(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 546 951**

(51) Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

F16N 39/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2010** **E 10188881 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2015** **EP 2317136**

(54) Título: **Procedimiento y sistema de operación de una turbina eólica**

(30) Prioridad:

30.10.2009 US 609754

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.09.2015

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

KRAUSS, THOMAS

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 546 951 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

Procedimiento y sistema de operación de una turbina eólica

El objeto descrito en el presente documento se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más en particular, a un procedimiento y un sistema para la operación de una turbina eólica.

Las turbinas eólicas generalmente incluyen un rotor que tiene múltiples palas que están conectadas a un cubo giratorio. El rotor transforma la energía del viento en un par de rotación que acciona uno o más ejes. A menudo, los ejes están acoplados de manera giratoria a una caja de engranajes que multiplica la velocidad de rotación inherentemente baja de rotor. La caja de engranajes gira un eje de alta velocidad que acciona un generador para producir energía eléctrica, que se suministra a una red de suministro eléctrico o a otro destino.

Diversas turbinas eólicas y técnicas de gestión térmica convencionales para las mismas se describen, por ejemplo, en los documentos EP 2 088 316 y WO 2004/113720.

Al menos algunas cajas de engranajes conocidas requieren lubricación para operar eficazmente. Por lo general, una bomba transporta aceite de lubricación a la caja de engranajes, y un sumidero recoge el aceite de lubricación una vez que se ha lubricado la caja de engranajes. En ambientes fríos, el aceite de lubricación puede volverse viscoso y resistente al flujo. En tales ambientes, pueden utilizarse uno o más calentadores para calentar el aceite de lubricación para mantener una viscosidad suficiente del aceite de lubricación durante la operación.

Si una turbina eólica está inactiva durante un período prolongado de tiempo, puede resultar necesario calentar el aceite de lubricación antes de reanudar la operación de la turbina eólica. En algunas turbinas eólicas conocidas, el calentamiento del aceite de lubricación puede tardar entre 6 y 8 horas, o más. En tales situaciones, puede ser que una turbina eólica no esté disponible para generar energía mientras que se calienta el aceite de lubricación, y pueden perderse unos ingresos significativos.

Las reivindicaciones adjuntas definen diversos aspectos y realizaciones de la presente invención.

A continuación se describirán diversos aspectos y realizaciones de la presente invención, en conexión con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Figura 1 es una vista esquemática de una turbina eólica ejemplar.

La Figura 2 es una vista en sección parcial de una góndola ejemplar adecuada para su uso con la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

La Figura 3 es una vista isométrica de una caja de engranajes ejemplar y de un sistema de lubricación ejemplar adecuado para su uso con la góndola mostrada en la Figura 2.

La Figura 4 es un diagrama de bloques de la caja de engranajes y del sistema de lubricación mostrados en la Figura 3.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar para la operación de una turbina eólica adecuado para su uso con la caja de engranajes y el sistema de lubricación mostrados en la Figura 3 y la Figura 4.

Las realizaciones descritas en el presente documento proporcionan un sistema de lubricación para una turbina eólica. El sistema de lubricación obtiene una o más condiciones previstas de un sistema de previsión del viento. El sistema de lubricación compara las condiciones previstas con uno o más requisitos para determinar si la turbina eólica puede comenzar o reanudar la generación de energía. El sistema de lubricación también mide una temperatura de un fluido de lubricación dentro de la turbina eólica. Se precalienta el fluido de lubricación a una temperatura mínima de operación previamente a las condiciones meteorológicas que permitan a la turbina eólica generar energía. Como tal, el sistema de lubricación facilita la preparación de la turbina eólica para la llegada de la energía eólica utilizable.

La Figura 1 es una vista esquemática de una turbina 100 eólica ejemplar. En la realización ejemplar, la turbina 100 eólica es una turbina eólica de eje horizontal. Alternativamente, la turbina 100 eólica puede ser una turbina eólica de eje vertical. En la realización ejemplar, la turbina 100 eólica incluye una torre 102 que se extiende desde una superficie 104 de soporte, y está acoplada a la misma. La torre 102 puede estar acoplada a la superficie 104 con pernos de anclaje o a través de una pieza de montaje de base (no se muestra ninguno de los mismos), por ejemplo. Una góndola 106 está acoplada a la torre 102, y un rotor 108 está acoplado a la góndola 106. El rotor 108 incluye un cubo 110 giratorio y una pluralidad de palas 112 de rotor acopladas al cubo 110. En la realización ejemplar, el rotor 108 incluye tres palas 112 de rotor. Alternativamente, el rotor 108 puede contar con cualquier número adecuado de palas 112 de rotor que permita a la turbina 100 eólica operar tal como se describe en el presente documento. La torre 102 puede tener cualquier altura y / o construcción convenientes que permitan a la turbina 100 eólica operar tal como se describe en el presente documento.

Las palas 112 de rotor están espaciadas alrededor del cubo 110 para facilitar la rotación del rotor 108, transfiriendo

de este modo la energía cinética del viento 114 y transformándola en energía mecánica útil, y posteriormente, en energía eléctrica. El rotor 108 y la góndola 106 giran sobre la torre 102 sobre un eje 116 de orientación para controlar una perspectiva de las palas 112 de rotor con respecto a la dirección del viento 114. Las palas 112 de rotor están acopladas al cubo 110 mediante el acoplamiento de una porción raíz 118 de pala al cubo 110, en una pluralidad de zonas 120de transferencia de carga. Cada una de las zonas 120 de transferencia de carga tiene una zona de transferencia de carga de cubo y una zona de transferencia de carga de pala (en la Figura 1 no se muestra ninguna de las mismas). Las cargas inducidas a las palas 112 de rotor se transfieren al cubo 110 a través de las zonas 120 de transferencia de carga. Cada pala 112 de rotor incluye también una porción 122 de punta de pala.

En la realización ejemplar, las palas 112 de rotor tienen una longitud de entre aproximadamente 30 metros (m) y aproximadamente 120 m. Alternativamente, las palas 112 de rotor pueden tener cualquier longitud adecuada que permita al generador de turbina eólica operar tal como se describe en el presente documento. Por ejemplo, las palas 112 de rotor pueden tener una longitud adecuada inferior a 30 m o superior a 120 m. A medida que el viento 114 entra en contacto con la pala 112 de rotor, las fuerzas de levantamiento de la pala son inducidas a la pala 112 de rotor, y la rotación del rotor 108 sobre un eje 124 de rotación es inducida a medida que acelera la porción 122 de punta de pala.

Un ángulo de paso (no mostrado) de las palas 112 de rotor, es decir, un ángulo que determina la perspectiva de la pala 112 de rotor con respecto a la dirección del viento 114, puede cambiarse mediante un conjunto de paso (no mostrado en la Figura 1). Específicamente, el aumento de un ángulo de paso de la pala 112 de rotor disminuye la cantidad de área de superficie 126 de pala que está expuesta al viento 114 y, a la inversa, la disminución de un ángulo de paso de la pala 112 de rotor aumenta la cantidad de área de superficie 126 de pala que está expuesta al viento 114. Los ángulos de paso de las palas 112 de rotor se ajustan sobre un eje de paso 128 en cada pala de rotor 112. En la realización ejemplar, los ángulos de paso de las palas 112 de rotor se controlan individualmente. Alternativamente, los ángulos de paso de las palas 112 de rotor se controlan como grupo.

La Figura 2 es una vista en sección parcial de la góndola 106 de una turbina 100 eólica ejemplar (mostrada en la Figura 1). Diversos componentes de la turbina 100 eólica están alojados en la góndola 106. En la realización ejemplar, la góndola 106 incluye tres conjuntos 130 de paso. Cada conjunto 130 de paso está acoplado a una pala 112 de rotor asociada (mostrada en la Figura 1), y modula un paso de una pala 112 de rotor asociada sobre el eje 128 de paso. En la Figura 2 sólo se muestra uno de los tres conjuntos 130 de paso. En la realización ejemplar, cada conjunto 130 de paso incluye al menos un motor impulsor 131 de paso.

Tal como se muestra en la Figura 2, el rotor 108 está acoplado de forma giratoria a un generador eléctrico 132 posicionado dentro de la góndola 106 a través del eje 134 de rotor (a veces denominado ya sea eje principal o eje de baja velocidad), una caja 136 de engranajes, un eje 138 de alta velocidad, y un acoplamiento 140. La rotación del eje 134 de rotor acciona en rotación la caja 136 de engranajes que, posteriormente, acciona el eje 138 de alta velocidad. El eje 138 de alta velocidad acciona de forma giratoria el generador 132 a través del acoplamiento 140, y la rotación del eje 138 de alta velocidad facilita la producción de energía eléctrica por parte del generador 132. La caja 136 de engranajes está sostenida por el soporte 142 y el generador 132 está sostenido por el soporte 144. En la realización ejemplar, la caja 136 de engranajes utiliza una geometría de doble vía para accionar el eje 138 de alta velocidad. Alternativamente, el eje 134 de rotor está acoplado directamente al generador 132 a través del acoplamiento 140.

La góndola 106 también incluye un mecanismo 146 de orientación que gira la góndola 106 y el rotor 108 sobre el eje 116 de orientación (mostrado en la Figura 1), para controlar la perspectiva de las palas 112 de rotor con respecto a la dirección del viento 114. La góndola 106 también incluye al menos un mástil meteorológico 148 que incluye una veleta y un anemómetro (en la Figura 2 no se muestra ninguno de los mismos). En una realización, el mástil 148 proporciona información, incluyendo la dirección del viento y / o la velocidad del viento, a un sistema 150 de control. El sistema 150 de control incluye uno o más controladores u otros procesadores configurados para ejecutar algoritmos de control. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "procesador" incluye cualquier sistema programable, incluyendo sistemas y microcontroladores, circuitos de conjunto reducido de instrucciones (RISC), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), circuitos lógicos programables (PLC), y cualquier otro circuito capaz de ejecutar las operaciones descritas en el presente documento. Los ejemplos anteriores son solamente ejemplares, y por lo tanto no están destinados a limitar de ninguna manera la definición y / o el significado del término procesador. Por otra parte, el sistema 150 de control puede ejecutar un programa SCADA (Adquisición, supervisión, y control y de datos).

El conjunto 130 de paso está acoplado operativamente con el sistema 150 de control. En la realización ejemplar, la góndola 106 también incluye un cojinete 152 de soporte principal, o anterior, y un cojinete 154 de soporte posterior. El cojinete 152 de soporte anterior y el cojinete 154 de soporte posterior facilitan el soporte y alineación radiales del eje 134 de rotor. El cojinete 152 de soporte anterior está acoplado al eje 134 de rotor cerca del cubo 110. El cojinete 154 de soporte posterior está situado sobre el eje 134 de rotor, cerca de la caja 136 de engranajes y / o del generador 132. Alternativamente, la góndola 106 incluye cualquier número de cojinetes de soporte que permita a la turbina 100 eólica operar tal como se describe en el presente documento. El eje 134 de rotor, el generador 132, la caja 136 de engranajes, el eje 138 de alta velocidad, el acoplamiento 140, y cualquier dispositivo asociado de sujeción, soporte y / o fijación incluyendo, pero sin limitación a, el soporte 142, el soporte 144, el cojinete 152 de

soporte anterior, y el cojinete 154 de soporte posterior, a veces se denominan tren 145 de transmisión.

La Figura 3 es una vista isométrica de la caja 136 de engranajes ejemplar y de un sistema 200 de lubricación ejemplar que facilita la lubricación de uno o más componentes de la caja 136 de engranajes y / o de uno o más componentes de la turbina 100 eólica (mostrada en la Figura 1). La Figura 4 es una vista esquemática de la caja 136 de engranajes y del sistema 200 de lubricación. En la realización ejemplar, una bomba de circulación 202 transporta un fluido de lubricación, tal como aceite con unas características de flujo adecuadas, por ejemplo, a través del sistema 200 de lubricación. La bomba 202 de circulación extrae el fluido de lubricación de un sumidero 204 de la caja 136 de engranajes a través de un conducto 206 de admisión de bomba de circulación. La bomba 202 de circulación incluye una válvula interna (no mostrada) para devolver selectivamente el fluido de lubricación a la caja 136 de engranajes a través de un conducto de descarga de bomba 208 de circulación, o para dirigir el fluido de lubricación hasta un intercambiador 210 de calor. El conducto 206 de admisión de bomba de circulación y / o la bomba 202 de circulación incluye un filtro 212 para eliminar las impurezas del fluido de lubricación. El conducto 208 de descarga de bomba de circulación incluye una válvula 214 de reducción de presión para facilitar el retorno del fluido de lubricación a la caja 136 de engranajes a una presión deseada. En una realización, una o más boquillas de pulverización (no mostradas) suministran el fluido de lubricación desde el conducto de descarga de bomba 208 de circulación, y / o desde la válvula 214 de reducción de presión, hasta la caja 136 de engranajes y / o hasta el sumidero 204, sustancialmente en forma de una niebla o pulverización. En la realización ejemplar, el sistema 200 de lubricación incluye un sistema 216 de control de temperatura que controla una operación de uno o más componentes del sistema 200 de lubricación. Uno o más sensores 218 de temperatura, en comunicación con el sistema 216 de control de temperatura, miden la temperatura del fluido de lubricación y generan y transmiten una o más señales representativas de la temperatura medida. El sistema 200 de lubricación también incluye un sistema 220 de calentamiento que calienta el fluido de lubricación.

Tal como se muestra en la Figura 4, un sensor 218 de temperatura está acoplado al colector 204 y mide una temperatura del fluido de lubricación dentro del sumidero 204. Aunque no se muestra en la Figura 4, en una realización, los sensores 218 de temperatura adicionales pueden estar acoplados operativamente a otros componentes dentro del sistema 200 de lubricación, como por ejemplo al conducto de admisión de bomba 206 de circulación, al sistema 220 de calentamiento, al intercambiador 210 de calor, y / o a cualquier componente adecuado del sistema 200 de lubricación. En la realización ejemplar, el sensor 218 de temperatura está acoplado operativamente al sistema 216 de control de temperatura, y el sensor 218 de temperatura transmite la temperatura medida del fluido de lubricación al sistema 216 de control de temperatura. El sistema 216 de control de temperatura recibe la temperatura medida del fluido de lubricación y compara la temperatura del fluido de lubricación con una primera temperatura, tal como una primera temperatura umbral mínima predefinida. En la realización ejemplar, la primera temperatura umbral mínima es una temperatura mínima que permita al fluido de lubricación fluir con la viscosidad suficiente como para evitar o minimizar el daño a uno o más componentes del sistema 200 de lubricación, tal como la bomba 202 de circulación, y / o a uno o más componentes de la turbina 100 eólica. En una realización, la primera temperatura umbral mínima es 30 °C aproximadamente. Alternativamente, la primera temperatura umbral mínima será cualquier temperatura adecuada que permita al sistema 200 de lubricación y a la turbina 100 eólica operar tal como se describe en el presente documento. Si la temperatura medida del fluido de lubricación está por debajo de la primera temperatura umbral mínima, el sistema 216 de control de temperatura podrá desactivar o reducir la velocidad de la bomba 202 de circulación.

El sistema 216 de control de temperatura también compara la temperatura medida del fluido de lubricación con una temperatura máxima umbral predefinida. En la realización ejemplar, la temperatura máxima umbral es una temperatura máxima de fluido de lubricación que evite o minimice el daño a uno o más componentes del sistema 200 de lubricación y / o a uno o más componentes de la turbina 100 eólica. En una realización, la temperatura máxima umbral es 70 °C aproximadamente. Alternativamente, la temperatura umbral máxima será cualquier temperatura adecuada que permita al sistema 200 de lubricación y a la turbina 100 eólica operar tal como se describe en el presente documento. Si la temperatura medida del fluido de lubricación está por encima de la temperatura umbral máxima, la bomba 202 de circulación transportará el fluido de lubricación al intercambiador 210 de calor a través de un conducto 222 de admisión de intercambio de calor. El intercambiador 210 de calor suprime el calor del fluido de lubricación y devuelve el fluido de lubricación refrigerado a la caja 136 de engranajes, a través de un conducto 224 de descarga de intercambio de calor que tiene una válvula 214 de reducción de presión. En una realización, una o más boquillas de pulverización (no mostradas) suministran el fluido de lubricación refrigerado desde el conducto 224 de descarga de intercambio de calor, a través de la válvula 214 de reducción de presión, a la caja 136 de engranajes y / o al sumidero 204, sustancialmente en forma de una niebla o pulverización. La pulverización de fluido de lubricación facilita la lubricación de uno o más componentes de la caja 136 de engranajes, y el fluido de lubricación se suministra por gravedad al sumidero 204. El fluido de lubricación se recoge dentro del sumidero 204 y se transporta de nuevo a través del sistema 200 de lubricación mediante la bomba 202 de circulación, según sea necesario para facilitar la lubricación de uno o más componentes de la caja 136 de engranajes y / o la turbina 100 eólica.

En la realización ejemplar, el sistema 220 de calentamiento incluye una bomba 226 de sistema de calentamiento y una o más unidades 228 de calentamiento. Aunque en la Figura 4 se muestran dos unidades 228 de calentamiento, el sistema 200 de lubricación puede incluir cualquier número adecuado de unidades 228 de calentamiento. Alternativamente, el sistema 200 de lubricación incluye una única unidad 228 de calentamiento. Las unidades 228 de

calentamiento calientan el fluido de lubricación a una temperatura igual a una segunda temperatura umbral mínima predefinida para permitir que el fluido de lubricación se vuelva lo suficientemente viscoso para evitar o minimizar el daño a la bomba 202 de circulación y / o a la bomba 226 de sistema de calentamiento. En la realización ejemplar, la segunda temperatura umbral mínima es igual a la primera temperatura umbral mínima del fluido de lubricación. Alternativamente, la segunda temperatura umbral mínima es superior a la primera temperatura umbral mínima, o inferior a la primera temperatura umbral mínima. La bomba 226 de sistema de calentamiento extrae el fluido de lubricación de la caja 136 de engranajes y / o del sumidero 204 a través de un conducto 230 de admisión de sistema de calentamiento, y devuelve el fluido de lubricación calentado a la caja 136 de engranajes y / o al sumidero 204 a través de un conducto 232 de descarga de sistema de calentamiento. Una vez que la temperatura del fluido de lubricación alcanza o excede la segunda temperatura umbral mínima, el sistema 216 de control de temperatura puede activar o aumentar la velocidad de la bomba 202 de circulación.

En la realización ejemplar, el sistema 216 de control de temperatura incluye el sistema 150 de control y un sistema 234 de previsión de viento. El sistema 216 de control de temperatura está acoplado operativamente al sensor 218 de temperatura, al sistema 220 de calentamiento, y a la bomba 202 de circulación a través de uno o más cables 236 de control. Alternativa o adicionalmente, el sistema 216 de control de temperatura está acoplado operativamente a cualquier componente adecuado del sistema 200 de lubricación. En la realización ejemplar, el sistema 234 de previsión de viento proporciona una o más condiciones previstas sobre la turbina 100 eólica, o cerca de la misma. El sistema 234 de previsión del viento incluye uno o más componentes de software ejecutados por uno o más controladores (no mostrados). En la realización ejemplar, el sistema 234 de previsión de viento se ejecuta mediante uno o más controladores dentro de un sistema de control de parque eólico (no mostrados). Como tal, el sistema de control de parque eólico puede controlar una pluralidad de turbinas eólicas en un parque eólico, y puede precalentar un fluido lubricante dentro de cada turbina eólica utilizando el sistema 234 de previsión de viento, tal como se describe en el presente documento. En una realización alternativa, el sistema 234 de previsión de viento se ejecuta mediante un controlador (no mostrado) dentro del sistema 150 de control. En una realización, el sistema 234 de previsión de viento utiliza un procedimiento de previsión sustancialmente similar a uno o más procedimientos descritos en la Patente Estadounidense Nº 7.523.001. Alternativamente, el sistema 234 de previsión de viento no utiliza procedimiento de previsión adecuado alguno.

En la realización ejemplar, el sistema 200 de lubricación presenta una configuración de "sumidero húmedo", en la que el fluido de lubricación se recoge y se calienta dentro del sumidero 204 (es decir, el sistema 220 de calentamiento calienta el fluido de lubricación y devuelve el fluido de lubricación calentado al sumidero 204). En una realización alternativa, el sistema 200 de lubricación presenta una configuración de "sumidero seco", en la que el fluido de lubricación se almacena en un tanque de almacenamiento (no mostrado) que está separado del sumidero 204. En la realización alternativa, el sistema de calentamiento 220 calienta el fluido de lubricación dentro del tanque de almacenamiento de una manera similar a la anteriormente descrita con referencia al sumidero 204. El fluido de lubricación es transportado desde el tanque de almacenamiento a la caja 136 de engranajes y / o a otros componentes de la turbina 100 eólica mediante la bomba 202 de circulación, u otra bomba adecuada, para lubricar la caja 136 de engranajes y / o el resto de componentes de la turbina 100 eólica.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento 300 ejemplar para la operación de la turbina 100 eólica (mostrada en la Figura 1). En la realización ejemplar, el sistema 234 de previsión de viento (mostrado en la Figura 4) obtiene, en 302, una previsión de al menos una condición, tal como una condición meteorológica, incluyendo, sin limitación, una velocidad del viento próxima a la turbina 100 eólica (mostrada en la Figura 1), una dirección del viento, una temperatura ambiente próxima a la turbina 100 eólica, una presión atmosférica, una densidad del aire, y / o cualquier condición meteorológica adecuada. Alternativamente, el sistema 234 de previsión de viento, el sistema 150 de control, y / u otro sistema de control adecuado obtiene, en 302, una condición prevista o de activación, tal como un arranque programado de la turbina 100 eólica, un evento periódico de arranque o de calentamiento, un evento de mantenimiento programado, o cualquier evento previsto adecuado. En la realización ejemplar, la previsión también incluye un componente de tiempo, tal como la hora prevista en la que se dará la condición meteorológica. Por ejemplo, el sistema 234 de previsión de viento puede determinar que se espera una velocidad del viento de 5 metros por segundo (m/s) sobre la turbina 100 eólica, o cerca de la misma, dentro de un periodo aproximado de 8 horas. En una realización, el sistema 234 de previsión de viento transmite la condición meteorológica prevista al sistema 150 de control (mostrado en la Figura 4), y el sistema 150 de control lleva a cabo una o más comparaciones, u otras operaciones, en base a la condición meteorológica prevista.

El sistema 216 de control de temperatura (mostrado en la Figura 4) determina, en 304, si la condición meteorológica prevista cumple al menos un requisito. En la realización ejemplar, el sistema 216 de control de temperatura determina, en 304, si la velocidad del viento prevista iguala o supera una velocidad de viento mínima para que la turbina 100 eólica comience a operar dentro de un tiempo predefinido. La velocidad mínima del viento puede ser una velocidad nominal de conexión para la turbina 100 eólica, la velocidad nominal de conexión más una compensación adicional, o cualquier velocidad del viento adecuada. El tiempo predefinido puede ser una cantidad mínima de tiempo que permita al sistema 220 de calentamiento (mostrado en la Figura 4) precalentar el fluido de lubricación a una temperatura deseada, o cualquier periodo de tiempo adecuado. En una realización alternativa, puede utilizarse cualquier requisito adecuado que permita al sistema 216 de control de temperatura operar tal como se describe en el presente documento, para controlar una operación de la turbina 100 eólica. Si en 304 se determina que la velocidad del viento prevista es insuficiente (es decir, la velocidad del viento prevista no iguala o supera la velocidad mínima

de viento dentro del período de tiempo predefinido), en 302 el sistema 234 de previsión de viento obtiene otra previsión de al menos una condición meteorológica. Alternativa o adicionalmente, la turbina 100 eólica puede pararse o puede operar a potencia reducida si en 304 se determina que la velocidad del viento prevista es insuficiente. Si la turbina 100 eólica ya está operando en un estado de energía reducida, la turbina 100 eólica puede permanecer en el estado de energía reducido hasta que en 304 se determine que la velocidad del viento prevista es suficiente para operar la turbina 100 eólica.

Si en 304 se determina que la velocidad del viento prevista es suficiente para accionar la turbina 100 eólica, el sistema 216 de control de temperatura determinará en 306 si la temperatura del fluido de lubricación iguala o supera una temperatura predefinida. En la realización ejemplar, el sensor 218 de temperatura mide la temperatura del fluido de lubricación y transmite la temperatura medida al sistema 216 de control de temperatura. El sistema 216 de control de temperatura compara la temperatura medida del fluido de lubricación con una temperatura predefinida, tal como la primera temperatura umbral mínima del fluido de lubricación según lo descrito con referencia a la Figura 4, y en 306 determina si la temperatura medida iguala o supera la temperatura predefinida. Si la temperatura medida del fluido de lubricación no iguala o supera la temperatura predefinida del fluido de lubricación, el sistema 216 de control de temperatura calienta, en 308, el fluido de lubricación a la temperatura predefinida tal como se describe más detalladamente en el presente documento. Por el contrario, si la temperatura medida del fluido de lubricación iguala o supera la temperatura predefinida del fluido de lubricación, en 310 la turbina 100 eólica comienza o reanuda la operación, tal como se describe más detalladamente en el presente documento.

En 308, el sistema 216 de control de temperatura calienta el fluido de lubricación a la temperatura predefinida, o a una temperatura por encima de la temperatura predefinida. En una realización, el sistema 216 de control de temperatura calienta, en 308, el fluido de lubricación a la segunda temperatura umbral mínima descrita con referencia a la Figura 4. En la realización ejemplar, el sistema 216 de control de temperatura activa la bomba 226 de sistema de calentamiento para aspirar el fluido de lubricación hacia el sistema 220 de calentamiento, y en 308 activa las unidades 228 de calentamiento para calentar el fluido de lubricación. El sensor 218 de temperatura mide de forma continua, intermitente, o periódica la temperatura del fluido de lubricación y transmite la temperatura medida del fluido de lubricación al sistema 216 de control de temperatura. Una vez que, en 308, se calienta el fluido de lubricación a la temperatura deseada, el sistema 216 de control de temperatura desactiva la bomba 226 de sistema de calentamiento 226 y las unidades 228 de calentamiento.

Una vez que en 308 se ha calentado el fluido de lubricación a la temperatura deseada, en 310 la turbina 100 eólica puede iniciar o reanudar la operación, por ejemplo mediante la activación de la bomba 202 de circulación (mostrada en la Figura 4) y / o mediante la generación de energía. En una realización, la turbina 100 eólica espera a que se materialice la velocidad del viento prevista, y en 308 calienta el fluido de lubricación según sea necesario si el fluido de lubricación se enfría por debajo de la temperatura predefinida.

Si bien el sistema 234 de previsión de viento y el sistema 216 de control de temperatura se utilizan para precalentar el fluido de lubricación antes de la llegada de la energía eólica utilizable, el sistema 234 de previsión de viento y / o el sistema 216 de control de temperatura no se limitan a precalentar el fluido de lubricación. Más bien, el sistema 234 de previsión de viento y / o el sistema 216 de control de temperatura pueden utilizarse para preparar otros componentes y / o sistemas para la llegada de la energía eólica utilizable, o de cualquier condición adecuada. Por ejemplo, uno o más componentes y / o sistemas de la turbina 100 eólica pueden presurizarse a una presión predefinida previamente a la llegada del viento utilizable. Como ejemplo adicional, el sistema 234 de previsión de viento y / o el sistema 216 de control de temperatura pueden activar una o más unidades de calentamiento (no mostradas) y / u otros sistemas para calentar uno o más componentes del rotor 106 y / o la turbina 100 eólica, tal como las palas 108, en una operación de deshielo antes de la llegada del viento aprovechable u otra condición adecuada. Alternativamente, el sistema 234 de previsión de viento y / o el sistema 216 de control de temperatura pueden preparar uno o más componentes y / o sistemas de la turbina 100 eólica para la llegada de la energía eólica utilizable, aumentando o disminuyendo cualquier condición de operación adecuada a un nivel deseado dentro de un periodo de tiempo deseado . Como tal, en una realización, un sistema de control, tal como el sistema 150 de control, el sistema 234 de previsión de viento, y / o el sistema 216 de control de temperatura, están configurados para obtener al menos una condición prevista y para preparar la turbina 100 eólica para generar energía en base a la condición prevista.

En una realización, un procedimiento para hacer operar una turbina eólica incluye calentar un fluido de lubricación con al menos una unidad de calentamiento, transportar el fluido de lubricación hasta al menos un componente dentro de la turbina eólica, y controlar la unidad de calentamiento en base a al menos una condición prevista. Se utiliza una bomba para transportar el fluido de lubricación hasta el componente y para hacer regresar el fluido de lubricación desde el componente hasta un sumidero, y la bomba está configurada para dejar de operar cuando una temperatura del fluido de lubricación caiga por debajo de una primera temperatura predefinida. La bomba está configurada para operar cuando la temperatura del fluido de lubricación alcance una segunda temperatura predefinida. Se utiliza al menos una de una velocidad del viento prevista, una dirección del viento prevista, una temperatura prevista, una presión atmosférica prevista, y una densidad de aire prevista para controlar la unidad de calentamiento. La unidad de calentamiento se opera cuando la condición prevista está por encima de un umbral.

Diversos efectos técnicos de los sistemas y el procedimiento descritos en el presente documento incluyen al menos

uno de: (a) calentar un fluido de lubricación con al menos una unidad de calentamiento; (b) transportar un fluido de lubricación hasta al menos un componente dentro de una turbina eólica; y (c) controlar al menos una unidad de calentamiento en base a al menos una condición prevista.

Las realizaciones anteriormente descritas facilitan la provisión de un sistema de lubricación eficaz y rentable para una turbina eólica. El sistema de lubricación precalienta un fluido de lubricación a una temperatura mínima previamente a la llegada de viento a una velocidad suficiente. La turbina eólica puede comenzar a generar energía sustancialmente cuando la energía eólica utilizable esté disponible, en lugar de verse obligada a esperar al precalentamiento del fluido de lubricación después de un período de inactividad. Como tal, el sistema de lubricación facilita una mayor captura de energía por parte de la turbina eólica y una operación más eficientemente de la misma, en comparación con al menos algunas turbinas eólicas conocidas. Adicionalmente, el sistema de lubricación permite a la turbina eólica precalentar el fluido de lubricación de manera gradual. Como tal, el uso del sistema de lubricación descrito en el presente documento facilita la reducción del tamaño, número, y / o coste de las unidades de calentamiento que pueden utilizarse para calentar el fluido de lubricación.

Anteriormente se han descrito en detalle realizaciones ejemplares de un procedimiento, sistema y aparato para la operación de una turbina eólica. El procedimiento, sistema y aparato no se limitan a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que más bien los componentes del sistema y / o el aparato y / o las etapas del procedimiento pueden utilizarse de forma independiente y por separado de otros componentes y / o etapas descritos en el presente documento. Por ejemplo, el sistema de lubricación también puede usarse en combinación con otros sistemas de energía y procedimientos, y no se limita a la puesta en práctica solamente con la turbina eólica descrita en el presente documento. Más bien, la realización ejemplar puede implementarse y utilizarse en conexión con muchas otras aplicaciones mecánicas.

Aunque las características específicas de diversas realizaciones de la invención pueden mostrarse en algunos dibujos y no en otros, esto es sólo para conveniencia. De conformidad con los principios de la invención, cualquier característica de un dibujo puede ser referenciada y / o reivindicada en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

La presente descripción escrita utiliza ejemplos para desvelar la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y uso de los dispositivos o sistemas, y la realización de cualquiera de los procedimientos incorporados. El ámbito patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Dichos otros ejemplos pretenden estar dentro del ámbito de las reivindicaciones si presentan elementos estructurales que no difieran del lenguaje literario de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales con respecto al lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (200) de lubricación para una turbina (100) eólica, comprendiendo dicho sistema de lubricación:

un sumidero (204) configurado para recoger un fluido de lubricación; y caracterizado por

al menos una unidad (228) de calentamiento configurada para calentar el fluido de lubricación en base a al menos una condición prevista.

2. Un sistema (200) de lubricación de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una bomba (202) configurada para transportar el fluido de lubricación desde dicho sumidero (204) a través de al menos una porción de la turbina (100) eólica, y para hacer regresar el fluido de lubricación a dicho sumidero.

3. Un sistema (200) de lubricación de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicha bomba (202) está configurada para dejar de operar cuando la temperatura del fluido de lubricación caiga por debajo de una primera temperatura predefinida.

4. Un sistema (200) de lubricación de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha unidad (228) de calentamiento está configurada para calentar el fluido de lubricación dentro de dicho sumidero (204) a una segunda temperatura predefinida.

5. Un sistema (200) de lubricación de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicha bomba (202) está configurada para operar cuando la temperatura del fluido de lubricación alcance la segunda temperatura predefinida.

6. Un sistema (200) de lubricación de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que la condición prevista incluye al menos una de entre una velocidad del viento prevista, una dirección del viento prevista, una temperatura prevista, una presión atmosférica prevista, y una densidad del aire prevista.

7. Un sistema (200) de lubricación de acuerdo con la reivindicación 6, en el que dicha unidad (228) de calentamiento está configurada para operar cuando la velocidad del viento prevista esté por encima de un umbral.

8. Un sistema (200) de lubricación de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende adicionalmente un sistema (150) de control configurado para transmitir señales a dicha unidad de calentamiento.

9. Una turbina (100) eólica, que comprende:

un sistema (150) de control configurado para:

obtener al menos una condición prevista;

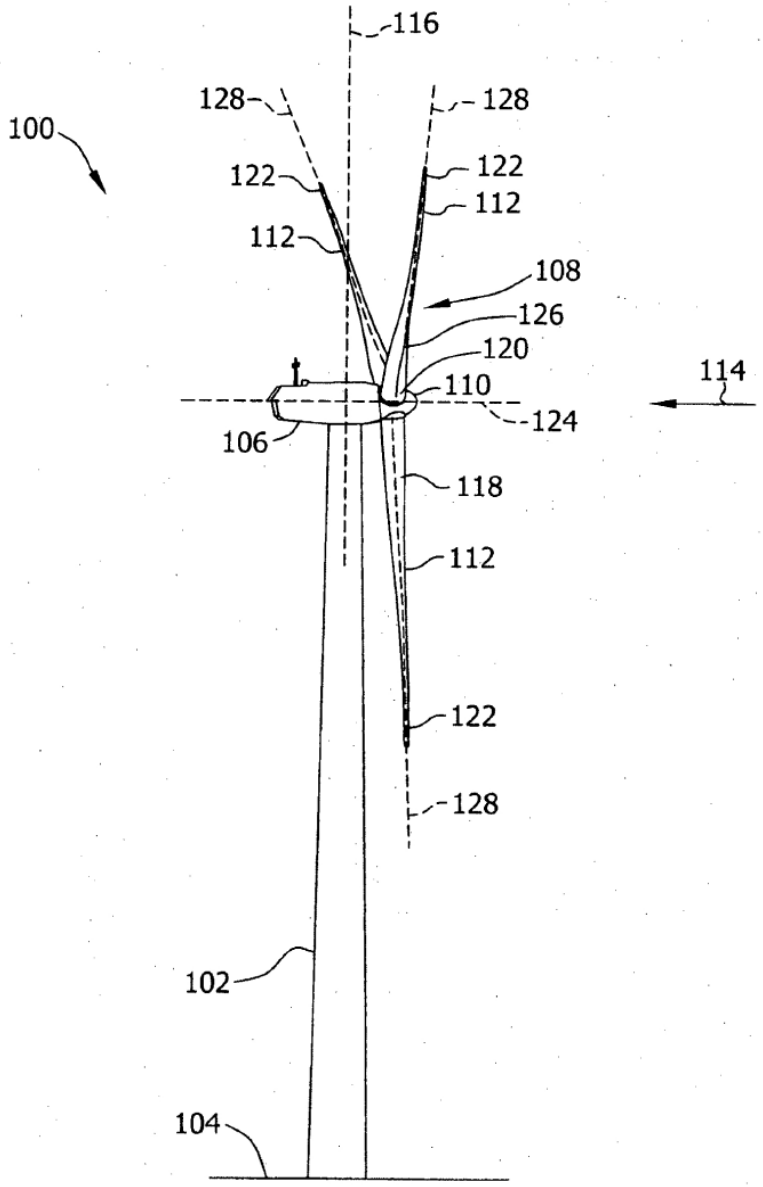
preparar dicha turbina eólica para generar energía en base a dicha condición prevista; y

comprendiendo adicionalmente dicha turbina (100) eólica:

una caja (136) de engranajes; y caracterizada por

un sistema (200) de lubricación de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, configurado para lubricar dicha caja (136) de engranajes.

FIGURA 1


116
128
128
100
122
122
112
112
108
126
120
114
110
124
106
118
112
122
128
102
104

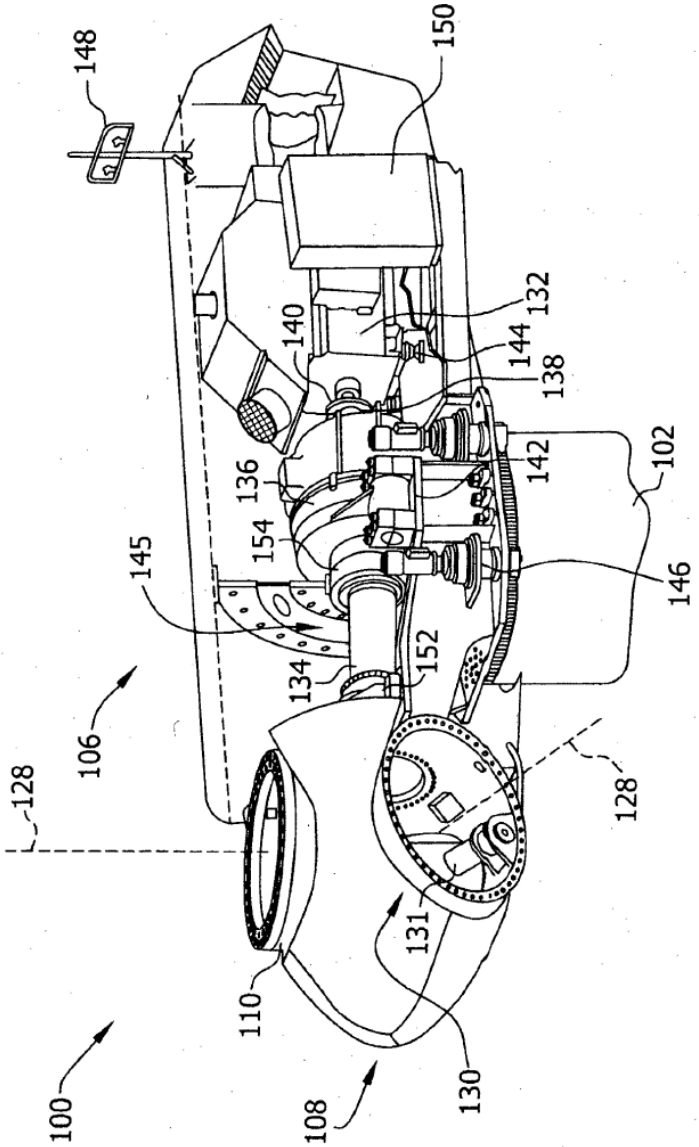

148
150
132
140
144
138
142
102
136
154
145
146
152
134
106
128
128
131
110
100
108
130

FIGURA 2

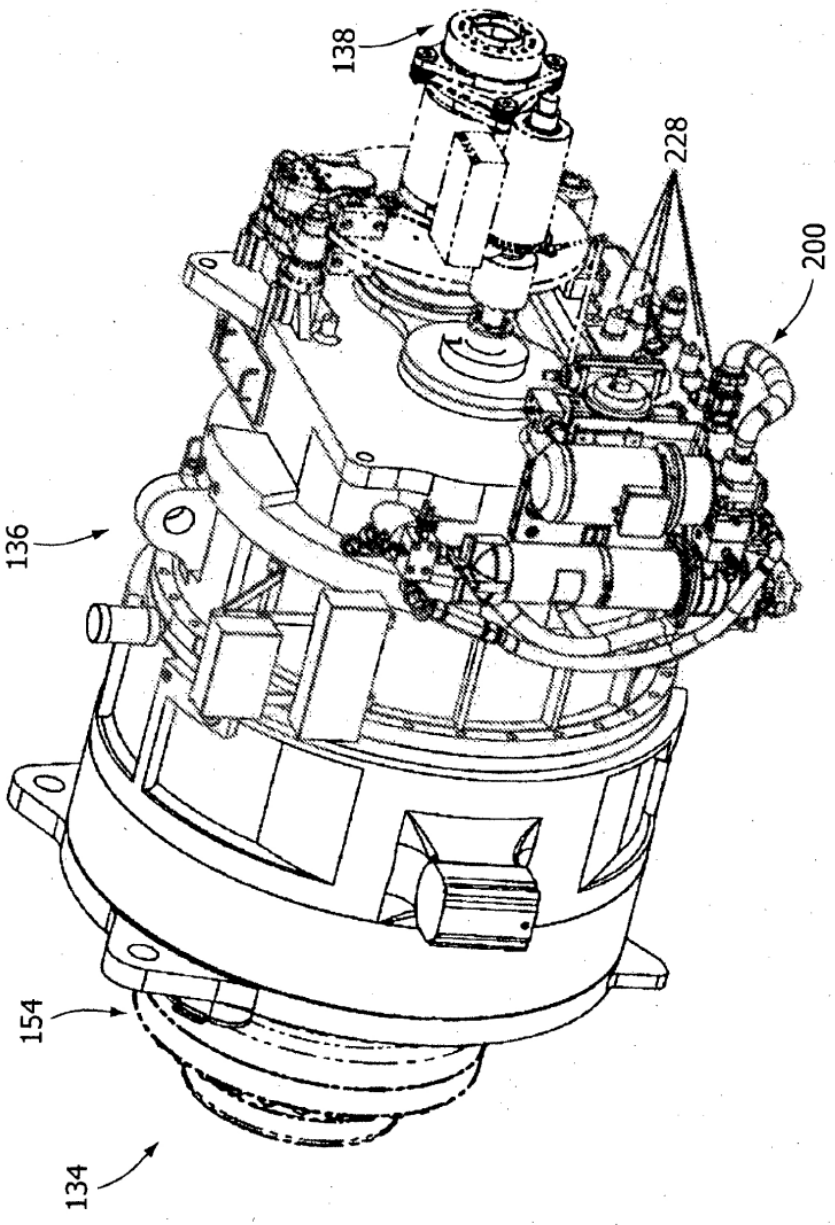


FIGURA 3

FIGURA 4

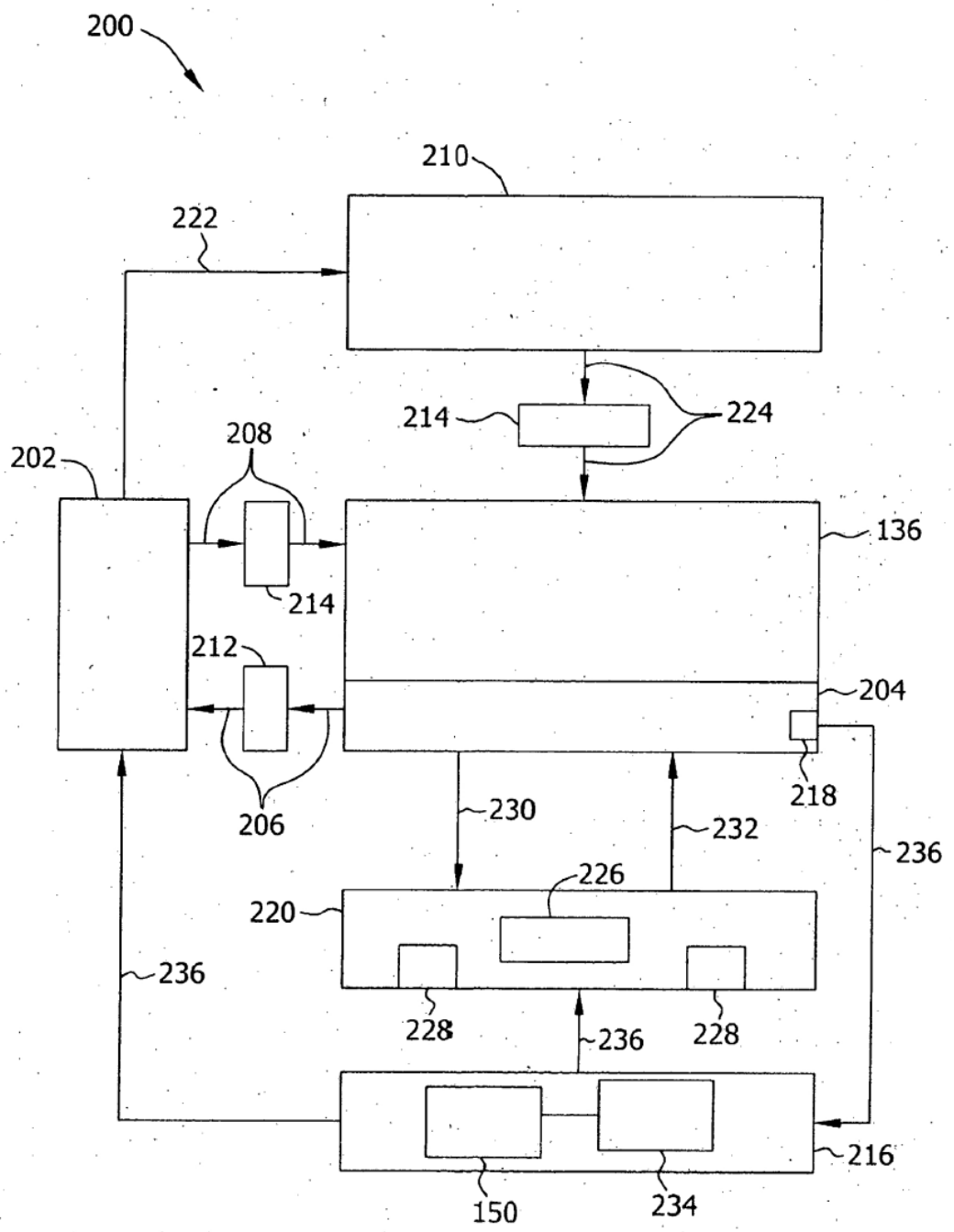
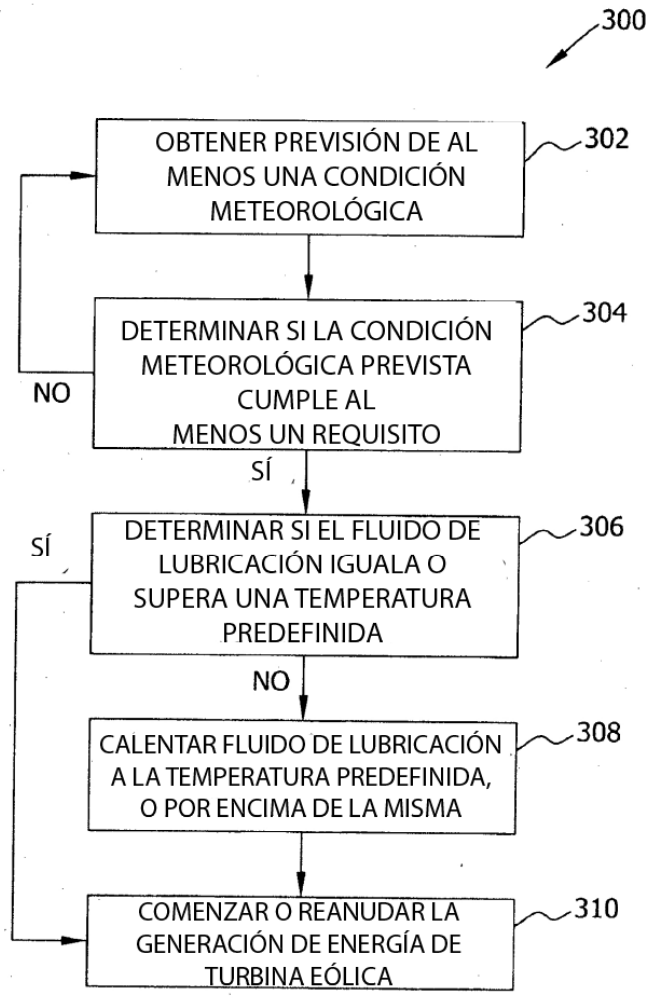

200
210
222
214
224
208
202
136
214
212
204
218
206
230
232
236
226
220
236
228
236
228
216
150
234

FIGURA 5


300
OBTENER PREVISIÓN DE AL MENOS UNA CONDICIÓN METEOROLÓGICA
302
DETERMINAR SI LA CONDICIÓN METEOROLÓGICA PREVISTA CUMPLE AL MENOS UN REQUISITO
304
NO
SÍ
DETERMINAR SI EL FLUIDO DE LUBRICACIÓN IGUALA O SUPERA UNA TEMPERATURA PREDEFINIDA
306
SÍ
NO
CALENTAR FLUIDO DE LUBRICACIÓN A LA TEMPERATURA PREDEFINIDA, O POR ENCIMA DE LA MISMA
308
COMENZAR O REANUDAR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA DE TURBINA EÓLICA
310