

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 504**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2010 E 10781408 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2016 EP 2483555**

54 Título: **Reducción de carga de parada de una turbina eólica**

30 Prioridad:

28.09.2009 DK 200970128
29.09.2009 US 246537 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GJERLØV, CHRISTIAN;
ABDALLAH, IMAD y
JØRGENSEN, BRIAN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 561 504 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

Reducción de carga de parada de una turbina eólica

CAMPO TÉCNICO

5 La invención se refiere a un procedimiento para controlar una turbina eólica que comprende una torre, una góndola situada sobre la torre, y un rotor montado en la góndola y que comprende un buje y por lo menos una pala, comprendiendo la turbina eólica además un sistema de actuación de guiñada para girar la góndola en relación a la torre alrededor de un eje sustancialmente vertical, y/o un sistema de actuación de paso para girar la pala alrededor de un eje longitudinal de la misma.

ANTECEDENTES

10 En condiciones de viento muy fuerte, las turbinas eólicas se desconectan y se estacionan o se permite que queden inactivas. Durante tales condiciones, una preocupación principal es evitar el fallo de componentes de la turbina, tales como las palas, debido a velocidades extremas del viento. Se han estudiado vibraciones a lo largo del borde, en particular durante la parada, véase por ejemplo Christian Bak, Research in Aeroelasticity, EFP-2006, Wind Energy Department, Riso National Laboratory, Technical University of Denmark, Roskilde, Dinamarca, julio de 2007. Se han planteado una
15 variedad de sugerencias para estrategias en situaciones de viento extremo, tales sugerencias implican habitualmente abanderar las palas y/o guiñar turbinas aguas arriba hasta una posición a favor del viento, véase, por ejemplo, los documentos US7204673B2 y US7436083B2. Se ha sugerido asimismo monitorizar vibraciones a lo largo del borde en turbinas, y ajustar el paso de la pala o el ángulo de guiñada si se detectan vibraciones a lo largo del borde, véase los documentos WO2009068035A2 y WO2009068036A2. Sin embargo, sería más ventajoso mejorar todavía más las
20 estrategias en condiciones de viento extremas con el fin de salvaguardar las turbinas frente a daños. Un procedimiento de reducción de carga en la turbina eólica mediante control de paso se describe en el documento US2008/0304964. Además, se conocen variaciones cíclicas de paso en el control del rotor del documento US 4.298.313.

Hemos apreciado que sería deseable mejorar las estrategias de protección de turbinas eólicas a velocidades extremas del viento en condiciones de parada o inactividad.

25 Hemos apreciado igualmente que sería deseable hacer posible fabricar los componentes de la turbina eólica más ligeros y/o baratos a la vez que son capaces aun de soportar velocidades extremas del viento en condiciones de parada o inactividad, y al hacerlo así disminuir el coste de la energía.

SUMARIO

30 En un primer aspecto, la invención proporciona un procedimiento para controlar una turbina eólica que comprende una torre, una góndola situada sobre la torre, y un rotor montado en la góndola y que comprende un buje y por lo menos una pala, comprendiendo la turbina eólica además un sistema de actuación de guiñada para girar la góndola en relación a la torre alrededor de un eje sustancialmente vertical, y/o un sistema de actuación de paso para girar la pala alrededor de un eje longitudinal de la misma, comprendiendo el procedimiento, durante una situación de parada, sin producción de potencia, de la turbina eólica debido a velocidades elevadas del viento, girar continua o periódicamente la góndola, por
35 medio del sistema de actuación de guiñada, de modo que varíe la dirección del viento en relación al rotor.

El procedimiento es sencillo de poner en práctica, ya que no requiere ninguna monitorización de carga o vibración durante la parada. Asimismo, al reducir el riesgo de cargas críticas, se pueden fabricar los componentes más ligeros y baratos.

40 Además, el procedimiento puede comprender: durante una situación de parada, sin producción de potencia, de la turbina eólica debido a velocidades elevadas del viento, girar la pala continua o periódicamente, por medio del sistema de actuación de paso, de modo que varíe la dirección del viento con relación a la pala. Preferiblemente, la pala se gira entre dos posiciones angulares extremas. Preferiblemente, las posiciones extremas están separadas por no más de 45 grados. Se prefiere que las posiciones extremas que estén separadas por no menos de 5 grados.

45 En un segundo aspecto, la invención proporciona un procedimiento para controlar una turbina eólica que comprende una torre, una góndola situada sobre la torre, y un rotor montado en la góndola y que comprende un buje y por lo menos una pala, comprendiendo la turbina eólica además un sistema de actuación de guiñada para girar la góndola en relación a la torre alrededor de un eje sustancialmente vertical, comprendiendo el procedimiento determinar al menos un intervalo angular de la dirección del viento en relación a la góndola como un intervalo de carga no crítico, y durante una situación de parada, sin producción de potencia, de la turbina eólica debido a velocidades elevadas del viento, monitorizar continua o periódicamente la dirección del viento, y girar la góndola de modo que la dirección del viento en relación con la góndola
50 se encuentra en el intervalo de carga no crítico.

Preferiblemente, el procedimiento comprende repetir, para una pluralidad de ángulos de guiñada en relación con la

dirección del viento, el mantenimiento de la góndola en el ángulo de guiñada respectivo, y monitorizar la velocidad del viento y oscilaciones a lo largo del borde de la pala, almacenar datos de velocidad del viento y oscilaciones a lo largo del borde obtenidos mediante dicha monitorización, y determinar el por lo menos un intervalo angular basándose en dichos datos almacenados.

5 Preferiblemente, el procedimiento comprende determinar por lo menos dos intervalos angulares de la dirección del viento con relación a la góndola como intervalos de carga no críticos, y durante una situación de parada, sin producción de carga, de la turbina eólica debido a velocidades elevadas del viento, monitorizar continua o periódicamente la dirección del viento, y girar la góndola de modo que la dirección del viento en relación con la góndola esté en uno de los intervalos de carga no críticos.

10 DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

A continuación, se describirán modos de realización de la invención con referencia a los dibujos en los que la fig. 1 muestra una vista frontal de una turbina eólica, la fig. 2 muestra una sección transversal vertical esquemática de una parte de la turbina eólica de la fig. 1, y la fig. 3 muestra una vista superior de una parte de la turbina eólica de la fig. 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

15 La fig. 1 muestra una turbina eólica 1 que comprende una torre 2, una góndola 3 situada sobre la torre 2, y un rotor 4 montado en la góndola 3 y que comprende un buje 5 y tres palas 6.

Se hace referencia a la fig. 2. La góndola 3 comprende una reductora 31 y un generador 32 al cual se conecta el rotor 4, generador 32 que se conecta a una red GD. La turbina eólica comprende además un sistema de actuación de guiñada 7 para girar la góndola 3 en relación a la torre 2 alrededor de un eje VA sustancialmente vertical (indicado en la fig. 2 con una línea discontinua). La turbina eólica comprende además un sistema de actuación de paso 8 (eléctrico o hidráulico) para girar las palas alrededor de sus ejes longitudinales respectivos (indicados en la fig. 2 con líneas discontinuas LA). Los sistemas de actuación de guiñada y paso 7, 8 están adaptados para ser alimentados, durante el funcionamiento normal de producción de potencia de la turbina, mediante potencia de la red para la cual produce potencia la turbina. Los sistemas de actuación de guiñada y paso 7, 8 están adaptados igualmente para ser alimentados mediante un sistema de alimentación auxiliar alternativo, o sistema de respaldo 9, que puede suministrar potencia cuando la red eléctrica no está disponible. El sistema de respaldo 9 podría incluir, por ejemplo, baterías y una unidad de conversión de potencia eléctrica, o un motor de combustión interna (por ejemplo, un motor diésel) con un generador separado. El sistema de respaldo 9 se podría situar en la turbina o fuera de la turbina. Podría estar basado en la turbina (un sistema de respaldo por turbina) o estar basado en el parque (un sistema de respaldo común para un número de turbinas eólicas).

30 La turbina eólica comprende además una unidad de control 10 que está adaptada para determinar si se deben alimentar los sistemas de actuación de guiñada y paso 7, 8 por la red o por el sistema de respaldo 9, y para controlar el suministro desde estas fuentes de alimentación alternativas. La unidad de control 10 está adaptada igualmente para controlar los sistemas de actuación de guiñada y paso 7, 8 basándose en señales de un conjunto medidor de viento 11 que proporciona datos acerca de la velocidad del viento y la dirección del viento.

35 Cuando la velocidad del viento aumenta por encima de un valor umbral (por ejemplo, 25 m/s), el rotor se detiene y se estaciona, de modo que proporciona una situación de parada o inactividad, sin producción de potencia, de la turbina eólica. Es importante apreciar que la invención se puede utilizar independientemente de si el rotor está bloqueado con un freno o adaptado para inactivarse durante una desconexión por viento extremo. Durante esta situación sin producción de potencia, el sistema de actuación de guiñada 7 se controla de modo que la góndola 3 gire continuamente de modo que varíe la dirección del viento con relación al rotor 4. La góndola podría realizar un movimiento angular oscilante de modo que gire una cierta distancia angular en una dirección, y a continuación vuelva girar en la otra dirección la misma distancia angular. Esta cierta distancia angular sobre la cual la góndola gira hacia delante y hacia atrás es preferiblemente por lo menos 360 grados, por ejemplo, 360-1440 grados. Cuando esta situación varía, esto se podría realizar sin pausa, o, una vez que el movimiento de guiñada en una dirección se ha detenido, podría haber una pausa durante un intervalo de tiempo predeterminado antes de comenzar el movimiento de guiñada en la otra dirección. Alternativamente, la góndola puede girar hacia delante y hacia atrás a lo largo de una distancia angular que sea igual o inferior a 360 grados, por ejemplo, 30-360 grados. En una alternativa adicional, en lugar de moverse continuamente, la góndola 3 puede girar periódicamente, de modo que permanece en una posición fija en relación a la dirección del viento tan solo durante un periodo de tiempo limitado predeterminado, por ejemplo menor de 30, 10 o 5 segundos, antes de que se mueva en la misma dirección angular que la dirección del movimiento anterior hasta una nueva posición angular.

Las vibraciones de componentes de la turbina eólica durante velocidades extremas del viento variarán significativamente dependiendo de la dirección relativa del viento y la magnitud de la velocidad del viento (es decir, un aumento de la velocidad del viento de 40 m/s a 50 m/s puede provocar vibraciones críticas), y en algunos sectores angulares, las cargas serán más críticas que en otros. Girar la góndola del modo descrito evitará que la turbina esté en áreas críticas de carga

de la dirección relativa del viento durante más de un periodo corto. Esto reducirá cargas extremas en parada, permitiendo así menores cargas de diseño del componente y un coste de energía mejorado.

- 5 Además, durante una situación sin producción de potencia, el sistema de actuación de paso 8 se controla de modo que las palas 6 giren continuamente de modo que varíe la dirección del viento con relación a las palas 6. Las palas se pueden girar entre dos posiciones angulares extremas, que podrían estar separadas, por ejemplo, por cualquiera entre 5 y 45 grados. Preferiblemente, una de las posiciones angulares extremas es una posición totalmente abanderada, de modo que las palas no se muevan más allá de la posición completamente abanderada. Tal estrategia de paso de pala se podría llevar a cabo simultáneamente con el movimiento de guiñada descrito anteriormente. Alternativamente, la turbina eólica se podría adaptar para realizar dicha estrategia de paso de pala sin realizar la estrategia de paso de guiñada, o viceversa.
- 10 En lugar de moverse continuamente, las palas 6 se puede girar periódicamente, de modo que permanezcan en una posición fija con relación a la dirección del viento tan solo por un periodo de tiempo limitado, por ejemplo, inferior a 30, 10 o 5 segundos, antes de que se muevan en la misma dirección angular que la dirección del movimiento anterior a una nueva posición angular. Girar las palas de cualquiera de las maneras mencionadas evitará que estas estén en áreas críticas de carga de la dirección relativa del viento durante más de un periodo de tiempo corto.
- 15 Se entiende que para los movimientos de guiñada y/o paso durante la situación sin producción de potencia, en donde la red eléctrica no está disponible, lo que podría ser el caso durante huracanes, tifones, etc., los sistemas de actuación de guiñada y/o paso 7, 8 se alimentan mediante el sistema de respaldo 9.
- 20 A continuación se hace referencia a la fig. 3. En otro modo de realización, para un modelo de turbina eólica específico, se determina uno o más intervalos angulares de la dirección del viento con relación a la góndola 3 como intervalos de carga no críticos I1, I2, I3. Tales intervalos de carga no críticos I1, I2, I3 diferirían entre modelos de turbina, ya que serían dependientes de las características específicas de construcción del modelo, materiales, dimensiones, frecuencias propias, etc. En este ejemplo, hay tres de tales intervalos para orientación y extensión variables, aunque se podrían establecer más intervalos. Los intervalos de carga no críticos I1, I2, I3 se podrían establecer mediante procedimientos numéricos, y/o mediante pruebas en una turbina eólica, por ejemplo en una turbina prototipo. Cuando la velocidad del viento es lo
- 25 suficientemente alta, por ejemplo por encima de un nivel predeterminado, la turbina prototipo se podría mantener en un ángulo de guiñada constante con relación a la dirección del viento durante un periodo de tiempo y en el cual se podrían monitorizar oscilaciones a lo largo del borde. La turbina eólica se podría guiar a continuación una distancia angular predeterminada, por ejemplo 10 grados, y se podría realizar de nuevo la misma operación de monitorización. Esto podría continuar para todas las posiciones de guiñada relativas al viento para dicha distancia angular predeterminada (por ejemplo, 10 grados), y para varias velocidades críticas del viento hasta que se recojan suficientes datos para un análisis representativo. A continuación, los datos se podrían analizar con el fin de definir velocidades umbrales del viento críticas y posiciones de guiñada relativas al viento críticas. Los intervalos de carga no críticos I1, I2, I3 se podrían establecer entonces basándose en las posiciones de guiñada críticas.
- 30 Se debe mencionar que los intervalos de carga no críticos se pueden calibrar en el emplazamiento. Esto permitiría ajustes para fenómenos locales. Por ejemplo, podría ocurrir que ciertos intervalos, normalmente críticos, sean menos críticos en cierto emplazamiento debido a efectos de estela, pero podría ocurrir igualmente que ciertos intervalos, normalmente no críticos, mostraran ser más críticos debido a efectos de aceleración relacionados con la topografía local.
- 35 Cuando la turbina se desconecta debido a vientos fuertes, la dirección del viento se monitoriza continua o periódicamente, y la góndola se gira de modo que la dirección del viento con relación a la góndola y el rotor esté en uno de los intervalos de carga no críticos. Se debe apreciar que por lo menos una parte de por lo menos uno de los intervalos cubre direcciones relativas del viento diferentes de la dirección del eje de giro del rotor, que es la dirección elegida habitualmente en el estado de la técnica anterior. Los parámetros principales para establecer los intervalos de carga no críticos son el diseño de la pala, esto es, la rigidez y resistencia, la velocidad extrema del viento, ángulos de entrada de flujo que dan como resultado vibraciones inducidas por entrada en pérdida de la pala debido a una amortiguación aerodinámica baja.
- 40 Todos los modos de realización anteriores proporcionan estrategias sencillas de mitigación de carga en paradas, que harán posible fabricar los componentes de la turbina más ligeros y baratos, ya que no tienen que estar equipados con dispositivos de amortiguación de vibraciones especiales, u obtener dimensiones necesarias de otro modo para soportar velocidades extremas del viento.
- 45

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para controlar una turbina eólica (1) que comprende una torre (2), una góndola (3) situada sobre la torre, y un rotor (4) montado en la góndola (3) y que comprende un buje (5) y al menos una pala (6), comprendiendo la turbina eólica además un sistema de actuación de guiñada (7) para girar la góndola (3) en relación a la torre (2) alrededor de un eje sustancialmente vertical, y/o un sistema de actuación de paso (8) para girar la pala (6) alrededor de un eje longitudinal de la misma, comprendiendo el procedimiento:
- durante una situación de parada, sin producción de potencia, de la turbina eólica debido a velocidades elevadas del viento, girar continua o periódicamente la góndola (3), por medio del sistema de actuación de guiñada (7), de modo que varíe la dirección del viento en relación al rotor.
- 10 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende: durante una situación de parada, sin producción de potencia, de la turbina eólica debido a velocidades elevadas del viento, girar la pala continua o periódicamente, por medio del sistema de actuación de paso (8), de modo que varíe la dirección del viento con relación a la pala
- 15 3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la pala (6) se gira entre dos posiciones angulares extremas.
4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las posiciones extremas están separadas por no más de 45 grados.
5. El procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 2 o 3, en el que las posiciones extremas están separadas por no menos de 5 grados.
- 20 6. Un procedimiento para controlar una turbina eólica (1) que comprende una torre (2), una góndola (3) situada sobre la torre, y un rotor (4) montado en la góndola (3) y que comprende un buje (5) y al menos una pala (6), comprendiendo la turbina eólica además un sistema de actuación de guiñada (7) para girar la góndola (3) en relación a la torre (2) alrededor de un eje sustancialmente vertical, comprendiendo el procedimiento:
- 25 determinar al menos un intervalo angular de la dirección del viento en relación a la góndola (3) como un intervalo de carga no crítico, y
- durante una situación de parada, sin producción de potencia, de la turbina eólica (1) debido a velocidades elevadas del viento, monitorizar continua o periódicamente la dirección del viento, y girar la góndola (3) de modo que la dirección del viento en relación con la góndola se encuentre en el intervalo de carga no crítico.
- 30 7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende:
- repetir, para una pluralidad de ángulos de guiñada en relación con la dirección del viento, el mantenimiento de la góndola en el ángulo de guiñada respectivo, y monitorizar la velocidad del viento y oscilaciones a lo largo del borde de la pala (6),
- almacenar datos de velocidad del viento y oscilaciones a lo largo del borde obtenidos mediante dicha monitorización, y
- determinar el al menos un intervalo angular basándose en dichos datos almacenados.
- 35 8. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, que comprende determinar por lo menos dos intervalos angulares de la dirección del viento en relación a la góndola como intervalos de carga no críticos, y durante una situación de parada, sin producción de carga, de la turbina eólica debido a velocidades elevadas del viento, monitorizar continua o periódicamente la dirección del viento, y girar la góndola de modo que la dirección del viento en relación con la góndola esté en uno de los intervalos de carga no críticos.

40

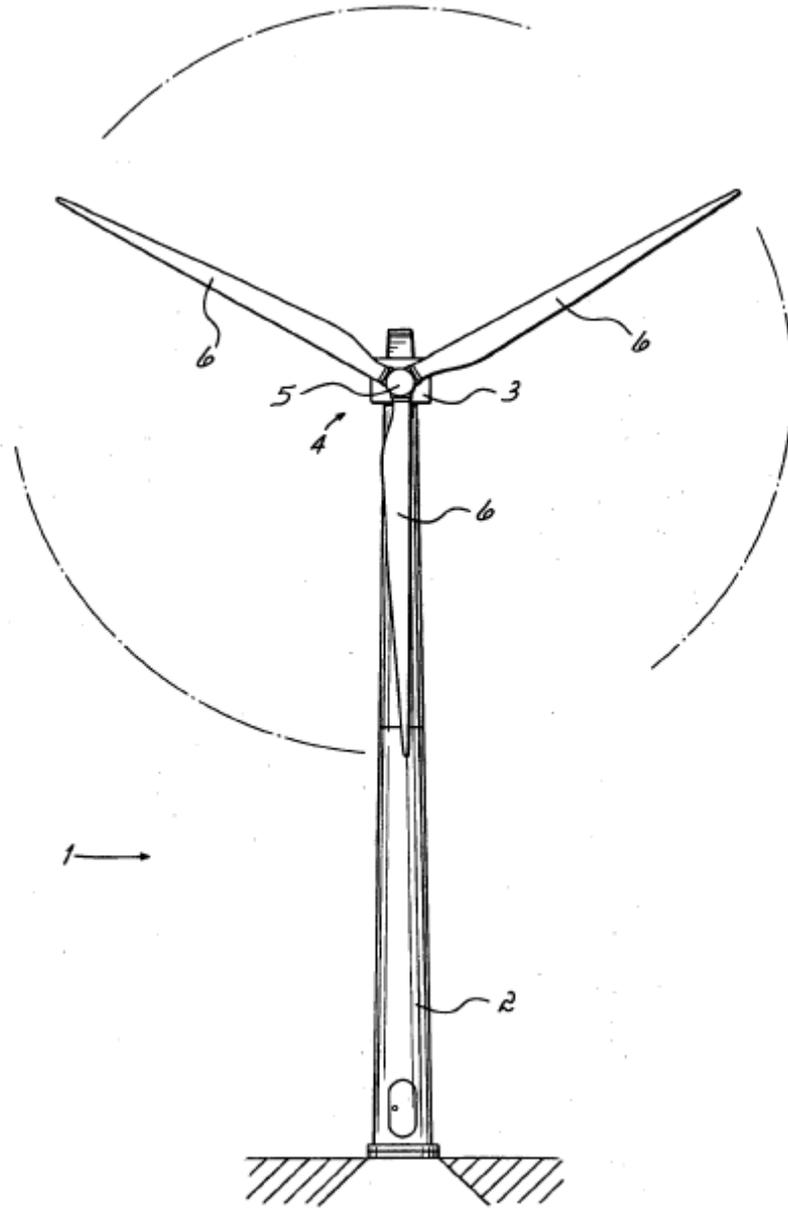
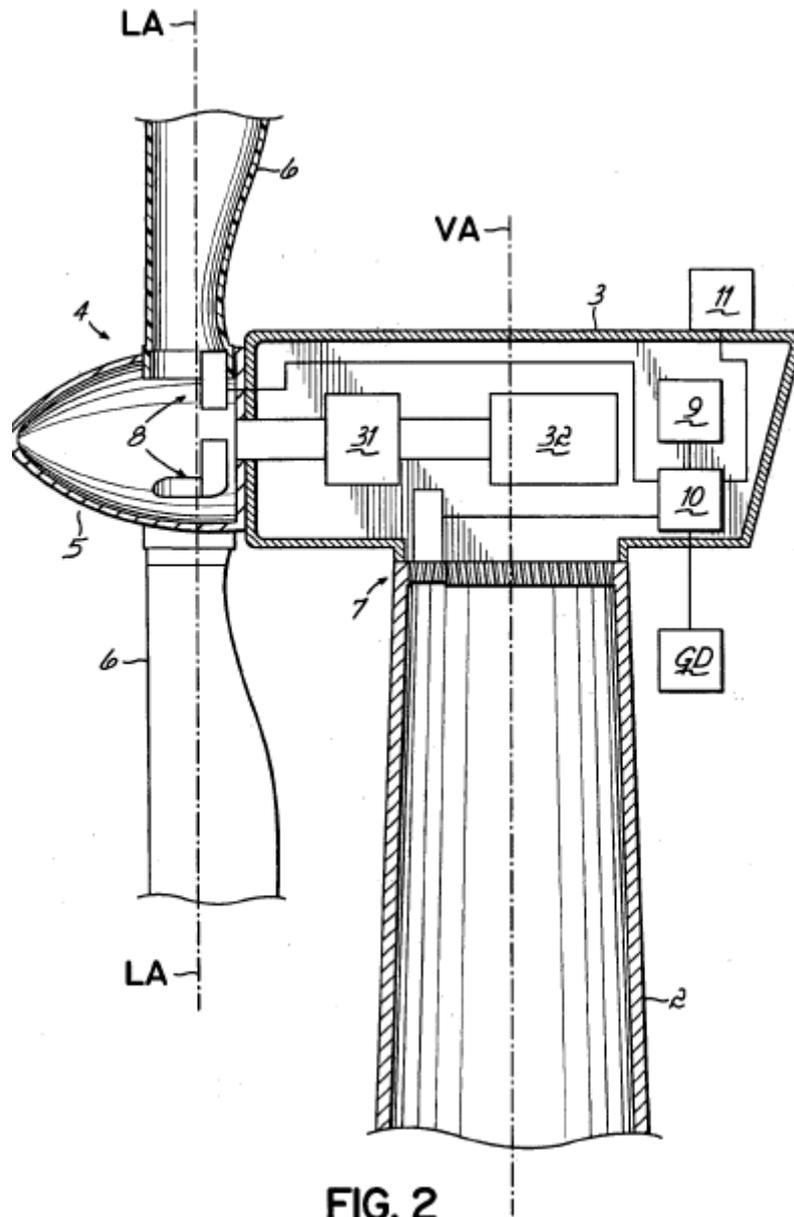


FIG. 1



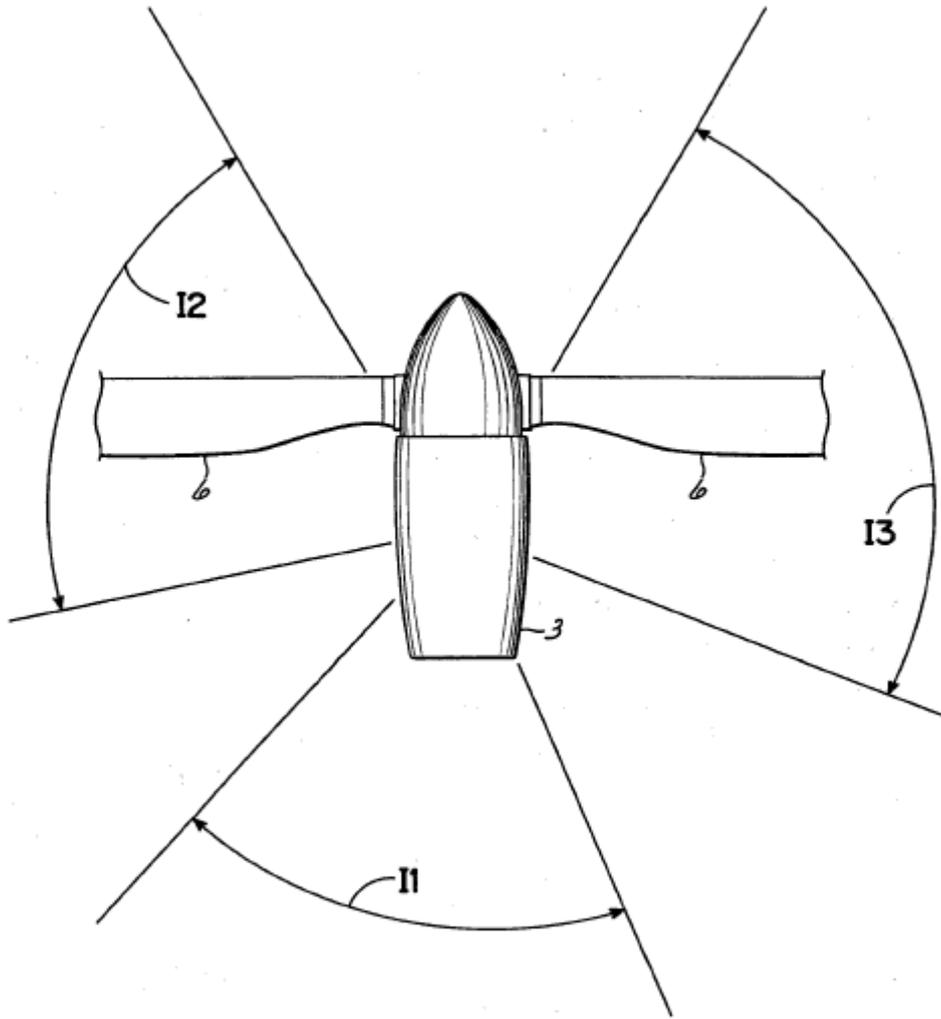


FIG. 3