la turbina eólica de la primera realización del invento presente, en la que se usa un generador de imán permanente o un generador de inducción como el generador de energía 23. La energía de giro del rotor 1 es convertida por el generador de energía 23 en energía eléctrica y a continuación es transferida a un convertidor de energía 31. El convertidor de energía 31 controla la frecuencia, voltaje, fase y energía de la salida de energía de CA mediante el generador de energía 23. La energía eléctrica, que es la energía eléctrica generada por la turbina eólica, es suministrada a una red energética 6 por medio de un transformador 4 y un disyuntor 5.

El ángulo de paso de la pala 11 puede ser controlado. Cuando el ángulo de la pala está ajustado, la energía eléctrica generada por la turbina eólica y la velocidad de giro de la misma pueden ser controladas.

La Figura 3 muestra la estructura del mecanismo de control del ángulo de paso del rotor de la turbina eólica en una primera realización del invento presente. De acuerdo con esta realización en el rotor 1 hay dispuestos un controlador del paso del rotor 111, el segundo suministro de energía ininterrumpible 112, y el segundo detector de fallos de energía 113. En la góndola hay dispuestos un controlador de turbina 211, el primer suministro de energía ininterrumpible 212, el primer detector de fallo de energía 213, y el suministro de energía de bajo voltaje 216. En la torre 3 pueden estar dispuestos el controlador de turbina 211, el primer suministro de energía ininterrumpible 212, el primer detector de fallo de energía 213, y el suministro de energía de bajo voltaje 216. El controlador del paso del rotor 111 comprende un motor eléctrico para cambiar el ángulo de las palas, una unidad de control para controlar la magnitud del giro del motor eléctrico, y un convertidor de energía para enviar energía al motor eléctrico. El segundo suministro de energía ininterrumpible 112 recibe la energía suministrada por la góndola y a continuación suministra la energía al controlador del paso del rotor 111. El segundo suministro de energía ininterrumpible 112 tiene una batería de almacenamiento incorporada; cuando no suministra energía al segundo suministro de energía ininterrumpible, puede, por tanto, suministrar energía al controlador del paso del rotor 111 durante un período de tiempo corto.

El controlador de turbina 211 de la góndola 2 produce un ángulo de paso del rotor apropiado haciendo referencia a una tabla de datos guardada en el controlador de turbina 211 con respecto a las medidas de la velocidad del viento, velocidades de giro del rotor detectadas, y otros estados. El primer suministro de energía ininterrumpible 212 recibe energía suministrada por el suministro de energía de bajo voltaje 216 y suministra la energía al controlador de turbina 211. La energía suministrada por el suministro de energía de bajo voltaje 216 es obtenida convirtiendo un alto voltaje (CA 6,6 kV, CA 66 kV, CA 22 kV, CA 77 kV, etc.) de la red energética conectada a la turbina eólica mediante un transformador en un bajo voltaje (CA 100 V, CA 200 V, CA 400 V, etc.). Cuando el comando de energía y un ángulo de paso del rotor son suministrados por la góndola 2 al rotor 1 pasan a través de un aro colector 7.

La Figura 4 muestra la estructura del controlador del paso del rotor de la primera realización del invento presente. Mientras está en la operación de generación de energía normal, el controlador del paso del rotor 111 recibe un comando de ángulo de paso del rotor del controlador de turbina 211 y controla el ángulo de paso del rotor conduciendo el motor de tal manera que el ángulo de paso del rotor se ajusta al valor del comando. Sin embargo, se asume que el comando de ángulo de paso del rotor procedente del controlador de turbina 211 no puede ser recibido correctamente debido al ruido eléctrico o a otro factor. El comando de ángulo de paso del rotor no puede ser transmitido tampoco debido a, por ejemplo, un fallo del aro colector 7. Alternativamente, un valor del comando de ángulo de paso del rotor correcto puede no ser recibido debido a un fallo del controlador de la turbina 211. Cuando ocurre esto, el controlador del paso del rotor 111 controla el ángulo de paso del rotor mediante el procedimiento que se describe a continuación. Cuando un detector de error de recepción del comando de ángulo de paso del rotor 1110ac del control de paso 111 determina que una señal de ángulo de paso del rotor no ha sido recibida correctamente, el controlador del paso del rotor 111 crea internamente un comando de ángulo de paso del rotor. Cuando se determina que hay un error de recepción temporal debido al ruido eléctrico, por ejemplo, el controlador del paso del rotor 111 crea un comando de ángulo de paso del rotor que tiene el mismo valor que el último comando de ángulo de paso del rotor que ha sido recibido normalmente. El controlador del paso del rotor 111 no sigue el comando de ángulo de paso del rotor procedente del controlador de turbina 211 sino que selecciona el comando de ángulo de paso del rotor creado internamente y cambia el ángulo de paso del rotor. El controlador del paso del rotor 111 puede determinar que no será capaz de recibir un comando de ángulo de paso del rotor durante un largo período de tiempo debido a una rotura de la línea, un fallo del aro colector 7 ó del controlador de turbina 211, u otro factor. En este caso, el controlador del paso del rotor 111 produce un comando de ángulo de paso del rotor haciendo referencia a una tabla de datos de comandos de ángulo de paso del rotor guardada en una memoria interna, para que las palas 11 cambien gradualmente a un estado de paso en bandera. El estado de paso en bandera hace referencia a un estado en el que los ángulos de las palas 11 son situados casi paralelos a la dirección del viento ajustando el ángulo de paso del rotor de una de las palas 11 al menos o de preferencia los ángulos de paso de todas las palas 11 a un valor controlable mínimo. Cuando las palas 11 son situadas en el estado de paso en bandera se reduce el par de entrada del rotor 1 que se recibe debido al viento. Por esta razón, cuando la turbina eólica interrumpe la generación de energía y el giro del rotor 1 está al ralentí, las palas 11 están usualmente situadas en el estado de paso en bandera. Cuando la velocidad de giro del rotor 1 es alta, si las palas 11 son cambiadas abruptamente al estado de paso en bandera, se aplica una carga excesiva a las palas 11 y al rotor 1. Para cambiar al estado de paso en bandera, por tanto, los ángulos de paso deben ser cambiados lentamente para reducir gradualmente la velocidad de giro del rotor 1. El controlador del paso del rotor 111 cambia gradualmente los ángulos

de paso al estado de paso en bandera seleccionando un comando de ángulo de paso del rotor creado internamente sin seguir un comando de ángulo de paso del rotor procedente del controlador de turbina 211. Después de que los ángulos de paso han sido cambiados completamente al estado de paso en bandera, el controlador del paso del rotor 111 espera en el estado de paso en bandera hasta que puede ser recibido un comando de ángulo de paso del rotor correcto.

El ejemplo anterior ha sido aplicado a un caso en el que no puede ser recibido un comando de ángulo de paso del rotor. Sin embargo, se realiza también una operación similar cuando se interrumpe el suministro de energía al controlador del paso del rotor 111. La energía es suministrada al controlador del paso del rotor 111 a través del aro colector 7 como en el caso del comando de ángulo de paso del rotor enviado por el controlador de turbina 211. Cuando el aro deslizante 7 falla, se corta, por tanto, la energía de control para el controlador del paso del rotor. Ya que el segundo suministro de energía ininterrumpible solo puede suministrar energía al controlador del paso del rotor durante un periodo de tiempo corto, después de que el suministro de energía procedente del segundo suministro de energía ininterrumpible haya cesado, el controlador del paso del rotor no puede responder a un comando de ángulo de paso del rotor procedente del controlador de turbina, dando lugar a una incapacidad para controlar los ángulos de paso del rotor. Casos similares pueden ser causados cuando ocurre un fallo en la red. Si ocurre un accidente tal como la caída de un rayo sobre la red energética a la que está conectada la turbina eólica, el voltaje de la red energética puede caer considerablemente, impidiendo que se suministre energía al rotor 1. Cuando se interrumpe el suministro de energía al rotor 1 debido a un fallo del aro colector 7 ó a un error de la red energética como se ha descrito anteriormente, el controlador del paso del rotor 111 opera como se describe a continuación. En primer lugar, cuando se detecta que el voltaje de la energía suministrada ha caído por debajo de un valor de referencia, el segundo detector de fallo de energía 113 del rotor 1 envía una señal de caída de voltaje 1 al controlador del paso del rotor 111 y al segundo suministro de energía ininterrumpible 112. El segundo suministro de energía ininterrumpible 112 cambia a la operación de suministro de energía almacenada internamente. Después de recibir la señal de caída de voltaje, el controlador del paso del rotor 111 produce un comando de ángulo de paso del rotor guardado internamente con el que se causa un cambio lento al estado de paso en bandera. El controlador del paso del rotor 111 da prioridad al comando de ángulo de paso del rotor creado internamente respecto al comando de ángulo de paso del rotor procedente del controlador de turbina 211 y ejecuta el comando de ángulo de paso del rotor al que se le ha dado prioridad para cambiar el ángulo de paso del rotor. El controlador del paso del rotor 111 cambia el ángulo de paso del rotor al estado de paso en bandera y entra en un modo de espera, o "standby".

La Figura 5 muestra otra estructura ejemplar que realiza el control del ángulo de paso del rotor ejecutado cuando cae el voltaje del sistema.

En esta estructura ejemplar, el suministro de energía de bajo voltaje 216 suministra energía eléctrica a una sección convertidora de energía 1110b del controlador del paso del rotor 111 durante la operación normal. Cuando cae el voltaje del sistema, el controlador del paso del rotor 111 opera según se describe a continuación. En primer lugar, el segundo detector de fallo de energía 113 detecta la caída de voltaje y produce una señal de caída de voltaje. En cuanto se recibe la señal de caída de voltaje, un relé 1110ag corta la energía eléctrica suministrada por el suministro de bajo voltaje 216 a la sección convertidora de energía 1110b. El segundo suministro de energía ininterrumpible 112 suministra energía eléctrica a la sección convertidora de energía 1110b, para que sea posible el control de ángulo de paso del rotor incluso cuando ocurre una caída de voltaje. Cuando la sección convertidora de energía 1110b recibe la señal de caída de voltaje, no responde a un comando de ángulo de paso del rotor procedente del controlador de turbina sino que hace girar el motor 1110c en un sentido que causa que el ángulo de paso del rotor se sitúe en el estado de paso en bandera. Un interruptor limitador 1110ae está preajustado para que cuando el ángulo de paso del rotor caiga a o por debajo de un valor prescrito, opere un relé 1110ad. De acuerdo con esto, cuando el ángulo de paso del rotor cae a o por debajo de un valor prescrito próximo al estado de paso en bandera, el relé 1110ad opera para interrumpir el suministro eléctrico a ser suministrado a la sección convertidora de energía 1110b. El motor 1110c se detiene a continuación y el ángulo de paso del rotor es fijado próximo al estado de paso en bandera. Una disposición como la que se ha descrito anteriormente permite que el ángulo de paso del rotor sea cambiado al estado de paso en bandera de una manera segura incluso cuando ocurre una caída de voltaje.

Para realizar correctamente el control del ángulo de paso del rotor cuando se interrumpe el suministro de energía al rotor 1, es necesario que la energía requerida para cambiar al menos el ángulo de paso del rotor al estado de paso en bandera haya sido almacenada en el segundo suministro de energía ininterrumpible 112. Cuando el estado de carga del segundo suministro de energía ininterrumpible 112 está por debajo del valor preajustado establecido, la turbina eólica, por tanto, no cambia de preferencia al estado de generación de energía. En este tipo de método de operación, se almacena un mínimo de energía necesaria, permitiendo que el suministro de energía ininterrumpible sea compacto.

Se aplica un método de operación similar al primer suministro de energía ininterrumpible 212. En caso de que se interrumpa el suministro de energía debido a un fallo de la red, el primer suministro de energía ininterrumpible 212 necesita tener almacenada la energía eléctrica requerida para el controlador de turbina 211 para cambiar la turbina eólica a un estado de paso al ralentí al menos. De acuerdo con esto, cuando el estado de carga del primer

suministro de energía ininterrumpible 212 está por debajo de un valor preajustado, la turbina eólica no cambia al estado de generación de energía.

5 El primer suministro de energía ininterrumpible y el segundo suministro de energía ininterrumpible incluyen cada uno cualquiera de estos elementos, una batería de almacenamiento, un condensador, un condensador de doble capa eléctrica, y una célula de combustible, o puede tener una combinación de una pluralidad de estos elementos.

10 Incluso cuando no se ha transmitido correctamente un comando de ángulo de paso del rotor al rotor 1 ó no se le ha suministrado la energía de control, la operación descrita anteriormente permite un control de ángulo de paso del rotor, dando como resultado un control de ángulo de paso del rotor más fiable.

[Segunda realización]

15 Una segunda realización del invento presente difiere de la primera realización en que la turbina eólica tiene un detector de velocidad de giro en el rotor.

20 En caso de una caída de voltaje del sistema debido a un fallo de la red, se permite que las turbinas eólicas sean desconectadas de la red energética. Como se han conectado recientemente más turbinas eólicas, se va a cambiar esta reglamentación. Cuando, por ejemplo, desde varias decenas hasta varios cientos de turbinas eólicas, cada una con una capacidad desde 500 kW hasta varios megavatios, están dispuestas en un lugar específico, se alcanza una capacidad total de generación de energía de cientos de megavatios. Este tipo de parque de energía eólica a gran escala necesita ser tratado de la misma manera que las grandes instalaciones generadoras de energía tales como las plantas de energía térmica convencionales y las plantas de energía hidroeléctrica. Cuando la instalación de energía eólica a gran escala anterior es desconectada de la red energética en el momento de una caída de voltaje temporal de la red energética, la red energética queda afectada igual que si se perdiera una gran instalación generadora de energía. De acuerdo con esto, si las turbinas eólicas son desconectadas de la red energética en el momento de una caída de voltaje temporal, cuando se repara la avería, a la red energética le resulta difícil retornar al estado normal, dando lugar a un apagón energético en una amplia zona.

30 En Europa, donde se están usando ya muchas turbinas eólicas, se ha creado una directriz para conectar turbinas eólicas, previendo este tipo de suceso. De acuerdo con la directriz, las turbinas eólicas deben ser dejadas conectadas a la red energética durante un tiempo fijado incluso aunque el voltaje del sistema disminuya debido a un fallo de la red. Cuando el fallo es reparado, se requiere que las turbinas eólicas sean restauradas al estado de generación de energía anterior al fallo de la red en un periodo de tiempo corto.

35 Cuando se permite que las turbinas eólicas sean desconectadas en el momento de un fallo de la red como en el caso anterior, cada turbina eólica necesita detener el giro del rotor 1 poniendo el ángulo de paso del rotor en el estado de paso en bandera. Para esto pueden usarse cualquiera de las estructuras mostradas en la primera realización. Sin embargo, cuando no se permite la desconexión incluso en el momento de un fallo de la red y se necesita la restauración al estado de generación de energía después de que el fallo de la red sea reparado, como se indica en la directriz europea, la velocidad de giro del rotor 1 de la turbina eólica necesita ser mantenida dentro del margen en el que es posible la generación de energía incluso aunque el voltaje de la red energética permanezca bajo.

45 La Figura 6 muestra la estructura de un mecanismo de control del ángulo de paso del rotor de la turbina eólica de la segunda realización del invento presente. Esta estructura habilita el control para mantener la velocidad de giro durante un fallo de red. En un rotor 1a de la turbina eólica hay dispuestos un controlador del paso del rotor 111a, un segundo suministro de energía ininterrumpible 112a, un segundo detector de fallo de energía 113a, y un segundo detector de velocidad de giro 114a. En una góndola 2 hay dispuestos un controlador de turbina 211a, un primer suministro de energía ininterrumpible 212a, un primer detector de fallo de energía 213a, un suministro de energía de bajo voltaje 216a, y un primer detector de velocidad de giro 215a. En una torre 3 pueden estar dispuestos el controlador de turbina 211a, el primer suministro de energía ininterrumpible 212a, el primer detector de fallo de energía 213a, y el suministro de energía de bajo voltaje 216a.

55 En un estado de generación de energía normal antes de un fallo de la red, el controlador del paso del rotor 111a cambia el ángulo de paso del rotor de acuerdo con un comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador de turbina 211a a partir de una velocidad del viento medida por un anemómetro 214a y de una velocidad de giro detectada por el primer detector de velocidad de giro 215a.

60 Cuando el voltaje de la red energética cae debido a un fallo de la red, la turbina eólica realiza la operación que se describe a continuación. En primer lugar, en la góndola 2a, el primer suministro de energía ininterrumpible 212a detecta una caída de voltaje causada por el fallo de la red y envía una señal de caída de voltaje al controlador de turbina 211a y al primer suministro de energía ininterrumpible 212a. Como el suministro de energía de bajo voltaje 216a no puede suministrar ya energía eléctrica debido a la caída de voltaje, el primer suministro de energía

ininterrumpible 212a suministra energía eléctrica almacenada internamente a los detectores y unidades de control incluyendo el controlador de turbina 211a.

5 La Figura 7 muestra una estructura del controlador de paso del rotor de la segunda realización. Se describe la operación del rotor 1a haciendo referencia a la Figura 7. El segundo detector de fallo de energía 113a detecta una caída de voltaje debida a un fallo de la red y envía una señal de caída de voltaje al controlador del paso del rotor 111a y al segundo suministro de energía ininterrumpible 112a. Cuando se recibe la señal de caída de voltaje, el controlador del paso del rotor 111a tiene una unidad que crea dentro de él un comando de ángulo de paso del rotor 111aaa para crear un comando de ángulo de paso del rotor, sin responder al comando de ángulo de paso del rotor enviado por el controlador de turbina 211a. El controlador del paso del rotor 111a cambia el ángulo de paso del rotor de acuerdo con el comando de ángulo de paso del rotor creado internamente.

15 Durante un fallo de la red, el voltaje de la red energética es bajo, por lo que no se suministra toda la energía eléctrica generada a la red energética. La energía no suministrada a la red energética es almacenada como energía de giro del rotor. Si el ángulo de paso del rotor antes del fallo de la red es mantenido durante el fallo de la red, la energía de entrada del viento al rotor 1a no se reduce, aumentando de esta manera la velocidad de giro del rotor. Si la velocidad de giro es grande, se excede una zona de velocidad de giro dentro de la que el generador de energía eléctrica puede operar. Cuando esto sucede, no se restaura el estado de generación de energía cuando se repara el fallo de la red. Por el contrario, cuando la velocidad del viento disminuye rápidamente durante un fallo de la red, se reduce la velocidad de giro del rotor. Si la caída de la velocidad de giro es grande y se excede la zona de velocidad de giro en la que es posible operar, el estado de generación de energía no puede ser restaurado tampoco después de la recuperación del fallo de la red.

20 Para restaurar el estado de generación de energía cuando es reparado el fallo de la red, la velocidad de giro del rotor ha sido de preferencia controlada dentro del margen en el que es posible la generación de energía. La Figura 8 muestra un ejemplo que ilustra la unidad que crea el comando de ángulo de paso del rotor 111aaa, que mantiene la velocidad de giro.

25 La Figura 8 es un primer gráfico que ilustra la unidad que crea el comando de ángulo de paso del rotor en la segunda realización del invento presente; el eje horizontal indica la velocidad de giro  $\omega$  (rad/s) y el eje vertical indica el ángulo de paso del rotor comandado correspondiente  $\alpha$  (°). Un límite inferior y un límite superior del margen de velocidad de giro que permite la generación de energía están representados por  $\omega_L$  y  $\omega_H$ , respectivamente. Un margen dentro del que la velocidad de giro  $\omega$  debe ser mantenida durante un fallo de la red está definido desde  $\omega_a$  hasta  $\omega_b$ . Estas velocidades de giro mantienen la siguiente relación:  $\omega_L < \omega_a < \omega_b < \omega_H$ . Si la velocidad de giro  $\omega$  detectada por el segundo detector de velocidad de giro es mayor que  $\omega_L$  pero menor que  $\omega_a$ , se aumenta el ángulo de paso del rotor  $\alpha$  de la pala para impedir que la velocidad de giro caiga por debajo del margen que permite la generación de energía. Por el contrario, Si la velocidad de giro  $\omega$  es mayor que  $\omega_b$  pero menor que  $\omega_H$ , se cambia el ángulo de paso del rotor  $\alpha$  en el sentido de paso en bandera para impedir que la velocidad de giro exceda el margen que permite la generación de energía. El ángulo de paso del rotor es cambiado lentamente en proporción a la velocidad de giro dentro de un margen que va desde  $\omega_a$  hasta  $\omega_b$ . Este tipo de disposición permite que la velocidad de giro de la pala sea mantenida dentro del margen operable.

30 Las Figuras 9 y 10 son un segundo gráfico y un tercer gráfico, respectivamente, que ilustran la unidad que crea el comando de ángulo de paso del rotor en la segunda realización del invento presente. Los métodos mostrados en estos dibujos pueden ser usados por la unidad que crea el comando de ángulo de paso del rotor 111aaa del controlador del paso del rotor 111a, que crea un comando de ángulo de paso del rotor a partir de una velocidad de giro detectada.

35 Cuando se ha reparado el fallo de la red, el detector de fallo de energía de la góndola 2a detecta la recuperación del fallo de la red y envía una señal de cancelación de caída de voltaje al controlador de turbina 211a. En el rotor 1a, el segundo detector de fallo de energía detecta la recuperación del fallo de la red y envía una señal de cancelación al controlador del paso del rotor 111a. El controlador del paso del rotor 111a cambia el ángulo de paso del rotor de acuerdo con el comando de ángulo de paso del rotor enviado por el controlador de turbina 211a para cambiar al estado de generación de energía de antes del fallo de la red.

40 Si el fallo de la red continúa durante un período de tiempo largo, la turbina eólica debe ser desconectada de acuerdo con la directriz para la conexión al sistema. Por esta razón, si pasa un tiempo prescrito después de que el controlador del paso del rotor 111a recibe una señal de caída de voltaje, el controlador del paso del rotor 111a interrumpe el control para mantener la velocidad de giro, descrita anteriormente, y cambia el ángulo de paso del rotor al estado de paso en bandera buscando en la tabla de datos de la memoria interna un ángulo de paso del rotor con el que se obtiene una posición en bandera.

45 Con esto se completa la descripción de las ventajas de la operación en caso de ocurrir un fallo en la red, que se consiguen disponiendo dos detectores de velocidad de giro en el rotor y en la góndola. La duplicación de la medida de la velocidad de giro consigue también otras ventajas que se explican a continuación.

En la operación de la generación de energía normal, el controlador del paso del rotor 111a cambia el ángulo de paso del rotor de acuerdo con el comando de ángulo de paso del rotor proveniente del controlador de turbina 2111a. Sin embargo, por ejemplo, el primer detector de velocidad de giro 215a de la góndola puede detectar incorrectamente una velocidad de giro  $\omega$  debido a un fallo. El controlador de turbina 211a crea un comando de ángulo de paso del rotor de acuerdo con la velocidad de giro incorrecta, por eso el comando de ángulo de paso del rotor creado es también incorrecto. Esto impide que se mantenga la velocidad de giro.

La Figura 11 muestra otra estructura del controlador del paso del rotor de la segunda realización. Ya que el segundo detector de velocidad de giro 114b está dispuesto también en el rotor 1a, se puede evitar la situación anterior en la que la velocidad de giro no puede ser mantenida. Específicamente, un detector de límite superior de velocidad de giro excedida 111bac puede determinar que la velocidad de giro detectada por un segundo detector de velocidad de giro 114b dispuesto en el rotor 1a exceda el límite superior de las velocidades de giro en el que y por debajo del que es posible la generación de energía. En este caso, el controlador del paso del rotor 111b no responde al comando de ángulo de paso del rotor proveniente del controlador de turbina, pero controla el ángulo de paso del rotor siguiendo el comando de ángulo de paso del rotor creado internamente por una unidad que crea el comando de ángulo de paso del rotor 111baa. El valor del comando de ángulo de paso del rotor creado internamente es de preferencia un valor de un comando de ángulo de paso del rotor del estado de paso en bandera para suprimir el aumento de la velocidad de giro. Esta operación suprime un aumento excesivo de la velocidad de giro del rotor 1a.

El detector de velocidad de giro 215 (215a) dispuesto en la góndola convencional es un codificador. Con el segundo detector de velocidad de giro 114a (114b) conectado en el rotor 1a en esta realización, el rotor mismo, que fija el segundo detector de velocidad de giro 114a (114b), gira, por eso se necesita un método diferente del método aplicado al detector de velocidad de giro convencional. A continuación se describe una realización del segundo detector de velocidad de giro 114a (114b) dispuesto en el rotor.

La Figura 12 muestra una primera estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor de la segunda realización del invento presente. En un primer ejemplo del primer detector de velocidad de giro 114a (114b) dispuesto en el rotor, se usa un sensor fotoeléctrico. Como se muestra en el dibujo, un sensor fotoeléctrico 121 está aplicado al cubo 12, y hay dispuestos marcadores o "dugs" 122 circunferencialmente en la sección transversal del lado del cubo de la góndola 2. El sensor fotoeléctrico 121 detecta la posición de un marcador 122 de acuerdo con la diferencia de la velocidad de reflexión. Esta disposición permite que la velocidad de giro del rotor 1 sea detectada según el número de marcadores 122 detectados en una unidad de tiempo.

La Figura 13 muestra una segunda estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor en la segunda realización del invento presente; en este detector de velocidad de giro se usa un sensor de proximidad 123. Como se muestra en el dibujo, el sensor de proximidad 123 está aplicado al cubo 12, y hay dispuestos circunferencialmente marcadores 124 en la sección transversal por el lado del cubo de la góndola 2. El sensor de proximidad 123 detecta la posición de un marcador 124 de acuerdo con la diferencia de la distancia al marcador 124. Esta disposición permite que la velocidad de giro del rotor 1 sea detectada según el número de marcadores 124 detectados por el sensor de proximidad 123 en una unidad de tiempo.

En una tercera estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor, se usa un sensor de esfuerzos. Hay aplicado un sensor de esfuerzos al cubo 12 ó a la pala 11. Se mide el esfuerzo del cubo 12 ó de la pala 11 debido a la aceleración de giro causada por el giro del rotor 1a. Ya que la magnitud del esfuerzo es determinada de acuerdo con la velocidad de giro, la velocidad de giro del rotor 1a es obtenida a partir del esfuerzo medido.

En una cuarta estructura ejemplar del detector de velocidad de giro 114a (114b) dispuesto en el rotor, se usa un sensor giroscópico. Hay dispuesto un sensor giroscópico en el cubo 12. Ya que el sensor giroscópico puede medir una velocidad de giro, puede detectar directamente la velocidad de giro del rotor 1.

La Figura 14 muestra una quinta estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor de la segunda realización del invento presente; en este detector de velocidad de giro se usan sensores de aceleración o inerciales. Como se muestra en la Figura 14, dos sensores de aceleración 125a y 125b, que pueden detectar una polaridad y una componente de CC, están dispuestos en líneas que forman ángulos rectos en la pared interior del cubo 12. Si la distancia desde el eje de giro central a cada sensor de aceleración es "r"; y las aceleraciones radiales son G1 y G2, medidas por los sensores de aceleración de la Figura 13; y si es G la aceleración debida al giro del rotor en un punto de detección; la relación entre ellas se representa y muestra por las ecuaciones (1) a (3).

$$G_1 = G + g \cdot \cos\theta \dots\dots\dots (1)$$

$$G_2 = G + g \cdot \sen\theta \dots\dots\dots (2)$$

$$G = r\omega^2 \dots\dots\dots (3)$$

en las que “g” es la aceleración de la gravedad,  $\theta$  es un ángulo formado por la orientación del sensor de aceleración y la dirección de la aceleración de la gravedad. En estas ecuaciones se obtiene  $\theta$  a partir de  $G_1$  y  $G_2$ , como se indica en la ecuación (5).

5 
$$G_1 - G_2 = g \cdot (\cos\theta - \text{sen}\theta)$$

$$= g \cdot \sqrt{2} \cdot \text{sen}(\theta - 45^\circ) \dots\dots\dots (4)$$

$$\theta = \text{arcsen} \left( \frac{G_1 - G_2}{g \cdot \sqrt{2}} \right) + 45^\circ$$

10 
$$\dots\dots\dots (5)$$

A partir de las ecuaciones (1) y (2) se calcula la velocidad de giro  $\omega$  del rotor según se indica en la ecuación (7).

15 
$$G = r\omega^2 = G_1 - g \cdot \cos\theta \dots\dots\dots (6)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{G_1 - g \cdot \cos(\theta)}{r}} = \sqrt{\frac{G_1 - g \cdot \cos\left(\text{arcsen} \left( \frac{G_1 - G_2}{g \cdot \sqrt{2}} \right) + 45^\circ\right)}{r}}$$

$$\dots\dots\dots (7)$$

20 Como se ha descrito anteriormente, la velocidad de giro  $\omega$  del rotor 1 puede ser obtenida usando los dos sensores de aceleración 125a y 125b.

25 La Figura 15 muestra una sexta estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor de la segunda realización del invento presente; en este detector de velocidad de giro se usa un codificador giratorio. Como se muestra en la Figura 15, se usa una parte en un extremo del aro colector 7 como un codificador giratorio 126, que habilita que se detecte una velocidad de giro.

30 La Figura 16 muestra una séptima estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor de la segunda realización del invento presente; en este detector de velocidad de giro se usa un regulador. Aunque hay disponibles varios tipos de reguladores, puede aplicarse un regulador 127, por ejemplo, en el centro de giro del cubo 12, como se muestra en la Figura 16. La longitud de un resorte 127a del regulador 127 cambia debido a la fuerza centrífuga, de esta manera se puede obtener la velocidad de giro a partir de una medida de la longitud del resorte 127a.

35 La Figura 17 muestra una octava estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor de la segunda realización del invento presente; en este detector de velocidad de giro se usa una pluralidad de interruptores de inclinación. Como se muestra en la Figura 17, hay dispuesta una pluralidad de interruptores de inclinación 128 alrededor del eje 21. El interruptor de inclinación 128 produce una señal de ON, conectado, cuando el ángulo formado por la orientación del interruptor de inclinación 128 y la dirección de la gravedad alcanza o excede un valor prescrito, y produce una señal de OFF, desconectado, en otros estados. Midiendo las posiciones de los interruptores de inclinación 128 y los tiempos en los que permanecen conectados, puede obtenerse la velocidad de giro del rotor 1.

40 La Figura 18 muestra una novena estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor de la segunda realización del invento presente; en este detector de velocidad de giro, se usa un equilibrador y un codificador giratorio. Como se muestra en la Figura 18, hay dispuesto un equilibrador 1201 en el eje 21, y hay dispuesto un codificador giratorio 129 en el extremo del eje 21. Un soporte 1201a permite que el equilibrador 1201 opere independientemente del eje 21. El equilibrador 1201 está siempre encarado según el sentido de la gravedad debido a una masa 1201b, fijando siempre las posiciones relativas del equilibrador 1201 y de la góndola 2. Una parte no giratoria del codificador 129 está conectada a una parte del equilibrador 1201. Este tipo de disposición habilita que se mida la velocidad de giro del rotor 1 mediante el uso del codificador 129.

45 La Figura 19 muestra una décima estructura ejemplar del detector de velocidad de giro dispuesto en el rotor de la segunda realización del invento presente; en este detector de velocidad de giro se usan sensores de distancia. Como se muestra en la Figura 19, hay dispuestos una pluralidad de sensores de distancia 1202 alrededor de la periferia exterior del rotor 1. Cada sensor de distancia 1202 usa un rayo de láser o una onda de ultrasonidos para medir la distancia entre el sensor de distancia 1202 y el suelo. Una señal de distancia medida desde el sensor de distancia 1202 indica la distancia más corta en el momento en que el sensor está frente al suelo, de esta manera

puede detectarse un momento en el que el sensor de distancia 1202 está de cara al suelo. Midiendo los intervalos de tiempo en los que la pluralidad de sensores de distancia están de cara al suelo, puede obtenerse la velocidad de giro del rotor 1.

5 Como se ha descrito anteriormente, la velocidad de giro del cubo 12 puede ser detectada mediante el uso del segundo detector de velocidad de giro 114a ó 114b del cubo 12. Incluso aunque no se pueda transferir un comando de ángulo de paso del rotor correcto, cuando se usa esta velocidad de giro detectada se habilita el control de la velocidad de giro basado en el control del ángulo de paso del rotor. De acuerdo con esto, se consigue un control del ángulo de paso del rotor más fiable, que impide que el rotor 1 gire a velocidad excesiva.

10 [Tercera realización]

La Figura 20 es un diagrama estructural de una turbina eólica de acuerdo con una tercera realización del invento presente. En esta realización, un detector de velocidad de giro está conectado a un extremo del eje en la góndola, y se transmite una señal del valor de la velocidad de giro detectada al rotor 1 por medio de un cable situado en el eje.

En esta realización, como se muestra en la Figura 20, el codificador giratorio 126 está dispuesto en un extremo del eje 21 en la góndola 2. En el invento presente, el codificador giratorio 126 está dispuesto de manera diferente a la del codificador giratorio convencional para que el valor de la velocidad de giro detectada sea transmitido al interior del rotor 1 sin pasar por el aro colector. En la estructura convencional, la parte giratoria del codificador giratorio está fijada al eje 21, y la parte fija está fijada a la góndola 2. Por el contrario, en esta realización la parte giratoria del codificador giratorio 126 está fijada a la góndola 2, y la parte fija está fijada al eje 21. La línea de señal conectada a la parte fija del codificador giratorio 126 y la línea de energía están conectadas al cableado 210 del eje. Cuando el detector de velocidad de giro está aplicado a la parte que gira a la misma velocidad de giro que el controlador del paso del rotor como se ha descrito anteriormente, la energía eléctrica del codificador giratorio 126 y el valor de la velocidad de giro detectada por el codificador giratorio 126 pueden ser transmitidos entre el rotor 1 y la góndola 2 sin pasar a través del aro colector.

La estructura anterior habilita el control de la velocidad de giro mediante el control de ángulo de paso del rotor incluso si el aro colector falla y un comando de ángulo de paso del rotor no puede ser transmitido correctamente de esta manera. De acuerdo con esto, es posible conseguir una mayor fiabilidad del control de ángulo de paso del rotor, que impide que el rotor 1 gire a una velocidad excesiva.

35 [Cuarta realización]

La Figura 21 muestra la estructura de un mecanismo de control de ángulo de paso del rotor de la turbina eólica de una cuarta realización del invento presente. Esta realización tiene la característica de que el detector de la velocidad de giro del rotor está dispuesto sólo en el rotor.

40 En esta realización, en un rotor 1c hay dispuestos un controlador del paso del rotor 111c, un segundo suministro de energía ininterrumpible 112c, un segundo detector de fallo de energía 113c, y un detector de velocidad de giro 115c. En la góndola 2c hay dispuestos un controlador de turbina 211c, un primer suministro de energía ininterrumpible 212c, un primer detector de fallo de energía 213c, y un suministro de energía de bajo voltaje 216c. En una torre pueden estar dispuestos el controlador de turbina 211c, el primer suministro de energía ininterrumpible 212c, el primer detector de fallo de energía 213c, y el suministro de energía de bajo voltaje 216c. Cuando las señales eléctricas y la energía son transmitidas entre el rotor 1c y la góndola 2c pasan a través de un aro colector 7c.

A continuación se describe un método para controlar el ángulo de paso del rotor. El controlador de paso del rotor 111c recibe una velocidad de giro detectada del rotor 1c proveniente del detector de velocidad de giro 115c dispuesto en el rotor 1c. El controlador 111c recibe también una velocidad del viento medida desde el lado de la góndola a través del aro colector 7c por medio de una señal proveniente de un anemómetro 214c aplicado a la góndola 2c. El controlador del paso del rotor 111c crea un comando de ángulo de paso del rotor a partir de la velocidad de giro detectada y de la velocidad del viento medida que ha recibido y cambia el ángulo de paso del rotor.

55 El controlador de la turbina 211c recibe la velocidad de giro detectada por el controlador del paso del rotor 111c dispuesto en el rotor 1c a través del aro colector 7c. El controlador de turbina pasa la señal de velocidad obtenida como una señal de fase y de velocidad al convertidor de energía. El convertidor de energía controla la energía eléctrica del generador de energía eléctrica de acuerdo con las señales de fase y de velocidad obtenidas.

60 Si el controlador del paso del rotor 111c no puede recibir la velocidad del viento medida por el anemómetro 214c debido a un fallo del aro colector 7c, el controlador del paso del rotor 111c crea un comando de ángulo de paso del rotor con el que el ángulo de paso del rotor entra en el estado de paso en bandera y cambia el ángulo de paso del rotor al estado de paso en bandera. De manera similar, si el segundo detector de fallo de energía 113c detecta un fallo de la red, el controlador del paso del rotor 111c controla el ángulo de paso del rotor mediante el método descrito en la segunda realización, de acuerdo con la velocidad de giro del rotor medida en el rotor 1c.

65

En la realización descrita anteriormente, incluso si falla el aro colector 7c, se sigue facilitando todavía el control de la velocidad de giro, impidiendo de esta manera que el rotor de la turbina eólica gire a velocidad excesiva.

[Quinta realización]

5 La Figura 22 muestra la estructura de un mecanismo de control de ángulo de paso de la turbina eólica de una quinta realización del invento presente. En esta realización, hay dispuesto sólo un detector de velocidad de giro en el rotor de la turbina eólica. En la Figura 22, la velocidad de giro de un rotor 1d es medida mediante un detector de velocidad de giro 115d dispuesto en el rotor. Un controlador del paso del rotor 111d crea un comando de ángulo de paso del rotor a partir de una velocidad de giro medida en el rotor 1d y de la velocidad del viento medida por un anemómetro 214d y transmitida a través de un aro colector 7d.

10 La velocidad de giro obtenida mediante el control sin sensores de la velocidad realizada por un convertidor de energía 31d, es usada como la velocidad de giro del generador de energía.

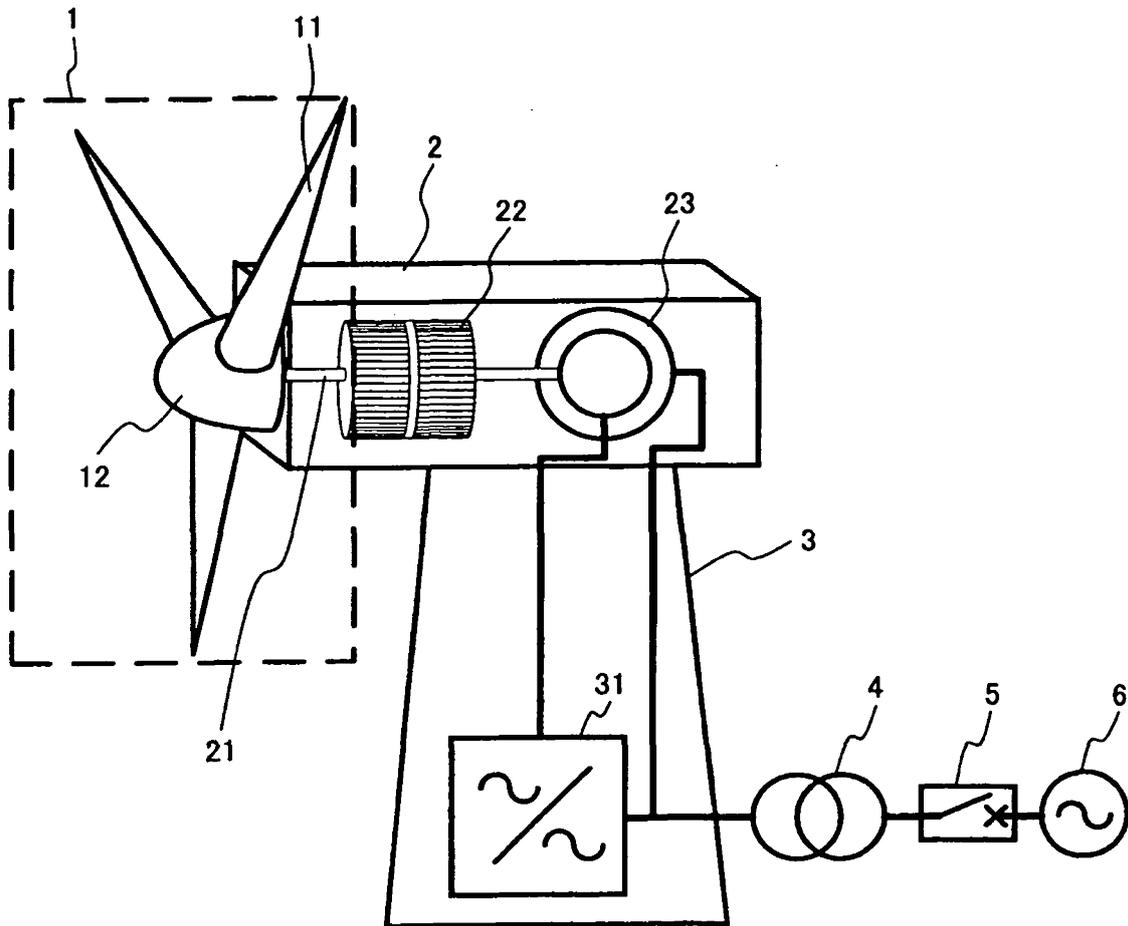
15 La disposición descrita anteriormente elimina la necesidad de recibir una velocidad de giro detectada y de transmitir un comando de ángulo de paso del rotor entre el rotor 1d y la góndola 2d. Incluso si falla el aro colector, la velocidad de giro del rotor 1d puede, por tanto, ser controlada todavía de manera más fiable.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Una turbina eólica que incluye un controlador del paso del rotor (111), un controlador de turbina (211), y un primer suministro de energía ininterrumpible (212), teniendo el controlador de turbina (211) una función para crear un comando de ángulo de paso del rotor de acuerdo con el estado de la turbina eólica, estando conectada una salida de energía del primer suministro de energía ininterrumpible (212) a una entrada de energía del controlador de turbina (211), **caracterizada porque:**
- 10 la turbina eólica tiene un segundo suministro de energía ininterrumpible (112);  
el controlador del paso del rotor (111) tiene una función para cambiar un ángulo de paso del rotor de acuerdo con un comando de ángulo de paso del rotor y otra función para crear un comando de ángulo de paso del rotor a partir del estado de la turbina eólica;  
una salida de energía del segundo suministro de energía ininterrumpible (112) está conectada a una entrada de energía del controlador del paso del rotor; y
- 15 el controlador del paso del rotor (111) tiene un selector para hacer un cambio entre el comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador de turbina (211) de acuerdo con el estado de la turbina eólica y el comando de ángulo de paso del rotor creado internamente por el controlador del paso del rotor (111).
- 20 2. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el controlador de turbina (211) y el primer suministro de energía ininterrumpible (212) están dispuestos en una góndola (2) o en una torre (3) en la turbina eólica; el controlador del paso del rotor (111) y el segundo suministro de energía ininterrumpible (112) están dispuestos en un rotor (1) de la turbina eólica.
- 25 3. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en la que el controlador del paso del rotor (111) tiene una función de detección para detectar un error de recepción del comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador de turbina (211); cuando la función de detección detecta un error de recepción, el controlador del paso del rotor selecciona el comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador del paso del rotor mismo.
- 30 4. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 3 al menos, en la que cuando el suministro de energía al segundo suministro de energía ininterrumpible está cortado, el segundo suministro de energía ininterrumpible suministra energía eléctrica al controlador del paso del rotor (111); el controlador del paso del rotor selecciona a continuación el comando de ángulo de paso del rotor creado en su interior.
- 35 5. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 4 al menos, que incluye además:  
un primer detector de fallo (213a) situado en la góndola o en la torre; y  
un segundo detector de fallo (113) situado en el rotor;
- 40 en la que cuando el primer detector de fallo de energía (213a) o el segundo detector de fallo de energía (113) detecta un fallo en la red, el primer suministro de energía ininterrumpible (212) suministra energía eléctrica al controlador de turbina (211) y el segundo suministro de energía ininterrumpible (112) suministra energía eléctrica al controlador del paso del rotor (111); el controlador del paso del rotor selecciona el comando de ángulo de paso del rotor creado en su interior.
- 45 6. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 5 al menos, en la que un detector de velocidad de giro (215a) para detectar la velocidad de giro del rotor (1) de la turbina eólica está dispuesto en el rotor.
- 50 7. La turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6, que incluye además:  
un primer detector de fallo de energía (213a) situado en la góndola (2) o en la torre (3); y  
un segundo detector de fallo de energía (113) situado en el rotor;
- 55 en la que cuando el primer detector de fallo de energía o el segundo detector de fallo de energía detecta una caída del voltaje de suministro causada por un fallo de la red, el controlador del paso del rotor (111) crea un comando de ángulo de paso del rotor de acuerdo con una velocidad de giro detectada por el detector de velocidad de giro (215a) y selecciona el comando de ángulo de paso del rotor creado en su interior para que la velocidad de giro del rotor (1) esté dentro de un margen prescrito.
- 60 8. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 7 al menos, en la que si el fallo de la red continúa durante un tiempo prescrito o más prolongado, el controlador del paso del rotor (111) crea un comando de ángulo de paso del rotor que sitúa una pala (11) en bandera, y a continuación selecciona el comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador del paso del rotor mismo para poner el ángulo de paso del rotor en bandera.
- 65 9. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 8 al menos, en la que el controlador del paso del rotor (111) crea un comando de ángulo de paso del rotor que pone lentamente una pala (11) en bandera, y a continuación selecciona el comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador del paso del rotor mismo para poner lentamente el ángulo de paso del rotor en bandera.

- 5 10. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 ó 7, en la que si la velocidad de giro detectada por el detector de velocidad de giro (215a) situado en el rotor (1) está fuera de un margen predeterminado, el controlador del paso del rotor (111) selecciona el comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador del paso del rotor mismo.
- 10 11. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 10 al menos, en la que sólo cuando un estado de carga del primer suministro de energía ininterrumpible (212) y un estado de carga del segundo suministro de energía ininterrumpible (112) son mayores que los valores prescritos respectivos, la turbina eólica cambia a un estado de operación de generación de energía.
- 15 12. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 11 al menos, en la que el primer suministro de energía ininterrumpible (212) y el segundo suministro de energía ininterrumpible (112) tienen cada uno un dispositivo cualquiera entre los siguientes: una batería de almacenamiento, un condensador, un condensador de doble capa eléctrica, y una célula de combustible, o una combinación de éstos.
- 20 13. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 12 al menos, en la que un detector de velocidad de giro (215a) para detectar la velocidad de giro de un rotor (1) está dispuesto en el rotor y otro detector de velocidad de giro para detectar la velocidad de giro del rotor está dispuesto en una góndola (2) o en una torre (3).
- 25 14. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 13 al menos, en la que un detector de velocidad de giro (215a) para detectar la velocidad de giro del rotor (1) está dispuesto en un cuerpo giratorio en la góndola (2), transmitiendo el cuerpo giratorio el giro del rotor (1) de la turbina eólica a la góndola y girando a la misma velocidad de giro que el controlador del paso del rotor (111); la velocidad de giro medida por el detector de velocidad de giro es transmitida al controlador del paso del rotor dispuesto en el rotor por medio de una línea de señal dispuesta en el cuerpo giratorio.
- 30 15. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 14 al menos, en la que un detector de velocidad de giro (215a) está dispuesto solamente en un rotor (1); un controlador del paso del rotor (111) crea un comando de ángulo de paso del rotor a partir de una velocidad de giro detectada por el detector de velocidad de giro y controla el ángulo de paso del rotor.
- 35 16. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a la 15 al menos, en la que:  
un detector de velocidad de giro (215a) está dispuesto en un rotor (1) de la turbina eólica, siendo detectada la velocidad del rotor de la turbina eólica por el detector de velocidad de giro; y  
la velocidad de giro de un generador (23) situado en la turbina eólica es medida por medio de un control sin sensor de velocidad por medio de un convertidor de energía (31) situado en la turbina eólica.
- 40 17. La turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes al menos, en la que el controlador del paso del rotor (111) incluye una unidad para crear el comando de ángulo de paso del rotor (1110aa; 111aaa) que tiene una función de cambiar un ángulo de paso del rotor de acuerdo con un comando de ángulo de paso del rotor recibido del controlador de turbina (211) y  
otra función de crear un comando de ángulo de paso del rotor internamente de acuerdo con un error de recepción detectado basado en el comando de ángulo de paso del rotor recibido o de una caída de voltaje de la energía suministrada al segundo suministro de energía ininterrumpible (112).
- 45 18. Un método para operar una turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes al menos, **caracterizada porque:**
- 50 el controlador del paso del rotor (111) tiene un primer modo de operación y un segundo modo de operación, siendo usado el primer modo de operación para cambiar el ángulo de paso del rotor de acuerdo con el comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador de turbina (211), siendo usado el segundo modo de operación para cambiar el ángulo de paso del rotor de acuerdo con el comando de ángulo de paso del rotor creado por el controlador del paso del rotor (111) mismo; y  
55 el controlador de turbina (211) hace un cambio entre el primer modo de operación y el segundo modo de operación de acuerdo con el estado de la turbina eólica.

FIG. 1



**FIG. 2**

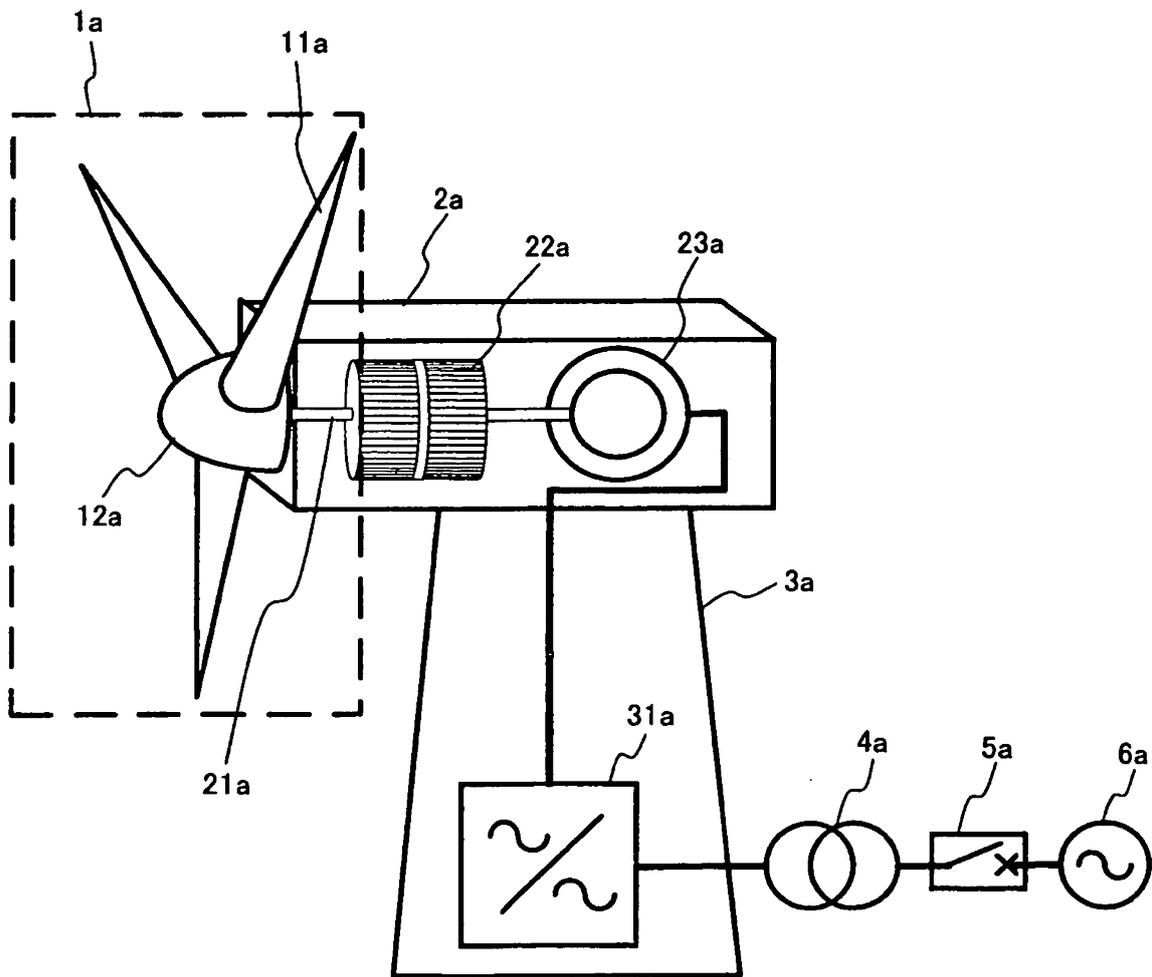


FIG. 3

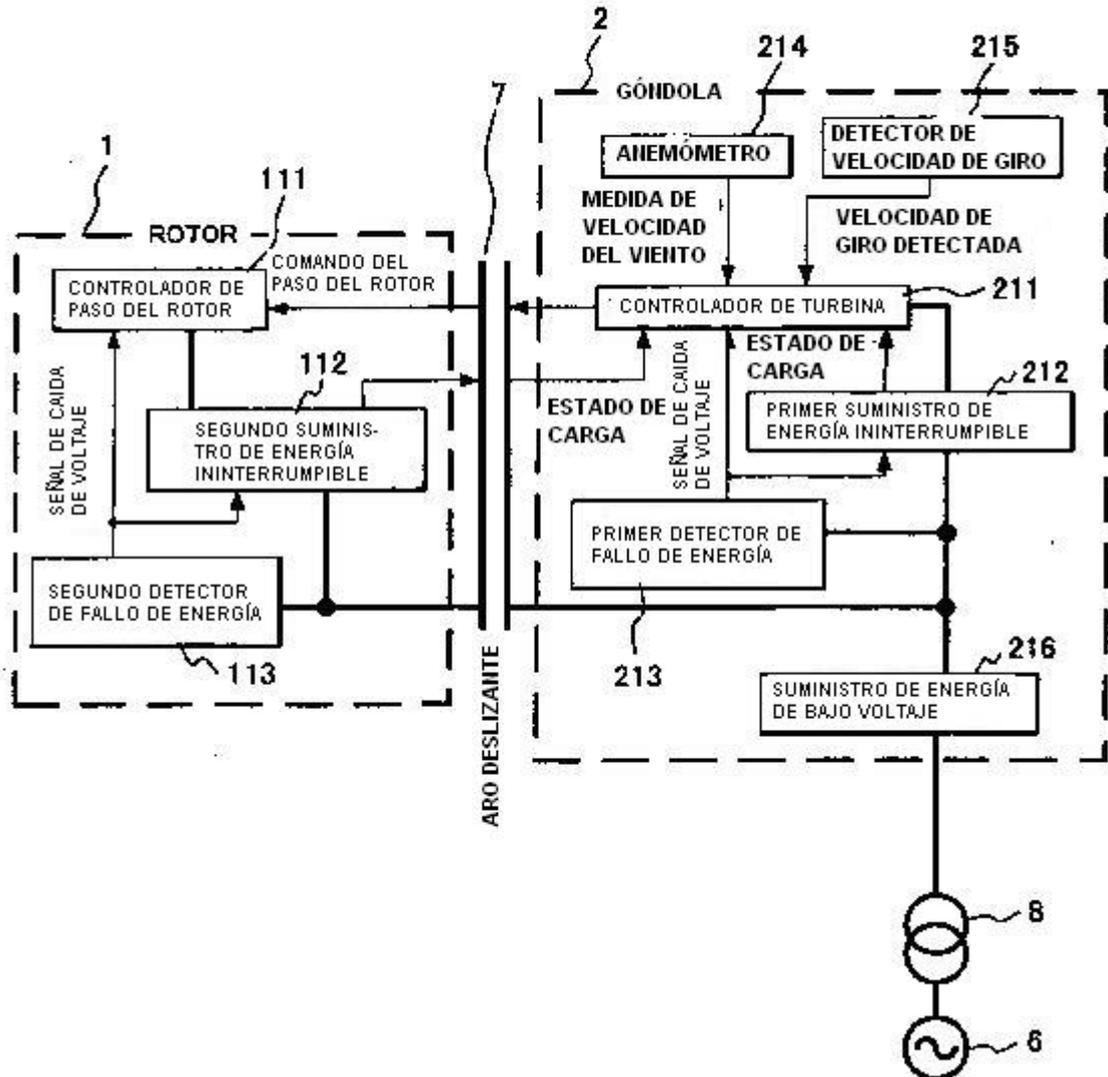


FIG. 4

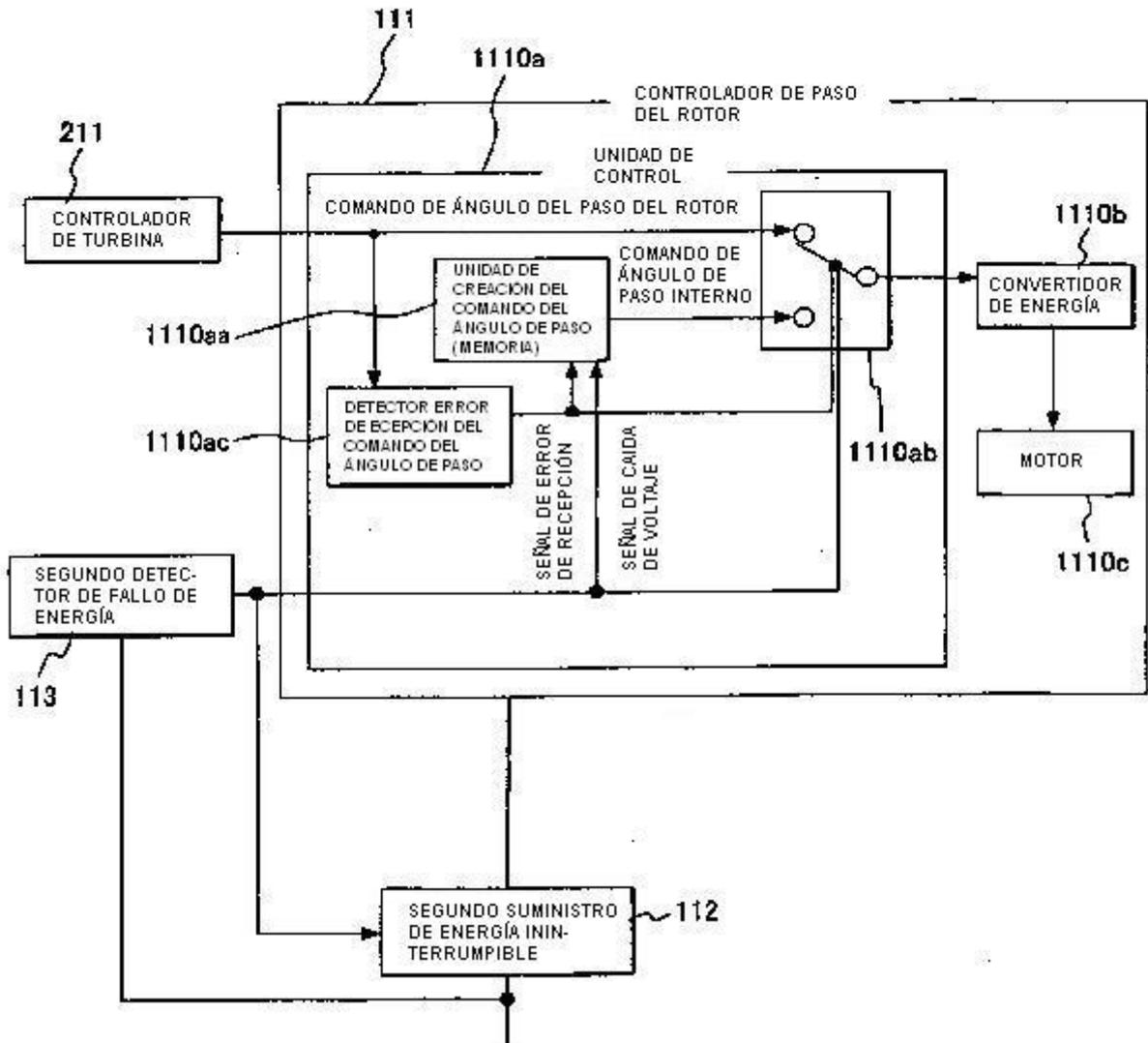


FIG. 5

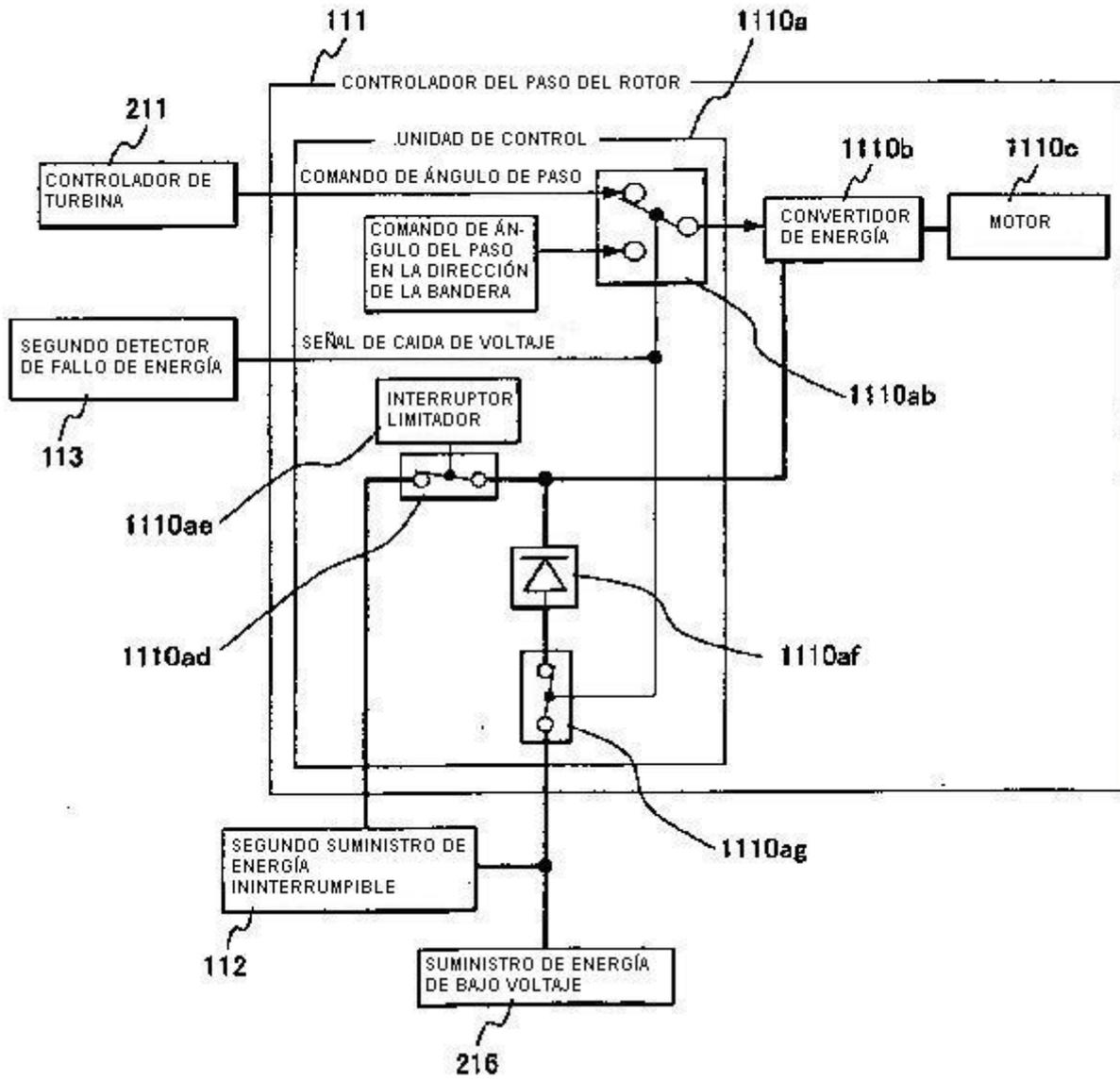


FIG. 6

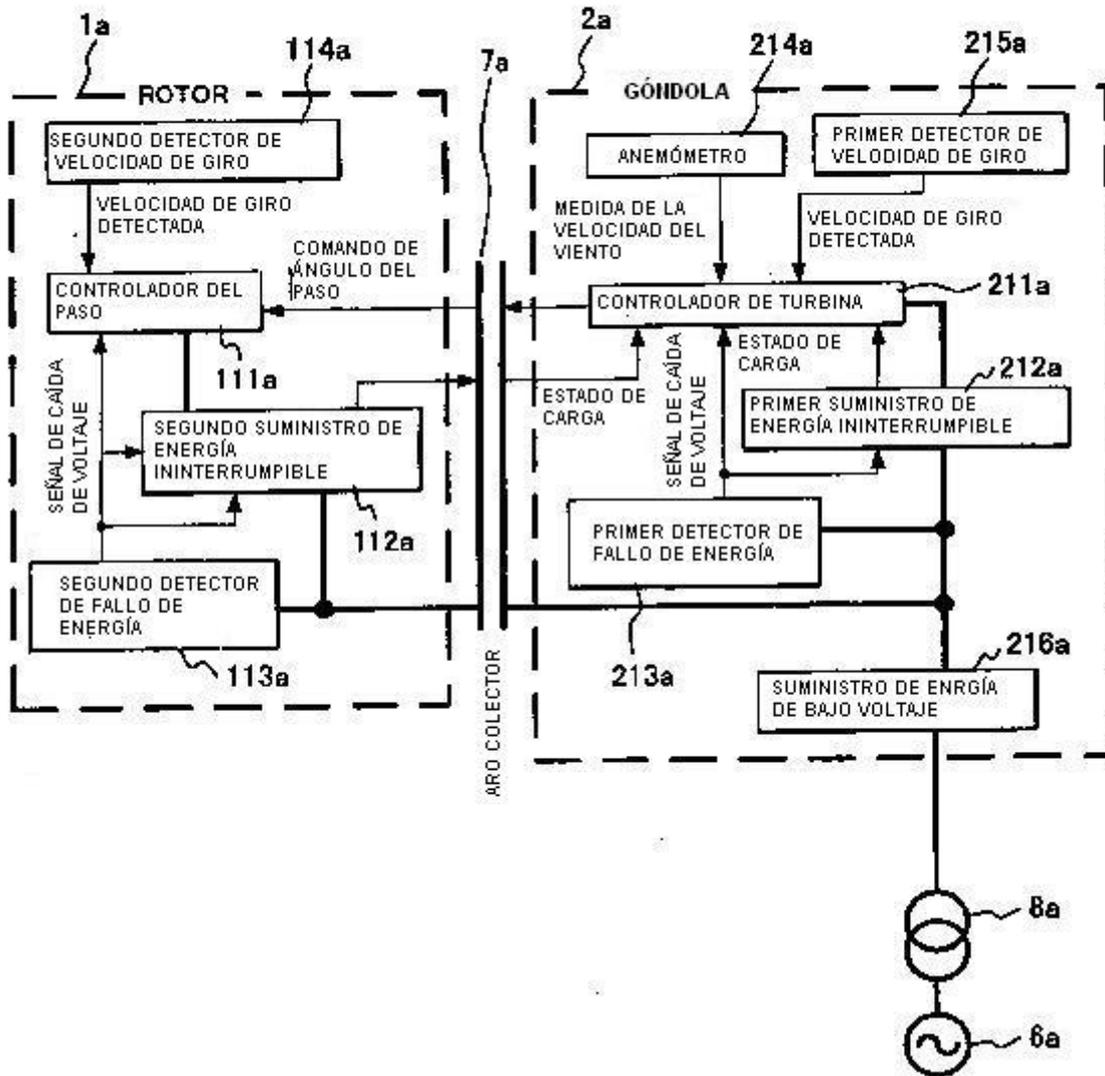


FIG. 7

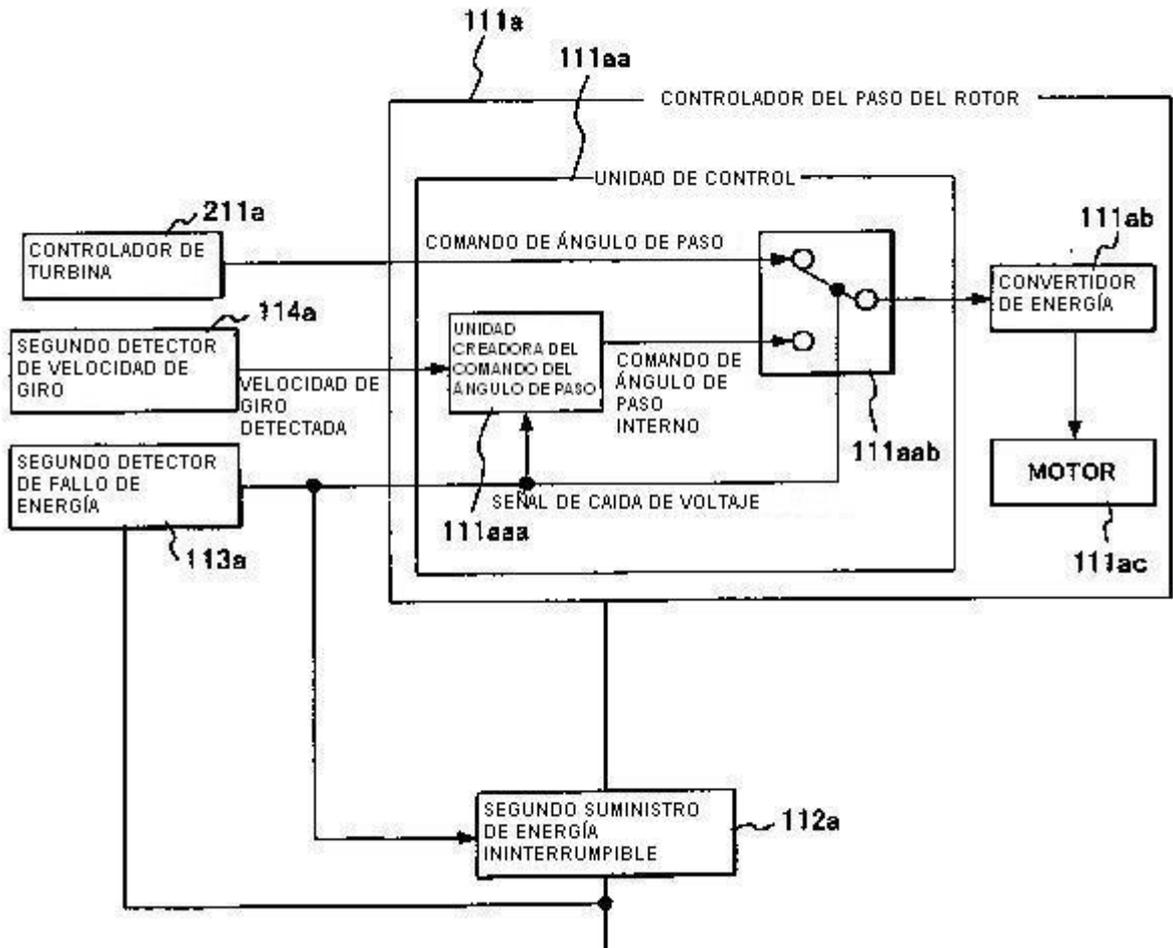


FIG. 8

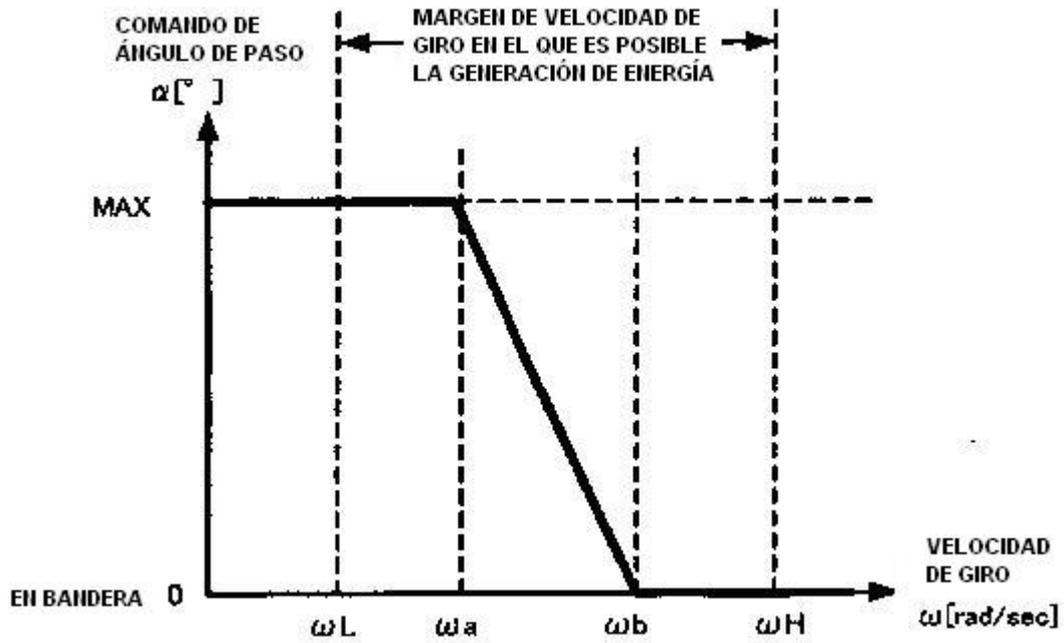


FIG. 9

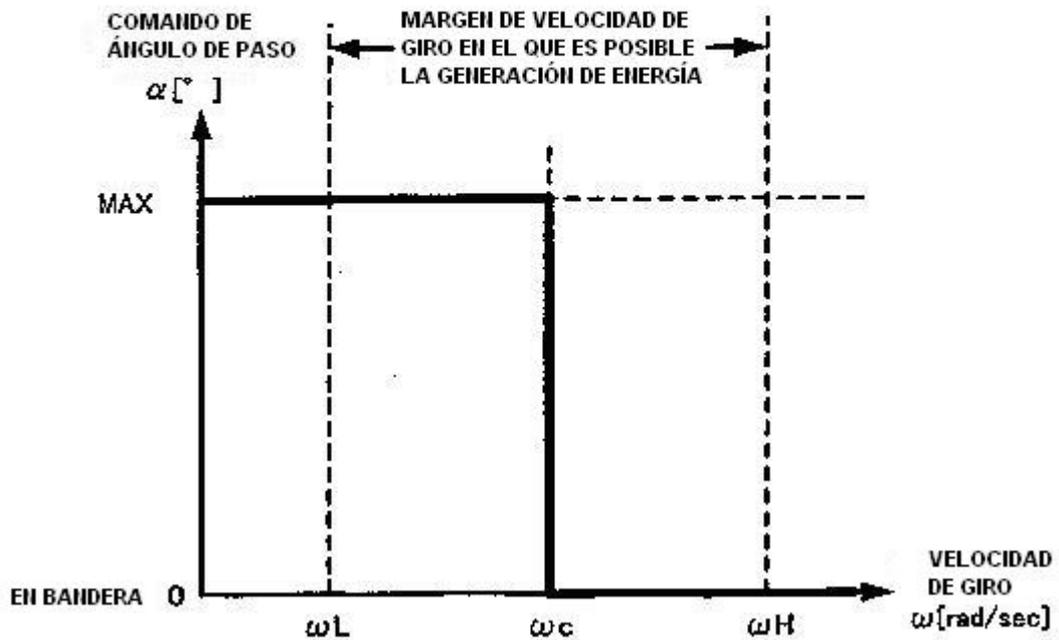


FIG. 10

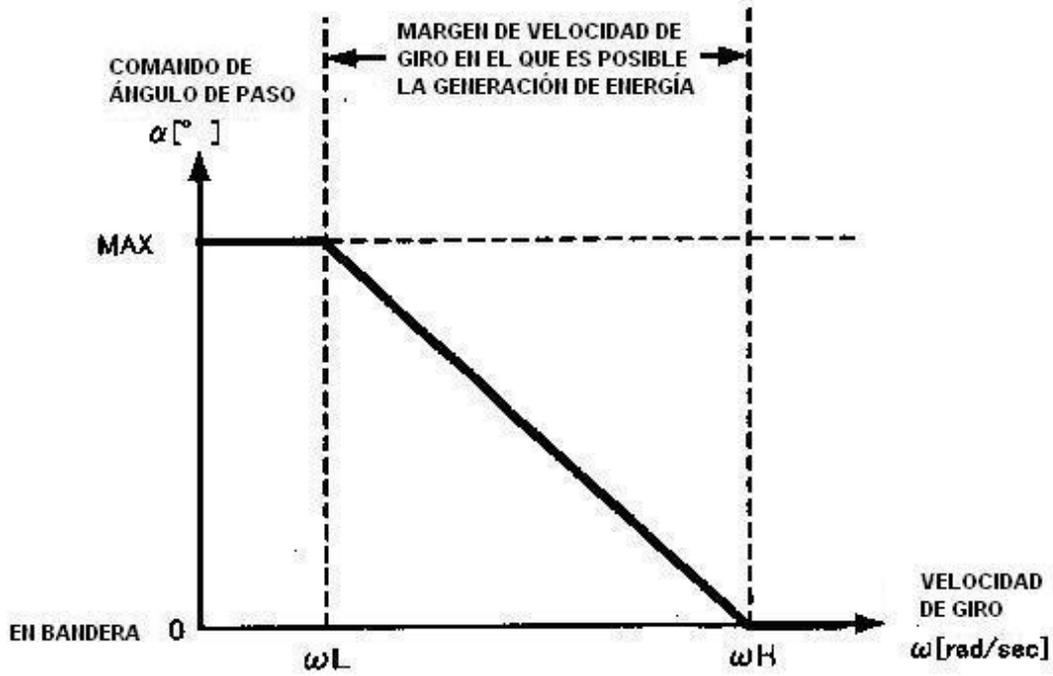
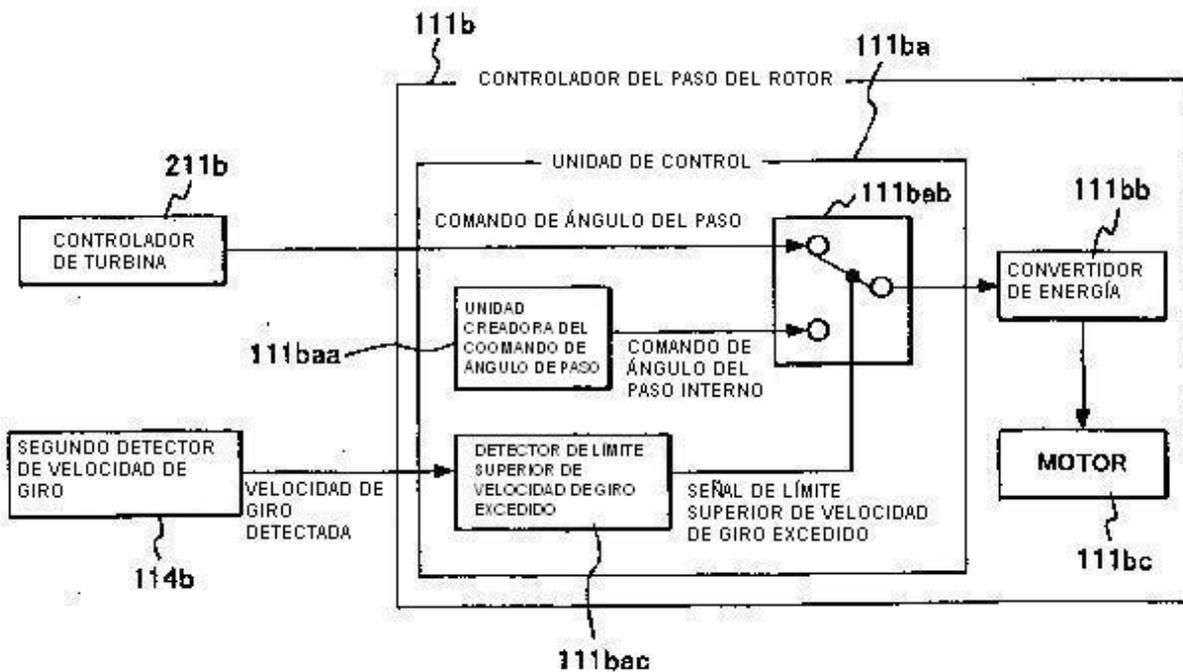
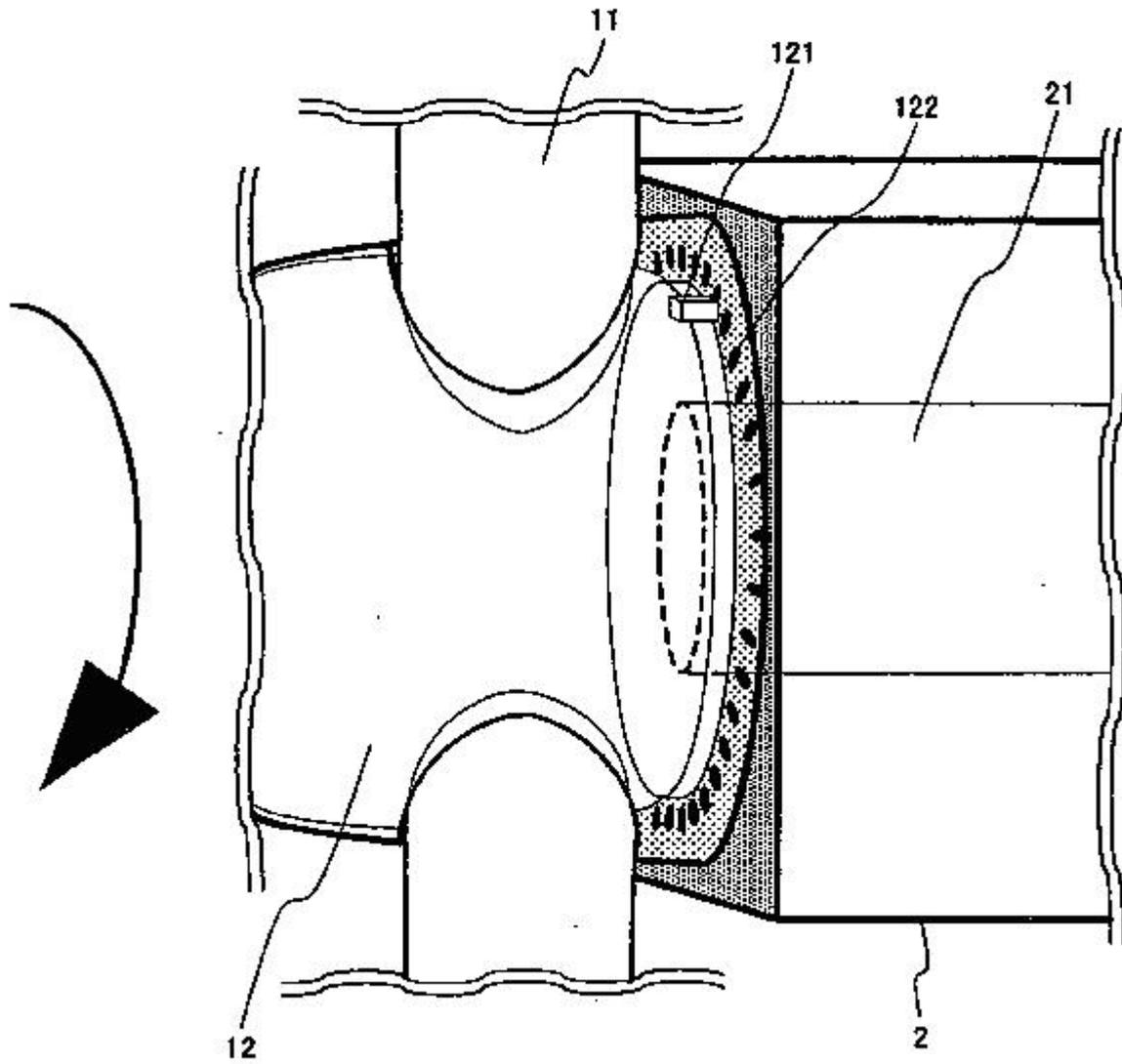


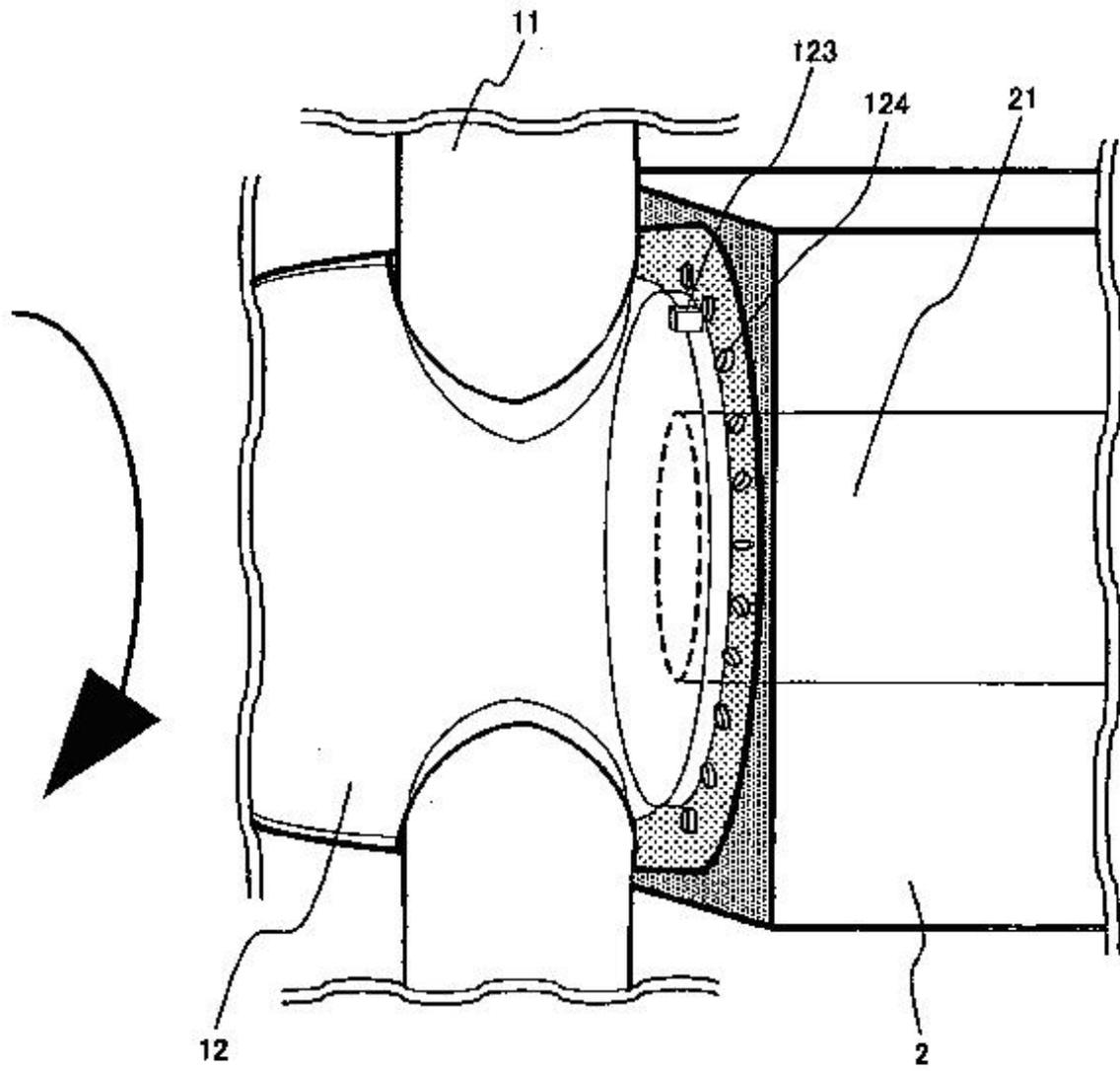
FIG. 11



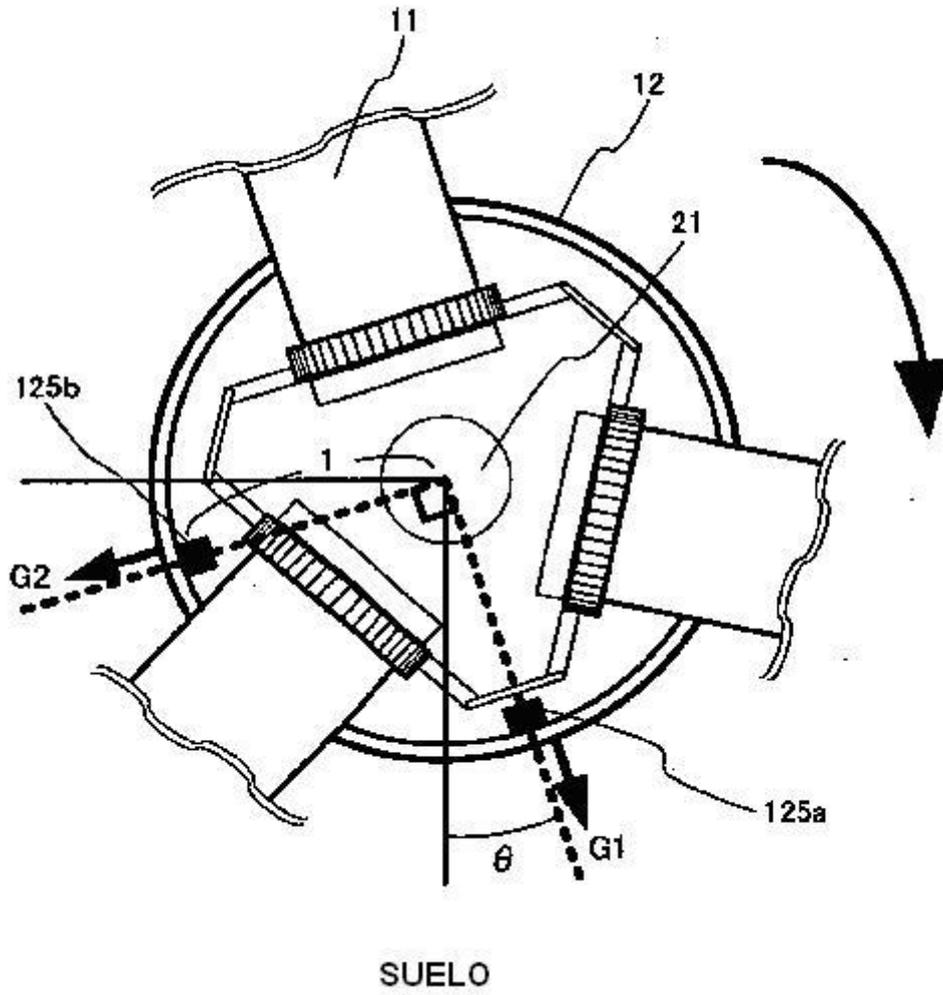
**FIG. 12**



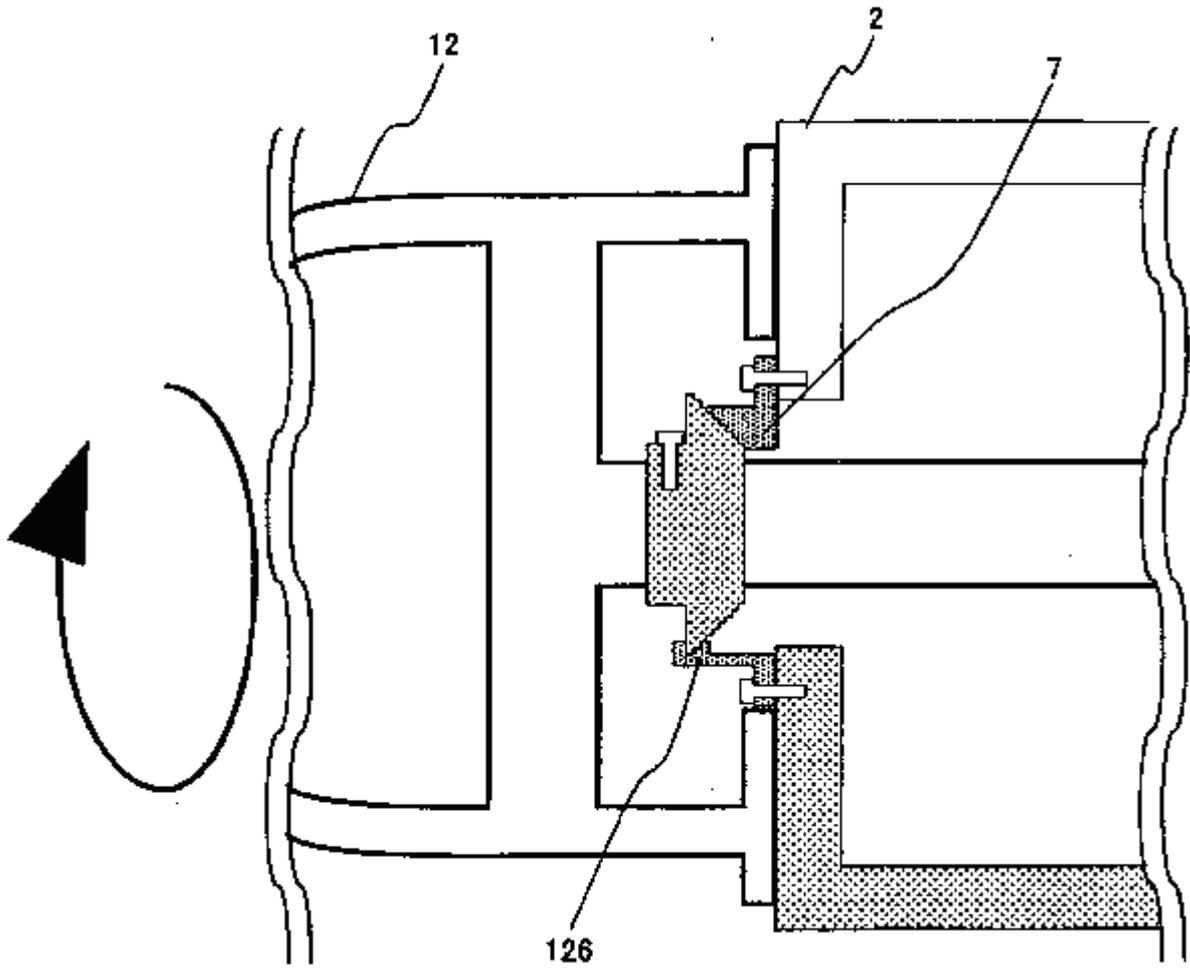
**FIG. 13**



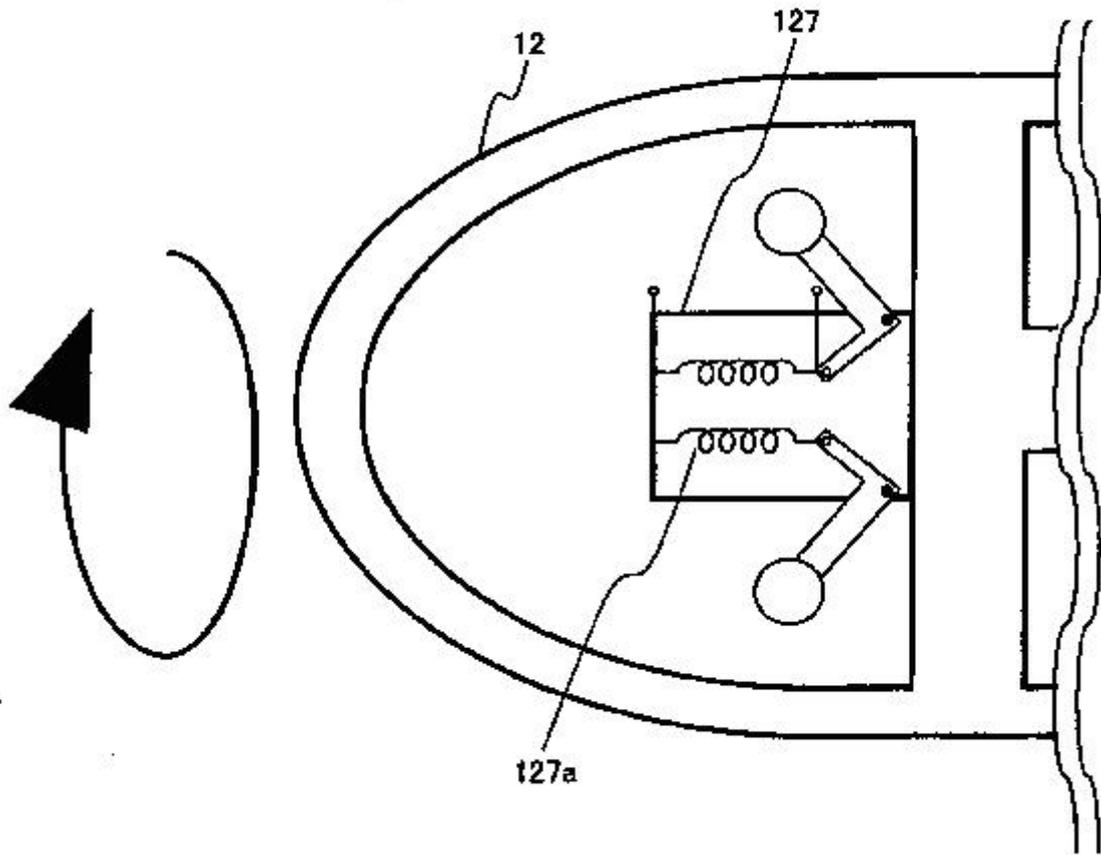
**FIG. 14**



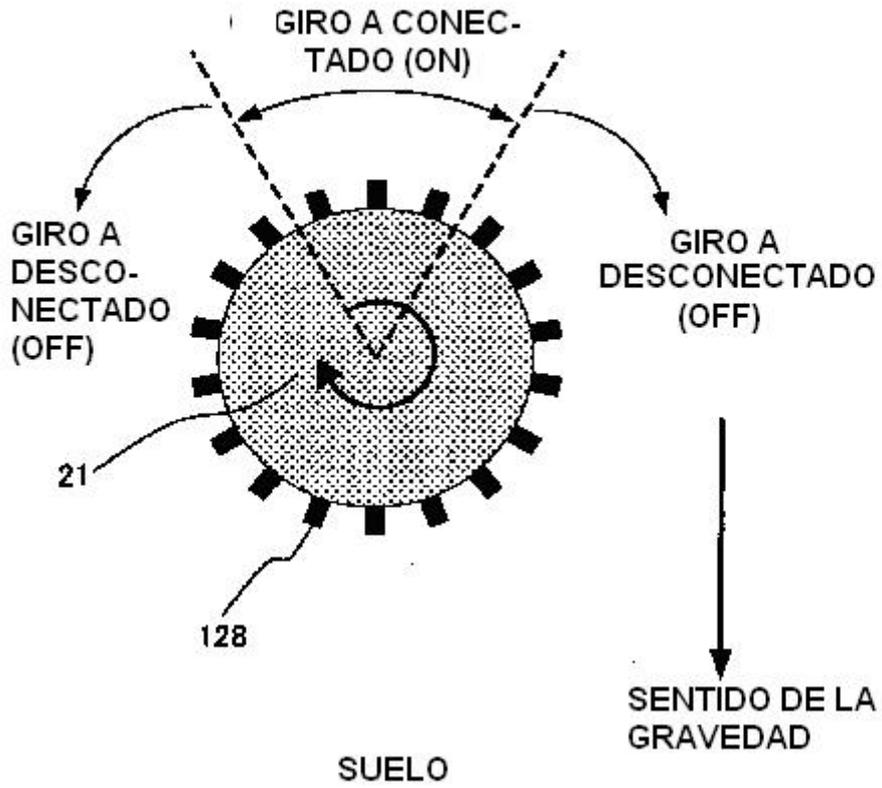
**FIG. 15**



**FIG. 16**



**FIG. 17**



**FIG. 18**

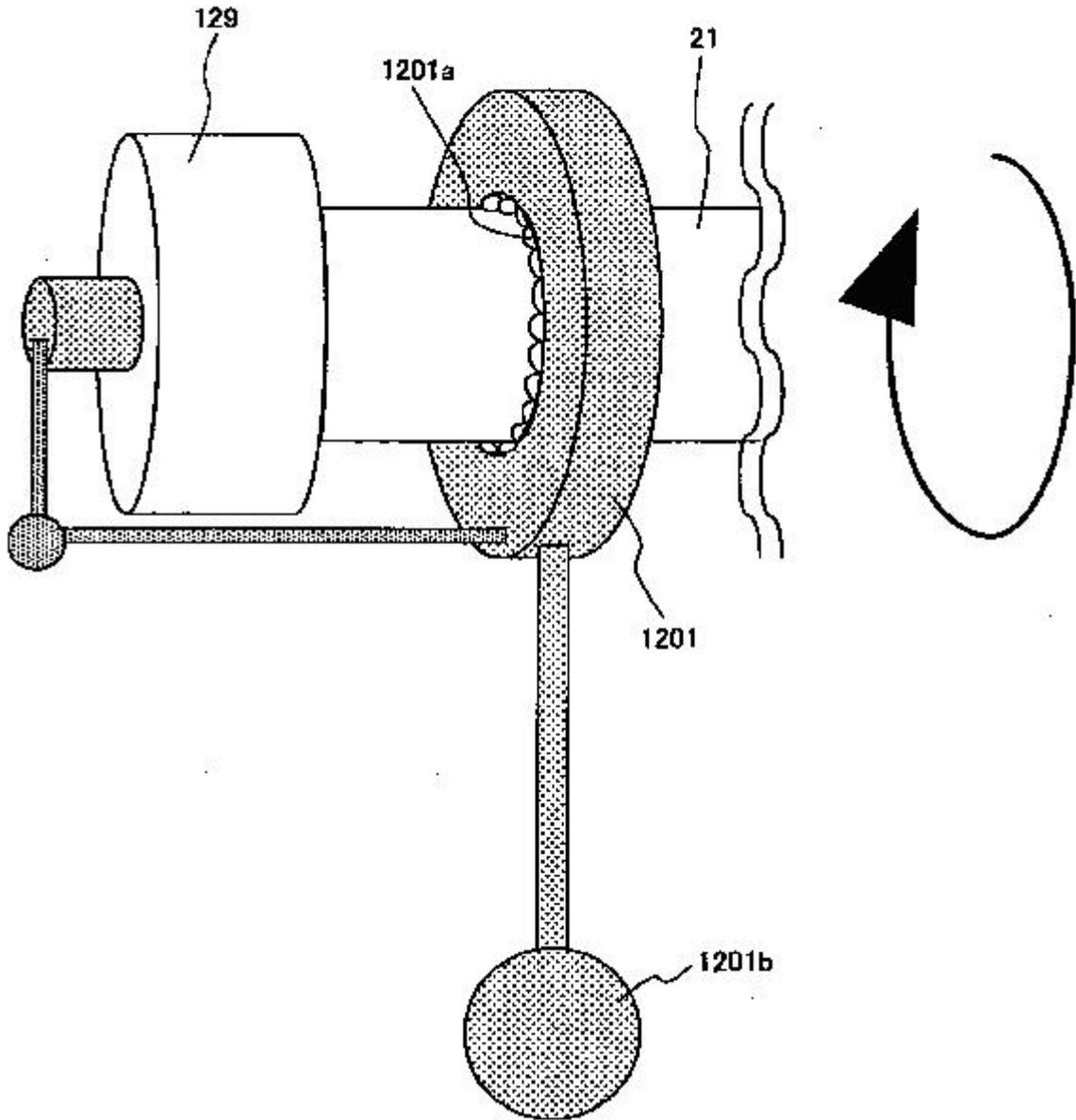
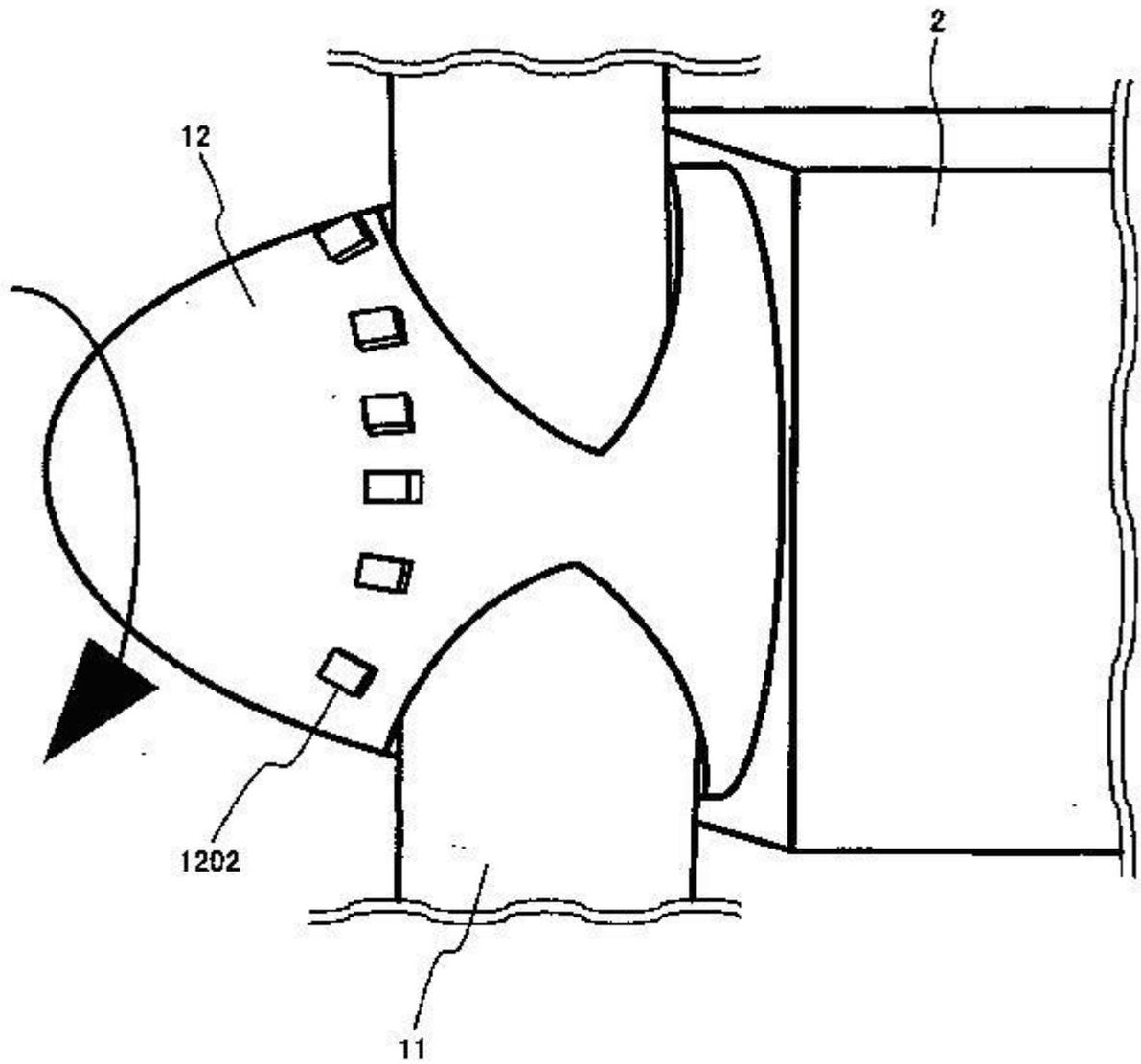


FIG. 19



SUELO

**FIG. 20**

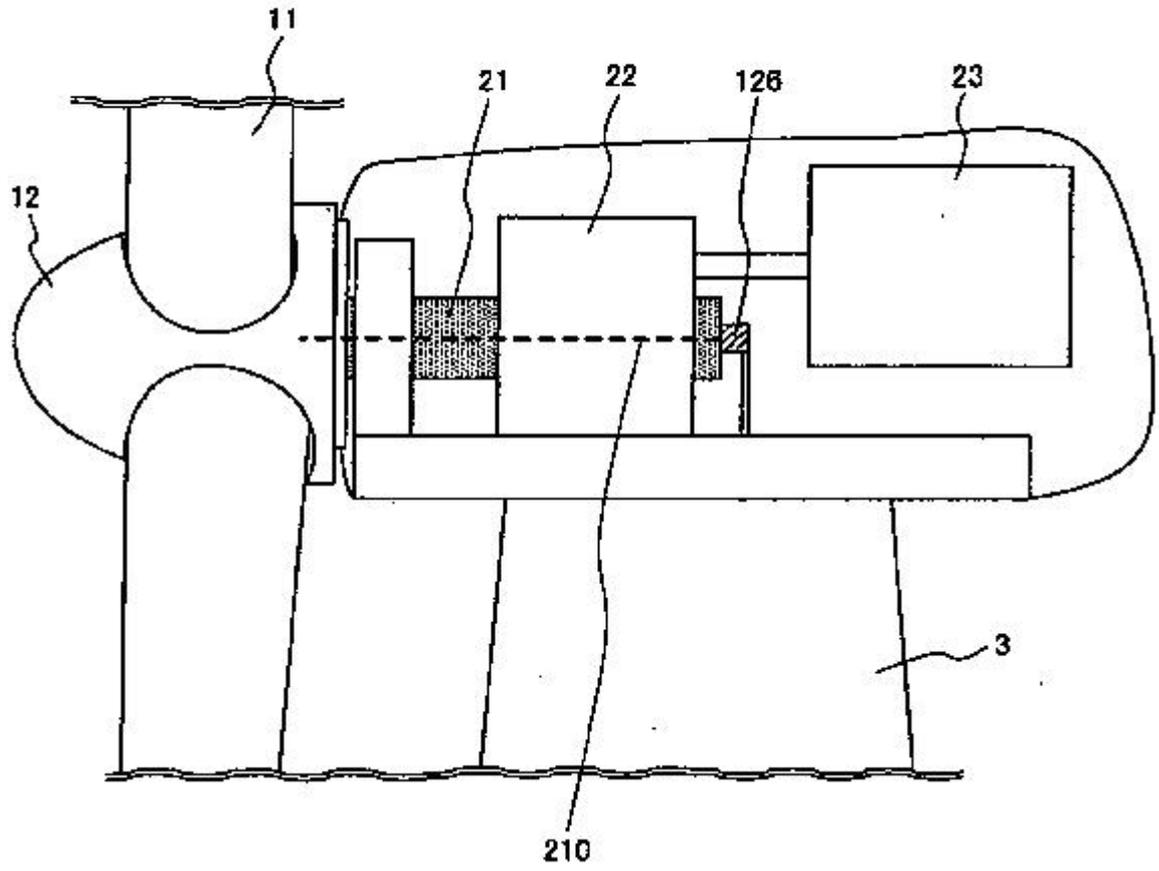




FIG. 22

