

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 895**

51 Int. Cl.:
F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05016419 .3**

96 Fecha de presentación: **28.07.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1748185**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.01.2007**

54 Título: **Sistema de detección de congelación para un aerogenerador**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.09.2012

73 Titular/es:
GENERAL ELECTRIC COMPANY
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:
Mayr, Martin;
Schram, Christian;
Krug, Florian y
Raithel, Jacob

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

ES 2 386 895 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

Sistema de detección de congelación para un aerogenerador.

Campo de la invención.

5 La presente invención se refiere a un sistema de detección de congelación para un aerogenerador, un aerogenerador equipado con dicho sistema de detección de congelación y un método para detectar una condición de congelación de un aerogenerador.

10 Antecedentes de la invención.

Durante los últimos años, se han diseñado y construido más y más aerogeneradores en sitios con alta probabilidad de congelación durante el año. Por ejemplo, tales sitios pueden estar localizados en climas fríos y extremos, como en el norte de Europa o zonas alpinas. Es típico de tales sitios condiciones climáticas extremas tales como bajas temperaturas, altas turbulencias y rachas de aire extremas. Estas condiciones llevan a un aumento de la probabilidad de acumulación de hielo, especialmente en el rotor y en las palas de las turbinas. Las acumulaciones de hielo provocan un aumento de las cargas de masa en el aerogenerador, así como un deterioro de las propiedades aerodinámicas del aerogenerador. Asimismo, una acumulación de hielo desequilibrada puede provocar un rotor desequilibrado y/o un desequilibrio aerodinámico en el rotor. Normalmente, la salida de potencia del aerogenerador disminuye debido a la congelación. Éste y otros detalles se pueden encontrar, por ejemplo, en "Grandes Aerogeneradores Entran en Regiones de Climas Fríos (Large Wind Turbines Go into Cold Climate Regions)" por B. Tammelin y H. Seifert, conferencia EWWC 2001, "Cargas de Hielo, Caso de Estudio (Ice Loads, Case Study)" por P. Antikainen y S. Peuranen, V conferencia BOREAS, y "Requerimientos Técnicos para Palas de Rotor que Operan en Clima Frío (Technical Requirements for Rotor Blades Operating in Cold Climate)" por H. Seifert, Deutsches Windenergie-Institut GmbH.

25 Teniendo en cuenta lo expuesto, es deseable detectar una condición de congelación de un aerogenerador antes de un daño o una reducción extrema en la vida útil de la turbina. Para este fin, las referencias del estado de la técnica proponen suministrar sensores de congelación directos bien sea en una turbina individual o en un parque eólico. Se describen varios conceptos de sensores diferentes, incluyendo una cámara web que monitorea las palas del rotor, dispositivos rotativos especiales multicilindro (dispositivos RMC), comparación de anemómetros calentados y enfriados, bases de datos meteorológicas en combinación con sensores de temperatura y humedad o similares. Sin embargo todos estos conceptos se basan en una medición directa de la condición de congelación. Por lo tanto, estos sensores de congelación son una característica extra del aerogenerador y tienen que ser suministrados adicionalmente al aerogenerador "normal".

35 Sin embargo, en los sitios donde congelación puede ocurrir pero es bastante rara, por ejemplo, sólo de 1 a 10 días al año, los costes adicionales en que se incurre en suministrando sensores de congelación extras, llega a ser económicamente cuestionable. También, el estado de la técnica informa de que la fiabilidad de los sensores de congelación directos conocidos en la actualidad no es lo suficientemente alta.

40 DE 19528862 describe un aerogenerador en el cual cada una de las palas del rotor incluye un sensor respectivo, para la medida de la temperatura de la pala del rotor. Las temperaturas medidas de la pala son enviadas a un autómata programable. El autómata está además conectado a un sensor de temperatura ambiente, un anemómetro, un sensor de la velocidad del rotor, y un sensor de vibración. El sensor de vibración puede detectar vibraciones de la torre la turbina. Se puede detectar una condición de congelación de las palas del rotor mediante el sensor de vibración debido a las vibraciones de la torre inducidas por el desequilibrio de las palas del rotor.

45 WO 01/25631 describe un método de monitorización de plantas de aerogeneradores acústicamente. El método incluye las siguientes etapas: grabar un espectro de ruido de referencia de una planta de aerogeneradores y/o partes de la misma en al menos una localización particular en la planta; almacenar este espectro de referencia en un dispositivo de almacenamiento; grabar el espectro de ruido de operación durante la operación en dicha localización(es) particular en la planta; comparar el espectro de operación grabado con el espectro de referencia almacenado; y determinar las desviaciones entre el espectro de ruido de operación y el espectro de referencia.

55 Resumen de la invención.

A la vista de lo antedicho, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se ha previsto un sistema de detección de congelación para un aerogenerador, como se ha definido en la reivindicación 1.

60 En contraposición con el estado de la técnica, el sensor del primer aspecto de la invención descrito más arriba, no es un sensor de congelación directa, ni tampoco incluye un anemómetro, pueda ser calentado no, ni una cámara. En cambio, se ha utilizado un sensor para una variable mecánica del aerogenerador, normalmente para vibraciones o condiciones de carga, para proporcionar datos a partir de los cuales se detecte la condición de congelación de la turbina. Sin embargo los aerogeneradores están normalmente equipados con este tipo de sensores debido a las regulaciones específicas que se tienen que observar. Por ejemplo, los aerogeneradores tienen que cumplir la

5 "Directiva para Instalaciones de Aerogeneradores" emitida por el "Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt)" [Instituto Alemán para la Tecnología de la Construcción] en Berlín. Esta Directiva expone, entre otras cosas, una regulación referente a la monitorización de la oscilación operacional de la torre. Por consiguiente, en un rango operativo en el cual la frecuencia de excitación del rotor está en una anchura de banda de +/- 5% de la frecuencia natural de la torre, es inadmisibles una operación permanente del aerogenerador sin una monitorización de la oscilación operacional. Por lo tanto, un aerogenerador tiene que estar equipado con un sensor para la monitorización de la oscilación. Dado que la presente invención emplea tales sensores para detectar las condiciones de congelación de la turbina, se pueden omitir sensores adicionales de congelación como los previstos por el estado de la técnica. En otras palas, la presente invención proporciona un sistema de detección de congelación que puede detectar una condición de congelación del aerogenerador basándose en los datos proporcionados por sensores que pertenecen al equipamiento normal de un aerogenerador y no son una opción adicional. Por eso, los costes del sistema de detención de congelación se pueden reducir considerablemente en comparación con las soluciones del estado de la técnica, las cuales requieren uno o más detectores de congelación directos. Además, los sensores para variables mecánicas, normalmente, tienen una vida útil más larga y son más fiables comparados con los detectores de congelación directos disponibles.

De acuerdo a otro aspecto de la presente invención, se prevé el uso de un sensor de acuerdo con la reivindicación 13.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se prevé un aerogenerador equipado con un sistema de detención de congelación como el descrito más arriba. Normalmente, en tales aerogeneradores los medios de detección están incluidos en un controlador del aerogenerador. Sin embargo, también puede estar previsto como una parte separada del aerogenerador o puede incluso estar situado remotamente en un sitio de control alejado.

De acuerdo con otro aspecto más de la presente invención, se prevé un método para detectar una condición de congelación de un aerogenerador como se define en la reivindicación 10. La turbina no opera a su máximo nivel posible, el aerogenerador debería ser llevado al máximo nivel operacional posible.

Breve descripción de los dibujos.

Una descripción completa y habilitante de la presente invención, incluyendo la mejor realización de la misma, para un experto común en la materia, es expuesto de forma más particular en el resto de la descripción, incluyendo referencias a los dibujos que acompañan, en donde:

La figura 1 muestra una primera realización, la cual sin embargo no forma parte de la presente invención.

La figura 2 muestra una segunda realización, la cual sin embargo no forma parte de la presente invención.

La figura 3 muestra una tercera realización, la cual sin embargo no forma parte de la presente invención.

La figura 4 muestra una cuarta realización que forma parte de la presente invención.

La figura 5 muestra una quinta realización que forma parte de la presente invención.

La figura 6 muestra una sexta realización que forma parte de la presente invención.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada.

Se hará ahora referencia en detalle a las diferentes realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de los cuales están ilustrados en la figuras. Se proporciona cada ejemplo a través de una explicación de la invención, y no pretende ser una limitación de la invención. Por ejemplo, se pueden utilizar las características ilustradas o descritas como parte de una realización o en conjunción con otras realizaciones para ofrecer todavía una realización adicional. Se entiende que la presente invención incluye tales modificaciones y variaciones.

La figura 1 muestra una primera realización. En la misma, un aerogenerador 100 incluye una torre 200 en la cual ésta montada una góndola 300. En un extremo lateral de la góndola 300, está montado un buje 500, el cual sujeta a las palas del rotor 400. Dentro de la góndola 300, se disponen una caja de cambios 610 y un generador 620. La caja de cambios 610 y el generador 620 están conectados al buje 500 a través de un grupo propulsor 630. Sin embargo, la caja de cambios 610 puede ser considerada también como una parte del grupo propulsor. Asimismo, el sistema de detección de congelación está dispuesto dentro de la góndola 300.

El sistema de detención de congelación incluye un sensor 250 para medir una variable mecánica del aerogenerador 100. Por ejemplo, el sensor 250 puede ser un sensor digital de vibración estructural PHC 1026 o PHC 1028 disponible en PHC Engineering A/S, 2970 Hoersholm, Dinamarca. Habitualmente, la variable mecánica medida por

el sensor 250 es una condición vibracional o una condición de carga del aerogenerador 100. Más habitualmente, la variable mecánica es la desviación de la torre 200, la vibración de al menos una pala del rotor 400 del aerogenerador 100, la carga mecánica sobre al menos una pala del rotor 400 del aerogenerador 100, la vibración del grupo propulsor 610, 630 del aerogenerador 100, y/o la carga mecánica sobre el grupo propulsor 610, 630 del aerogenerador. En la realización mostrada en la figura 1, el sensor 250 mide la desviación o la amplitud de la desviación de la torre 200.

El sistema de detección de congelación además incluye medios de detección 700, los cuales están conectados a sensor 250, de manera que el sensor 250 puede transmitir los datos de la variable mecánica a los medios de detección 700. Los medios de detección 700 están adaptados para detectar una condición de congelación del aerogenerador 100 basándose en los datos de la variable mecánica proporcionados por el sensor 250, por ejemplo, la desviación o la amplitud de la desviación en la realización mostrada en la figura 1. Para este propósito, los valores y/o los errores relativos de la variable mecánica están calculados para diferentes casos con y sin congelación, empleando un modelo matemático. A partir de los resultados, se pueden implementar reglas de detección de la congelación en los medios de detección 700. Por ejemplo, congelación simétrica, es decir, la acumulación de hielo está distribuida simétricamente en las palas del rotor 400, resultando en una resistencia incrementada. En consecuencia, se disminuyen las cargas mecánicas así como la salida de potencia. En el caso de congelación asimétrica, el hielo está distribuido asimétricamente en las palas del rotor. Por ejemplo, una pala está completamente congelada mientras que las otras dos palas sólo están parcialmente congeladas, por ejemplo, cuando el hielo ha sido proyectado de las palas por las fuerzas centrífugas. Sin embargo no sólo del desequilibrio en la masa sino también el desequilibrio aerodinámico puede resultar de la congelación cuando la acumulación de hielo lleva a variar los coeficientes de resistencia y de sustentación entre las palas del rotor. Un rotor desequilibrado, puede ser por desequilibrio de masa o aerodinámico, puede llevar a un incremento de carga y también un incremento de vibración. Por ejemplo, las cargas mecánicas pueden aumentar por encima de 180% en comparación con casos de carga sin hielo. El incremento en la desviación de la cabeza de la torre puede alcanzar desde 200%, incluso para pequeñas congelaciones asimétricas hasta incluso por encima de 5000% para una gran acumulación de hielo. Basándose en simulaciones detalladas para un tipo específico de aerogeneradores se pueden deducir e implementar reglas para detectar una condición de congelación a partir de la variable mecánica proporcionada por el sensor 250.

Como se ha mencionado más arriba, los aerogeneradores tienen que cumplir la "Directiva para Instalaciones de Aerogeneradores" emitida por el "Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt)" [Instituto Alemán para la Tecnología de la Construcción] en Berlín. Esta Directiva expone, entre otras cosas, una regulación referente a la monitorización de la oscilación operacional de la torre. Por consiguiente, en un rango operativo en el cual la frecuencia de excitación del rotor está en una anchura de banda de +/- 5% de la frecuencia natural de la torre, es inadmisibles una operación permanente del aerogenerador sin una monitorización de la oscilación operacional. Por lo tanto, un aerogenerador tiene que estar equipado con un sensor para la monitorización de la oscilación. Dado que la realización descrita más arriba emplea tales sensores para detectar las condiciones de congelación de la turbina, se pueden omitir sensores adicionales de congelación como los previstos por el estado de la técnica. En otras palas, la presente invención proporciona un sistema de detección de congelación que puede detectar una condición de congelación del aerogenerador basándose en los datos proporcionados por un sensor de oscilación que pertenece al equipamiento normal de un aerogenerador. Por eso, los costes del sistema de detección de congelación se pueden reducir considerablemente en comparación con las soluciones del estado de la técnica las cuales requieren uno o más detectores de congelación directos. Además, el sensor para variables mecánicas, normalmente, tiene una vida útil más larga y es más fiable comparado con los detectores de congelación directos disponibles.

La figura 2 muestra una segunda realización. Dado que la configuración de esta realización es similar a la realización mostrada en la figura 1, sólo se describirán las diferencias. Los medios de detección 700 de la segunda realización están conectados a un sensor 250 situado en la base de la torre 200. Este sensor 250 es un sensor de carga que mide la carga en la base de la torre, por ejemplo, en la cimentación de la torre 200. El dispositivo de detección de congelación 700 emplea los datos de carga en la base de la torre, suministrados por el sensor 250 para detectar la condición de congelación del aerogenerador 100.

La figura 3 muestra una tercera realización. Dado que la configuración de esta realización es similar a la realización mostrada en la figura 1, sólo se describirán las diferencias. Los medios de detección 700 de la segunda realización están conectados a medios sensores 450 situados en las bases de las palas del rotor 400. El sensor 450 está adaptado para medir la carga y/o las vibraciones de las palas del rotor 400. Aunque debería haber sólo un sensor sencillo 450 previsto para las tres palas del rotor, es ventajosa utilizar un sensor individual para cada una de las palas del rotor. De este modo, se puede detectar fácilmente un desequilibrio en las palas del rotor, por los sensores 450. El dispositivo de detección de congelación 700 emplea los datos de la pala del rotor, suministrados por el sensor o sensores 450 para detectar una condición de congelación del aerogenerador 100

La figura 4 muestra una cuarta realización que forma parte de la presente invención. Dado que la configuración de esta realización es similar a la realización mostrada en la figura 1, sólo se describirán las diferencias. Los medios de detección 700 de la segunda realización están conectados a los medios sensores 650 situados en el eje rotatorio 630 del grupo propulsor del aerogenerador 100. El sensor 650 está adaptado para medir la carga y/o las vibraciones

del eje rotatorio 630. El dispositivo de detección de congelación 700 emplea los datos del eje rotatorio, suministrados por el sensor 650 para detectar una condición de congelación del aerogenerador 100.

La figura 5 muestra una quinta realización que forma parte de la presente invención. Dado que la configuración de esta realización es similar a la realización mostrada en la figura 1, sólo se describirán las diferencias. Los medios de detección 700 de la segunda realización están conectados a los medios sensores 650 situados en la caja de cambios 610 del grupo propulsor del aerogenerador 100. El sensor 650 está adaptado para medir la carga y/o las vibraciones de la caja de cambios de 610. El dispositivo de detección de congelación 700 emplea los datos de la caja de cambios, suministrados por el sensor 650 para detectar una condición de congelación del aerogenerador 100.

La figura 6 muestra una sexta realización que forma parte de la presente invención. En la que, el dispositivo de detección de congelación 700 está conectado a un sensor de desviación de la torre 250, a un sensor de carga en la base de la torre 250, un sensor en la pala del rotor 450, un sensor en el eje rotatorio 650 y un sensor en la caja de cambios 650. Los medios de detección de congelación 700 emplea al todos los datos suministrados por todos estos sensores para detectar una condición de congelación del aerogenerador 100. Por supuesto, se podrán utilizar también sólo subgrupos y combinaciones de sensores individuales de estos sensores para el sistema de detección de congelación.

Podría entenderse que los tipos de sensor mencionados más arriba pertenecen al equipamiento normal de aerogeneradores actualizados, por lo que en cada caso no se tienen que suministrar sensores de congelación directos adicionales. De este modo, todas las realizaciones descritas más arriba consiguen una reducción de costes y una simplificación del sistema en su conjunto. También, no se tendrán que realizar pruebas de funcionamiento adicionales para estos sensores como podría ser el caso para sensores de congelación específicos adicionales.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización de la presente invención. En el mismo, se muestra un método básico para detección de congelación, mediante las etapas del método 1010, 1020, y 1030. En la tapa 1010, los medios de detección de congelación obtienen datos de la variable mecánica de un sensor, por ejemplo, un sensor de vibración. Estos datos son entonces comparados con los resultados para un modelo de congelación. El modelo de congelación puede estar basado en un modelo matemático o en un modelo heurístico o en una combinación de modelos teóricos y heurísticos. Por supuesto, se podría entender que no sólo los valores de la variable mecánica sino también los datos derivados de la misma, por ejemplo, un promedio del movimiento, el error relativo o similar, pueden ser empleados para la comparación con el modelo de congelación implementado en los medios de detección. Después, en la etapa 1030, se detecta la congelación del aerogenerador, si los datos de medida están clasificados para pertenecer a la categoría de congelación. Si los datos no pertenecen a la categoría de congelación, no se detecta congelación. De este modo, se proporciona un método para detección de congelación sin la necesidad de entrada de datos de sensores de congelación directos adicionales.

Ahora, el método de acuerdo con la presente invención puede tener más etapas del método opcionales, que están relacionadas con el control del aerogenerador. Por ejemplo, si se ha detectado una condición de congelación en el aerogenerador, los medios de detección informan sobre esto al control del aerogenerador. Normalmente, los medios de detección son una parte del control del aerogenerador. Después, en la etapa 1040 el aerogenerador se lleva a una condición operacional segura, por ejemplo, frenando del rotor o incluso desconectando el aerogenerador. De este modo, se previene el daño del aerogenerador debido a la condición de congelación. Asimismo, la puesta en marcha del aerogenerador congelado puede ser interrumpida para prevenir la reconexión del aerogenerador congelado. Si no se detecta una condición de congelación, el controlador del aerogenerador comprueba en la etapa 1050 si el aerogenerador funciona en el nivel máximo posible actual. Por ejemplo, el nivel operacional del aerogenerador podría haber sido reducido antes en la etapa 1040 debido a la detección de una condición de congelación. Cuando la condición de congelación ha terminado, por ejemplo, gracias a un calentamiento, el aerogenerador opera todavía al nivel operacional reducido. Sin embargo, dado que la condición de congelación no va a existir ya, el aerogenerador puede ser devuelto a su máximo nivel operacional posible en la etapa 1060. Se podría entender que el máximo nivel operacional posible no significa automáticamente que es el nivel de salida de potencia máxima del aerogenerador. El aerogenerador puede que tenga que cumplir un número de requerimientos adicionales, por ejemplo, de un operador de de la red, de manera que el máximo nivel operacional posible pueda ser definido por debajo del nivel máximo de salida potencia. Por supuesto, si el aerogenerador opera en su máximo nivel operacional posible y no se ha detectado congelación, no es necesaria la intervención del controlador del aerogenerador. Finalmente, se repite el ciclo descrito más arriba.

Habiendo, por lo tanto, descrito la invención en detalle, sería evidente para un experto en la materia que se pueden hacer modificaciones varias en la presente invención sin alejarse del ámbito de protección de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de detección de congelación para un aerogenerador (100), que comprende:
- 5 un sensor (250,450, 650) para medir una vibración de, y/o una carga mecánica en el grupo propulsor (610, 630) del aerogenerador (100), y unos medios de detección (700) conectados al sensor (250,450, 650) y adaptados para detectar una condición de congelación del aerogenerador (100) en base a los datos de la vibración y/o la carga mecánica, suministrados por el sensor (250,450, 650).
- 10 2. El sistema de detección de congelación de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el sensor (650) está situado en un eje rotatorio (630) del grupo propulsor.
3. El sistema de detección de congelación de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el sensor (650) está situado en la caja de cambios (610) del grupo propulsor.
- 15 4. El sistema de detección de congelación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un sensor (250) para medir la desviación de la torre (200), en donde los medios de detección (700) están conectados a dicho sensor (250).
- 20 5. El sistema de detección de congelación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un sensor (450) para la medida de la vibración en al menos una pala del rotor (400) del aerogenerador (100), en donde los medios de detección (700) están conectados a dicho sensor (450).
- 25 6. El sistema de detección de congelación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un sensor (450) para medir la carga mecánica en al menos una pala del rotor (400) del aerogenerador (100).
- 30 7. El sistema de detección de congelación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los medios de detección (700) detectan la condición de congelación basándose en el error relativo de la vibración y/o la carga mecánica en el grupo propulsor (610, 630).
- 35 8. Un aerogenerador (100) que comprende un sistema de detección de congelación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
9. Un aerogenerador (100) de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los medios de detección (700) están incluidos en un controlador del aerogenerador.
- 40 10. Un método para detectar una condición de congelación de un aerogenerador, que comprende las etapas de:
- (a) medir la vibración y/o la carga mecánica en el grupo propulsor del aerogenerador,
- (b) proporcionar los datos medidos de la vibración y/o la carga mecánica a los medios de detección,
- (c) comparar los datos medidos con el modelo de datos para una condición de congelación, para detectar si el aerogenerador está en una condición de congelación o no.
- 45 11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, que además comprende la etapa de:
- (d) llevar al aerogenerador a una condición operacional segura si se detecta la condición de congelación del aerogenerador.
- 50 12. El método de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, que además comprende las etapas de:
- (e) si no se ha detectado una condición de congelación, comprobar si el aerogenerador funciona a su máximo nivel posible, y
- (f) si el aerogenerador no funciona a su máximo nivel posible, llevar al aerogenerador al máximo nivel operacional posible.
- 55 13. Uso de un sensor (250,450, 650) adaptado para medir una vibración de, y/o una carga mecánica en el grupo propulsor de un aerogenerador (100) para suministrar datos a partir de los cuales se pueda detectar una condición de congelación del aerogenerador (100), por los medios de detección (700).

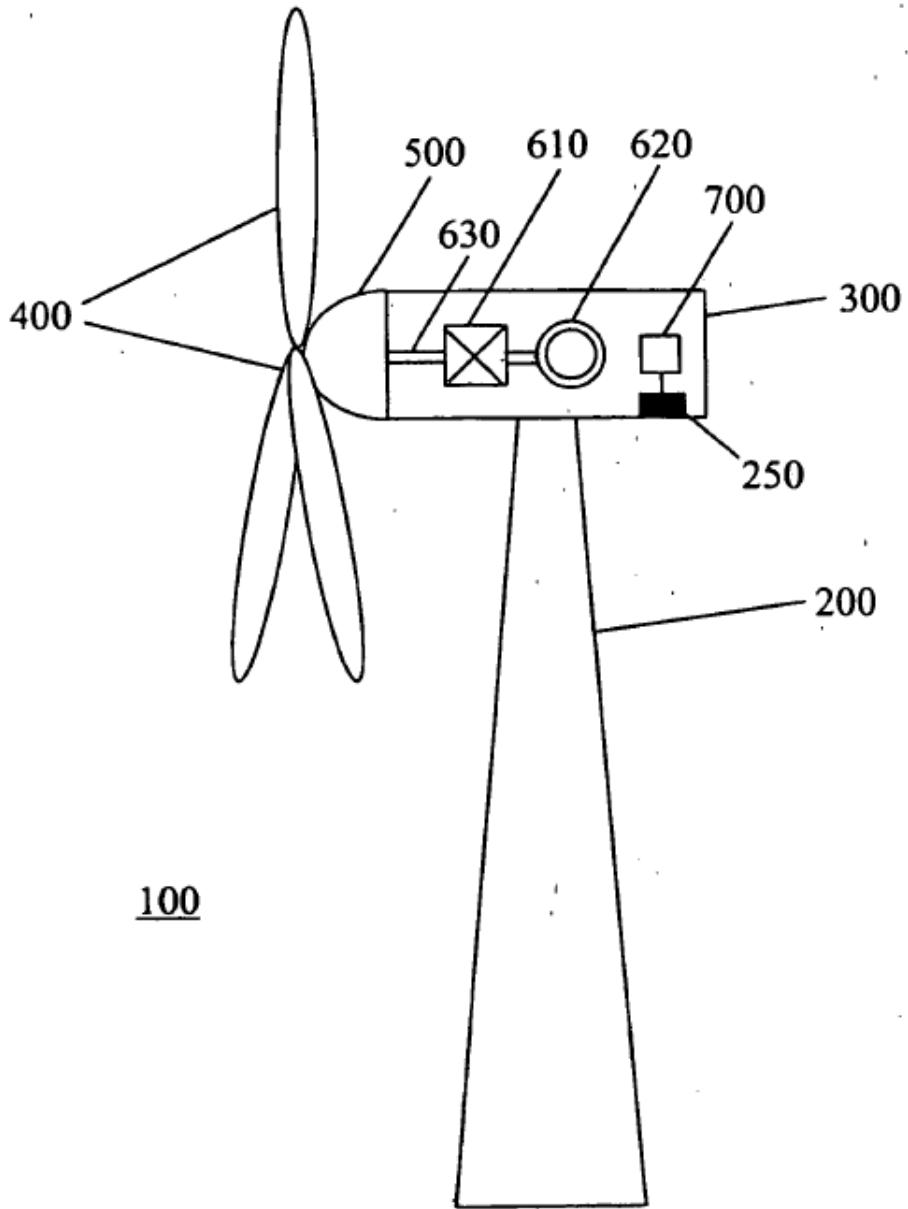


Fig. 1

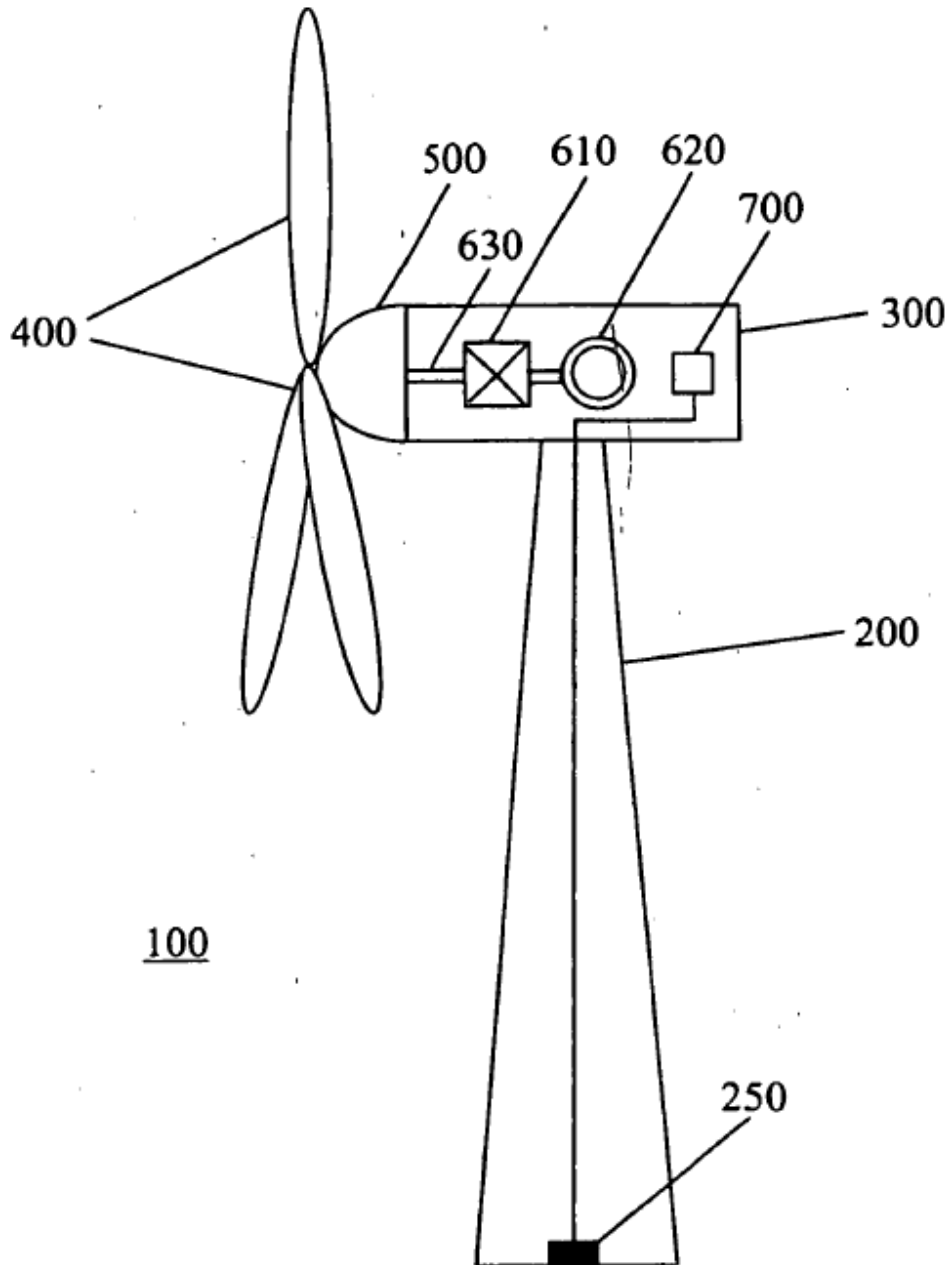


Fig. 2

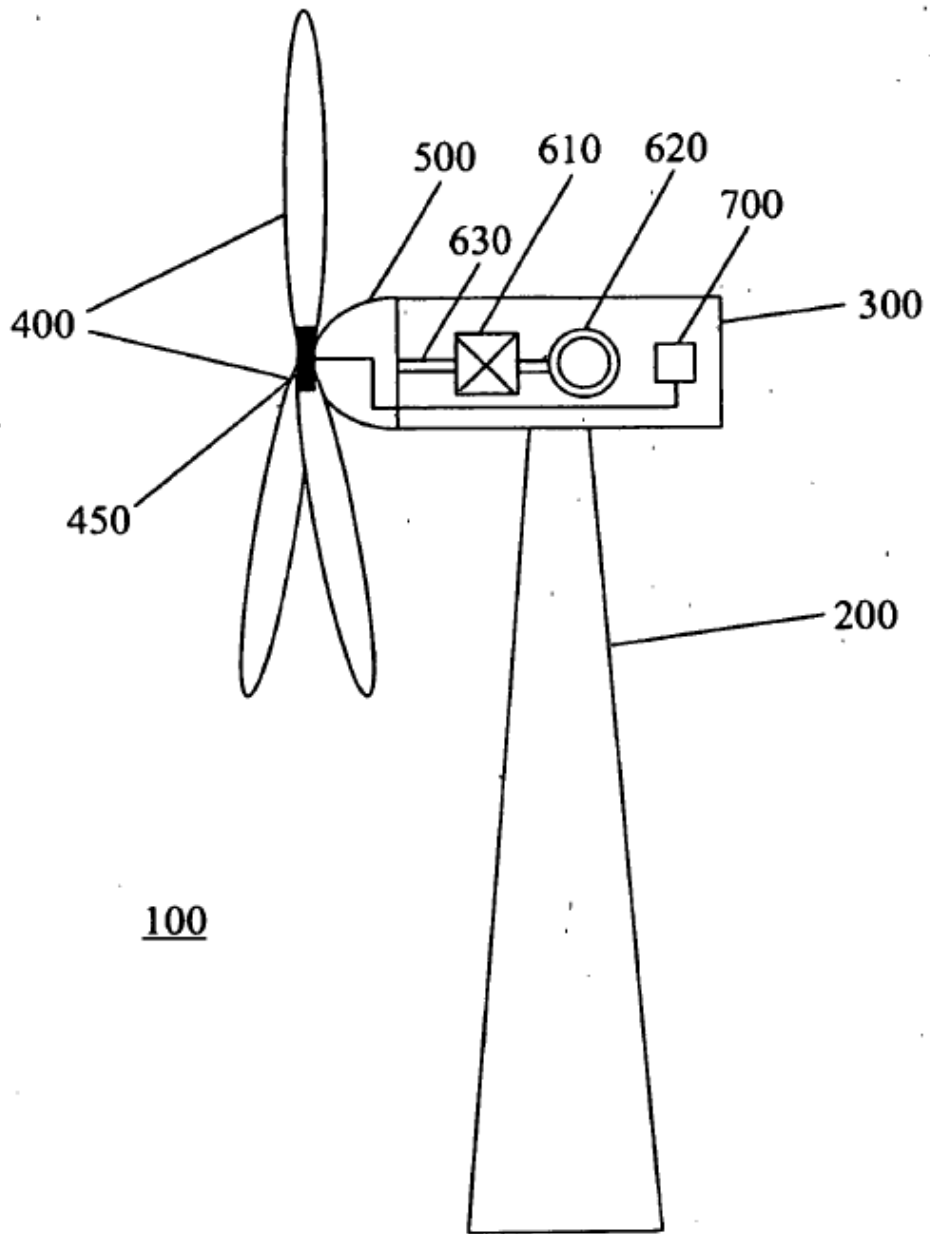


Fig. 3

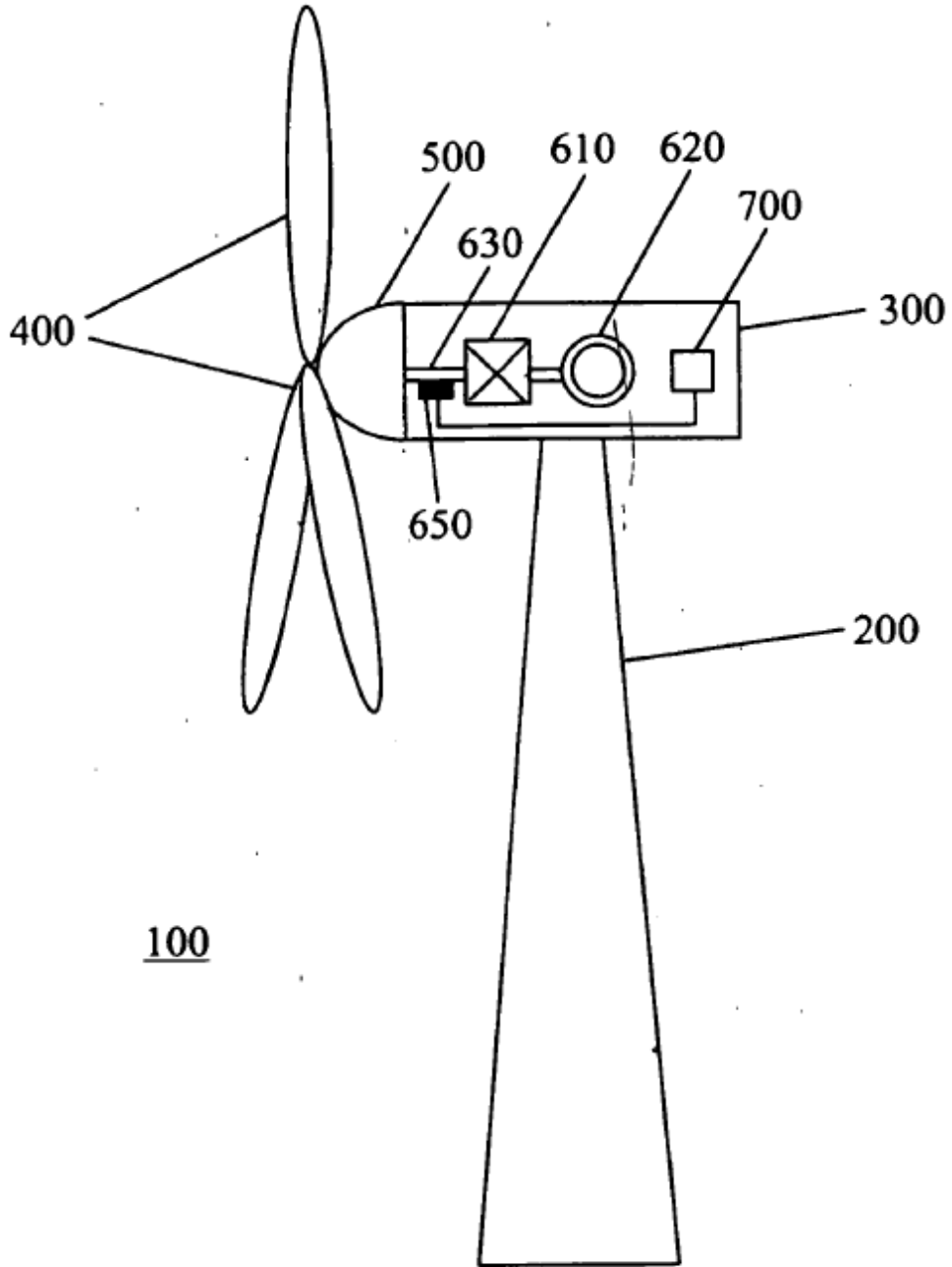


Fig. 4

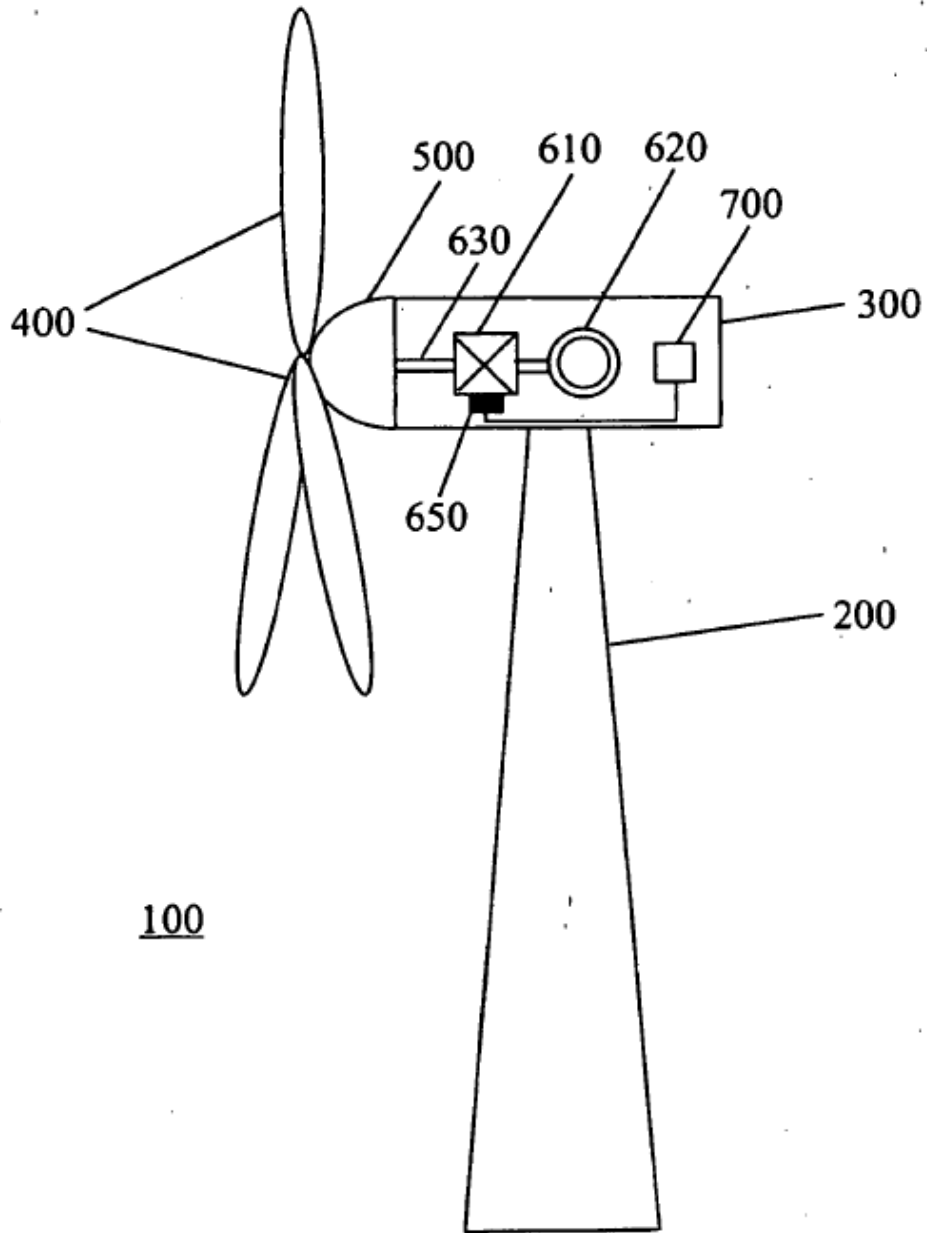


Fig. 5

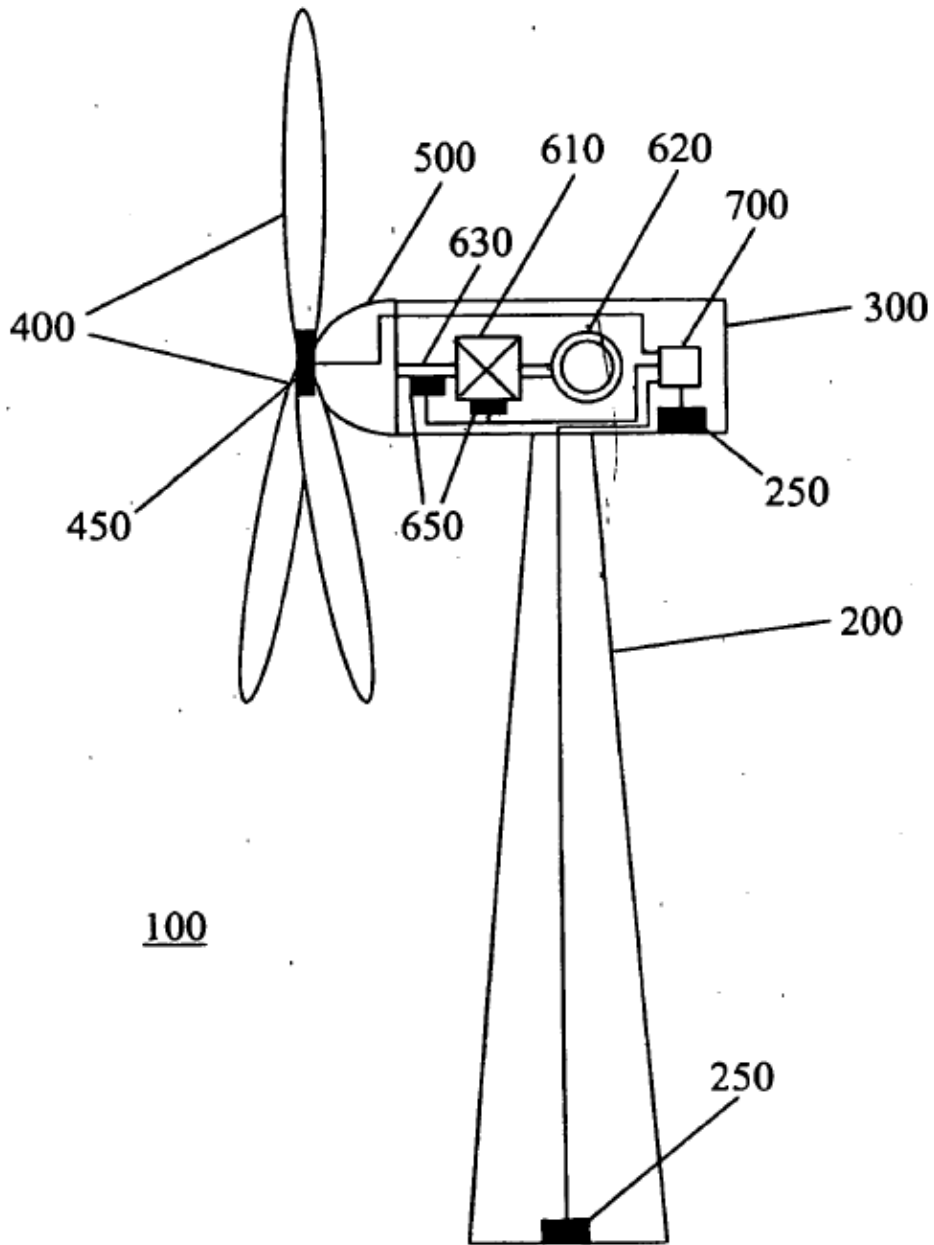


Fig. 6

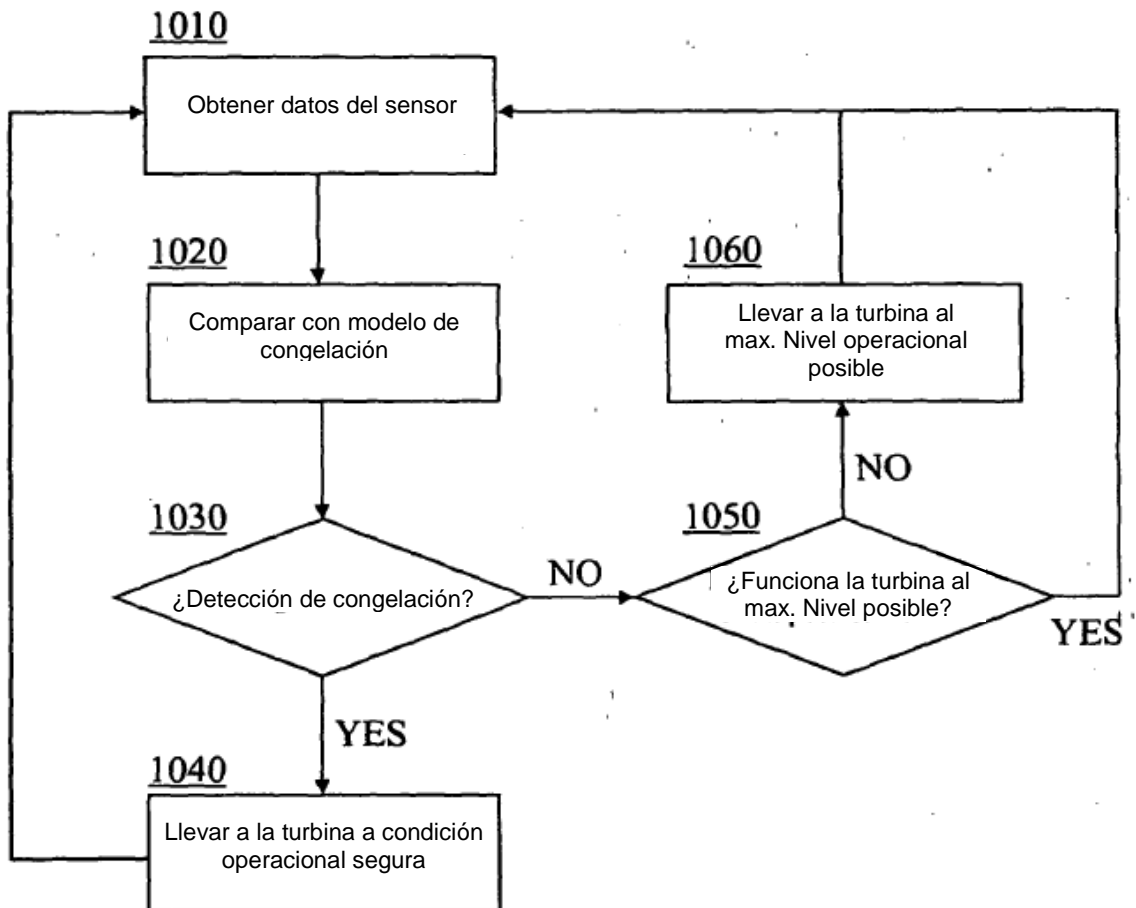


Fig. 7