

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 275**

51 Int. Cl.:

F03D 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2009** **E 09250445 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019** **EP 2096300**

54 Título: **Procedimiento para controlar la relación de velocidad en el extremo de las palas de un aerogenerador**

30 Prioridad:

29.02.2008 US 40837

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.12.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

PIERCE, KIRK GEE;
GERBER, BRANDON SHANE y
HERR, STEFAN

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 734 275 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 para controlar la relación de velocidad en el extremo de las palas de un aerogenerador

5 La presente invención está dirigida en general a aerogeneradores y, más concretamente, a un procedimiento para aumentar la captación de energía y controlar la relación de velocidad en el extremo y/o la inclinación de las palas de un aerogenerador.

10 Recientemente, los aerogeneradores han recibido mayor atención como fuentes de energía alternativas seguras para el medio ambiente y relativamente económicas. Con este creciente interés, se han realizado considerables esfuerzos para desarrollar aerogeneradores que sean confiables y eficientes.

15 En general, un aerogenerador incluye un rotor que tiene múltiples palas. El rotor va montado en una carcasa o góndola, que está colocada en la parte superior de un montante o torre tubular. Los aerogeneradores para servicios públicos (es decir, aerogeneradores diseñados para proporcionar energía eléctrica a una red eléctrica) pueden tener rotores grandes (por ejemplo, de 30 metros de longitud o más). Además, los aerogeneradores se montan típicamente en torres que tienen una altura de por lo menos 60 metros. Las palas de estos rotores transforman la energía eólica en un par o fuerza de giro que impulsa uno o más generadores que pueden estar conectados de manera giratoria al rotor a través de una caja de engranajes. La caja de engranajes aumenta la velocidad de giro inherentemente baja del rotor de la turbina para que el generador convierta de manera eficiente energía mecánica en energía eléctrica, que se envía a una red eléctrica.

25 Las palas de los aerogeneradores han aumentado continuamente de tamaño para aumentar la captación de energía. Sin embargo, a medida que las palas aumentan de tamaño, cada vez es más difícil controlar una captación de energía óptima. A medida que las palas de los aerogeneradores se vuelven más grandes, éstas experimentan una mayor respuesta aeroelástica que incluye flexión y torsión cuando se cargan, lo que puede afectar negativamente a la captación de energía. Adicionalmente, las palas de la turbina pueden diseñarse para que tengan una respuesta aeroelástica, dependiendo de la torsión de la pala de la carga sobre la pala. La carga de la pala depende de la velocidad del viento, la relación de velocidad en el extremo (TSR) y/o la regulación de la inclinación de la pala. La TSR es la relación entre la velocidad de giro en el extremo de la pala y la velocidad del viento. Es importante optimizar el funcionamiento del aerogenerador, incluyendo la captación de energía de las palas, para reducir el coste de la energía producida.

35 Por lo tanto, lo que se necesita es un procedimiento para operar un aerogenerador que optimice la captación de energía controlando la TSR y el ángulo de inclinación de la pala para el estado de funcionamiento actual.

La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

40 Varias características y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción más detallada de la realización preferida, tomada en conjunto con los dibujos adjuntos que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de la invención, y en los cuales:

La figura 1 es una ilustración de una configuración de ejemplo de un aerogenerador.

45 La figura 2 es una vista en perspectiva seccionada de una góndola de la configuración de aerogenerador de ejemplo que se muestra en la figura 1.

La figura 3 es un diagrama de bloques de una configuración de ejemplo de un sistema de control para la configuración de un aerogenerador que se muestra en la figura 1.

La figura 4 es una vista en perspectiva de una pala de rotor de barrido que tiene un acoplamiento pasivo de torsión y flexión y dos bandas de corte.

50 La figura 5 es una comparación de la relación de velocidad óptima en el extremo para una pala rígida a torsión y compatible a torsión en función de la velocidad del viento.

Haciendo referencia a la figura 1, se describe un aerogenerador 100 de ejemplo de acuerdo con una realización de la presente invención. El aerogenerador 100 incluye una góndola 102 montada sobre una torre alta 104, sólo una parte de la cual se muestra en la figura 1. El aerogenerador 100 también comprende un rotor del aerogenerador 106 que incluye una o más palas de rotor 108 unidas a un buje giratorio 110. Aunque el aerogenerador 100 ilustrado en la figura 1 incluye tres palas del rotor 108, no hay límites específicos en el número de palas del rotor 108 requeridas por la presente invención. La altura de la torre 104 se selecciona en base a factores y condiciones conocidos en la técnica.

60 En algunas configuraciones y haciendo referencia a la figura 2, varios componentes están alojados en la góndola 102 sobre la torre 104. Uno o más microcontroladores (no mostrados) están alojados dentro de un panel de control 112. Los microcontroladores incluyen hardware y software configurados para proporcionar un sistema de control que

proporciona monitorización y control general del sistema, incluyendo regulación de inclinación y velocidad, aplicación de freno en eje de alta velocidad y viraje, aplicación de motor en viraje y bombeo y monitorización de fallos. En realizaciones alternativas de la descripción, el sistema de control puede ser una arquitectura de control distribuido que no esté proporcionada únicamente por el panel de control 112, como apreciaría un experto en la materia. El sistema de control proporciona señales de control a un dispositivo de accionamiento variable de la inclinación de las palas 114 para controlar la inclinación de las palas 108 (figura 1) que acciona el buje 110 como resultado del viento. En algunas configuraciones, las inclinaciones de las palas 108 se controlan individualmente mediante el dispositivo de accionamiento de la inclinación de las palas 114.

El tren de transmisión del aerogenerador incluye un eje de rotor principal 116 (también denominado "eje de baja velocidad") conectado al buje 110 y soportado por un cojinete principal 130 y, en un extremo opuesto del eje 116, a una caja de engranajes 118. La caja de engranajes 118, en algunas configuraciones, utiliza una geometría de doble vía para accionar un eje de alta velocidad dispuesto en la misma. El eje de alta velocidad (no mostrado en la figura 2) se utiliza para accionar el generador 120, que está montado en el bastidor principal 132. En algunas configuraciones, el par del rotor se transmite a través de una conexión 122. El generador 120 puede ser de cualquier tipo adecuado, por ejemplo, un generador de inducción de rotor bobinado.

El accionamiento de viraje 124 y la plataforma de viraje 126 proporcionan un sistema de orientación de viraje para el aerogenerador 100. La anemometría proporciona información para el sistema de orientación de viraje, incluyendo dirección del viento y velocidad del viento instantáneas medidas en el aerogenerador. La anemometría la puede proporcionar una veleta 128. En algunas configuraciones, el sistema de viraje va montado en una brida dispuesta encima de la torre 104.

En algunas configuraciones y haciendo referencia a la figura 3, un sistema de control de ejemplo 300 para un aerogenerador 100 incluye un bus 302 u otro dispositivo de comunicaciones para comunicar información. Un(os) procesador(es) 304 está(n) conectado(s) al bus 302 para procesar información, incluyendo información de sensores configurados para medir desplazamientos o momentos. El sistema de control 300 incluye, además, una memoria de acceso aleatorio (RAM) 306 y/u otros dispositivos de almacenamiento 308. La RAM 306 y el dispositivo de almacenamiento 308 están conectados al bus 302 para almacenar y transferir información e instrucciones para que las ejecute el (los) procesador(es) 305. La RAM 306 (y también los dispositivos de almacenamiento 308, si se requieren) también pueden utilizarse para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de las instrucciones por parte del procesador 305. El sistema de control 300 también puede incluir una memoria de sólo lectura (ROM), y/u otro dispositivo de almacenamiento estático 310, que esté conectado al bus 302 para almacenar y proporcionar información estática (es decir, sin cambios) al (a los) procesador(es) 304. Los dispositivos de entrada/salida 312 pueden incluir cualquier dispositivo conocido en la técnica para proporcionar datos de entrada al sistema de control 300 y para proporcionar salidas de control de viraje y control de inclinación. Las instrucciones se proporcionan a la memoria desde un dispositivo de almacenamiento, tal como un disco magnético, un circuito integrado de memoria de sólo lectura (ROM), CD-ROM, DVD, a través de una conexión remota, ya sea por cable o inalámbrica, que proporcione acceso a uno o más medios accesibles electrónicamente, etc. En algunas realizaciones, pueden utilizarse circuitos por cable en lugar de instrucciones de software o en combinación con las mismas. Por lo tanto, la ejecución de secuencias de instrucciones no se limita a ninguna combinación específica de circuitos de hardware e instrucciones de software. La interfaz del sensor 314 es una interfaz que permite que el sistema de control 300 se comuniquen con uno o más sensores. La interfaz del sensor 314 puede ser o puede comprender, por ejemplo, uno o más convertidores analógico a digital que conviertan señales analógicas en señales digitales que puedan ser utilizadas por los procesadores 304.

En la patente americana 7.118.338 B2, que se incorpora aquí por referencia en su totalidad, se describe un procedimiento y un sistema para controlar un aerogenerador que tiene palas de rotor acopladas a torsión y flexión en un rotor acoplado mecánicamente a un generador que incluye determinar la velocidad en el extremo de una pala de rotor del aerogenerador, medir una distribución de torsión actual y carga de la pala actual, y regular una par de un generador para variar la velocidad en el extremo de la pala del rotor para aumentar de este modo un coeficiente de potencia de captación de energía del aerogenerador.

En algunas configuraciones de realizaciones de la presente invención, se dispone una pala aeroelástica que varía su giro aerodinámico a medida que se carga. Por ejemplo, y haciendo referencia a la figura 1 y la figura 4, se dispone una pala de rotor 108 que tiene una respuesta aeroelástica pasiva y una o más bandas de corte (por ejemplo, dos bandas de corte 404 y 406). Un ajuste óptimo de la inclinación para una captación de energía máxima varía en aerogeneradores 100 que tienen palas 108 con una respuesta aeroelástica. Sin embargo, para evitar la pérdida de la captación de energía, se hace un seguimiento y se varía la relación entre la velocidad en el extremo y el ángulo de inclinación de la pala para obtener un coeficiente de potencia máximo o por lo menos favorable regulando la velocidad del rotor 106 (es decir, la velocidad de giro) y el ángulo de inclinación de la pala a través de unos actuadores 114. En algunas configuraciones, este ajuste se realiza utilizando sensores ópticos (no mostrados) o cualquier otro sensor adecuado para medir la velocidad de giro a medida que gira el rotor 106.

En algunas configuraciones, la velocidad de giro del buje se conoce a partir de un encóder en un eje de alta velocidad conectado al extremo posterior del generador, y la longitud de la pala, que es conocida, se utiliza para determinar la velocidad en el extremo. Estos datos de velocidad en el extremo los recibe el sistema de control 300, que utiliza una tabla o ecuación que relaciona el par del generador 120 con una relación de velocidad en el extremo (TSR) óptima o por lo menos favorable, que es la relación entre la velocidad de giro del extremo de la pala y la velocidad del viento, para la distribución de la torsión actual que ocurre en la carga actual de la pala. La ecuación o tabla puede determinarse o calcularse empíricamente utilizando leyes físicas conocidas. El sistema de control 300 controla el par del generador 120 de acuerdo con la ecuación o tabla para producir una velocidad del rotor 106 que proporciona el coeficiente de potencia óptimo o por lo menos favorable. Esta técnica puede utilizarse para aumentar una programación de inclinaciones por debajo de la nominal o puede utilizarse solamente para restaurar la captación de energía a niveles más cercanos a la facultad asociada a una pala no acoplada.

Para mantener la producción de energía óptima y mejorar la captación de energía, se requiere una TSR y/o un ajuste de la inclinación diferente en toda la región de velocidad variable de la curva de potencia por debajo de la velocidad nominal del viento tal como se muestra en la figura 5. Tal como puede apreciarse en la figura 5, el seguimiento de un valor variable de TSR e inclinación por debajo del viento nominal permite que la turbina funcione en un punto que minimiza el impacto de la flexión y la torsión que experimenta la pala durante el funcionamiento.

Para un funcionamiento estándar de la turbina, con palas que experimentan una deformación aeroelástica mínima, sólo puede hacerse un seguimiento de una TSR en un ajuste de inclinación seleccionado para mantener un coeficiente de potencia máximo. Se mide la velocidad de giro del rotor del aerogenerador y se regula el par del generador para mantener una captación de energía del aerogenerador eficiente. La velocidad de giro del aerogenerador puede medirse en la pala, el buje, o el eje, tal como apreciaría un experto en la materia.

Para una turbina equipada con palas que experimentan una respuesta aeroelástica, el ajuste de la inclinación y la TSR para una captación de energía máxima varía con la velocidad del viento y la carga resultante de las palas. Para mantener la captación de energía óptima, el ángulo de inclinación de las palas y el par del generador se varían para el estado de funcionamiento actual de la turbina para proporcionar la captación de energía óptima o por lo menos favorable. El sistema de control controla el par y la configuración de la inclinación de las palas del generador de acuerdo con una ecuación o tabla que relaciona el par del generador y la inclinación de las palas con la velocidad de giro, lo que da como resultado un funcionamiento de la turbina con un coeficiente de potencia óptimo o por lo menos favorable. Esta técnica puede utilizarse para definir la programación de par y torsión por debajo del valor nominal. El procedimiento podría realizarse de manera similar a través de mediciones de la velocidad del viento, la carga de la pala, y/o la potencia, por ejemplo, midiendo la velocidad del viento y estableciendo la inclinación de la pala y el par de torsión deseados.

Si bien la invención se ha descrito con referencia a una realización preferida, los expertos en la materia entenderán que pueden realizarse diversos cambios y que pueden sustituirse equivalentes por sus elementos sin apartarse del alcance de la invención. Además, pueden realizarse muchas modificaciones para adaptar una situación particular o material a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance esencial de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no se limite a la realización particular descrita como el mejor modo que se contempla para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para controlar un aerogenerador (100) que tiene unas palas compatibles a torsión (108) en el que una torsión aerodinámica de las palas varía a medida que se cargan las palas, accionando las palas un rotor (110) acoplado mecánicamente a un generador (120), presentando las palas compatibles a torsión una torsión inducida mayor que un grado en la potencia nominal o por debajo de la misma, comprendiendo el procedimiento:
- 10 medir una velocidad de giro del aerogenerador (100) o bien potencia generada por el aerogenerador (100); y
 regular una inclinación de las palas en base a la velocidad de giro medida o bien la potencia medida generada por el aerogenerador para aumentar la captación de energía del aerogenerador.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:
utilizar una tabla o ecuación que relaciona una relación entre la velocidad en el extremo para una distribución de torsión actual y una carga de la pala (108) actual a cualquiera de par del generador, inclinación de la pala, potencia, o cualquier combinación de los mismos para regular la inclinación de la pala.
- 20 3. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además:
utilizar una tabla o una ecuación que relaciona velocidad de giro para una distribución de torsión actual y carga de la pala (108) actual con cualquiera de par del generador, inclinación de la pala, potencia o cualquier combinación de los mismos para regular la inclinación de la pala.

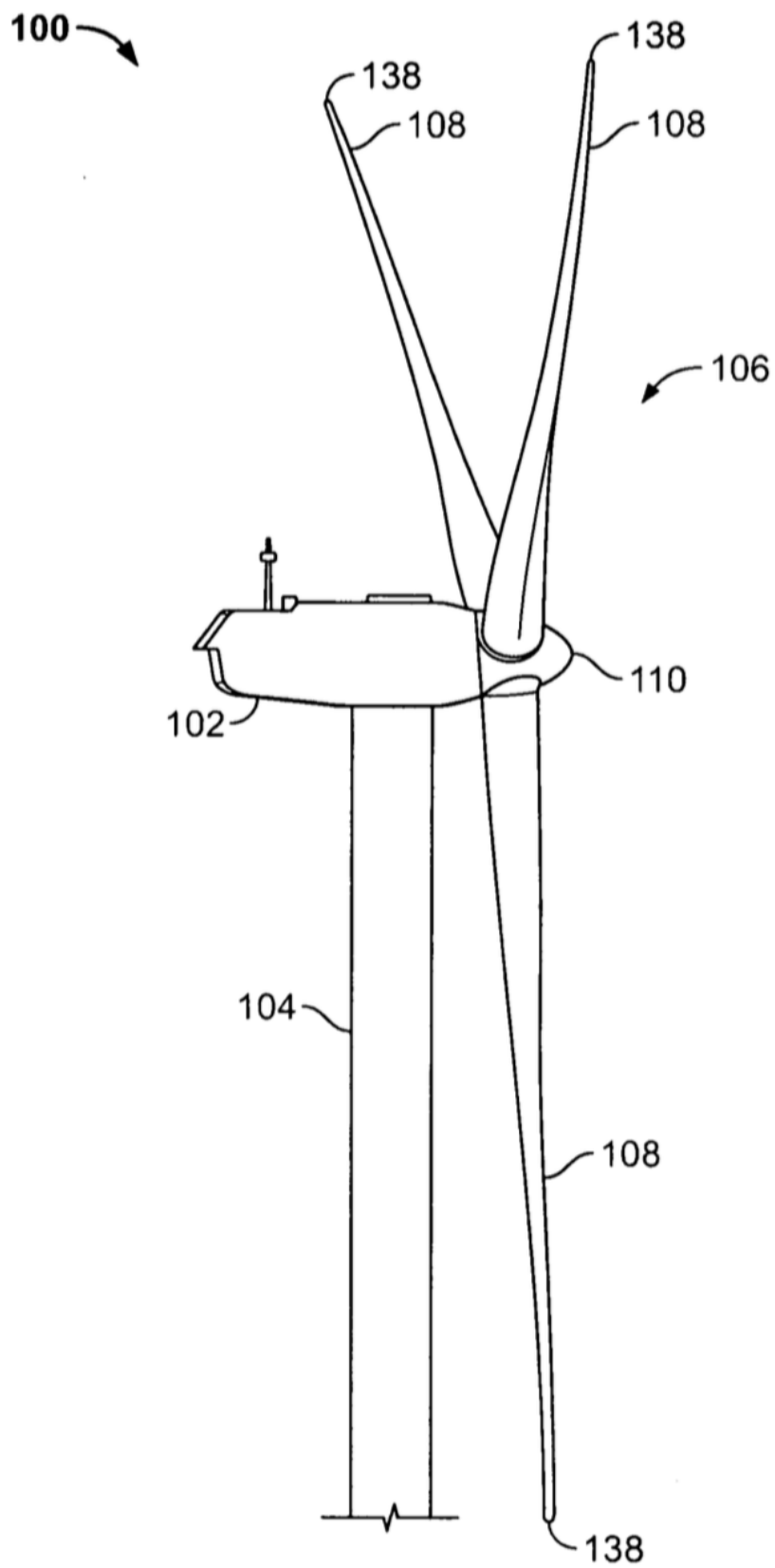


FIG. 1

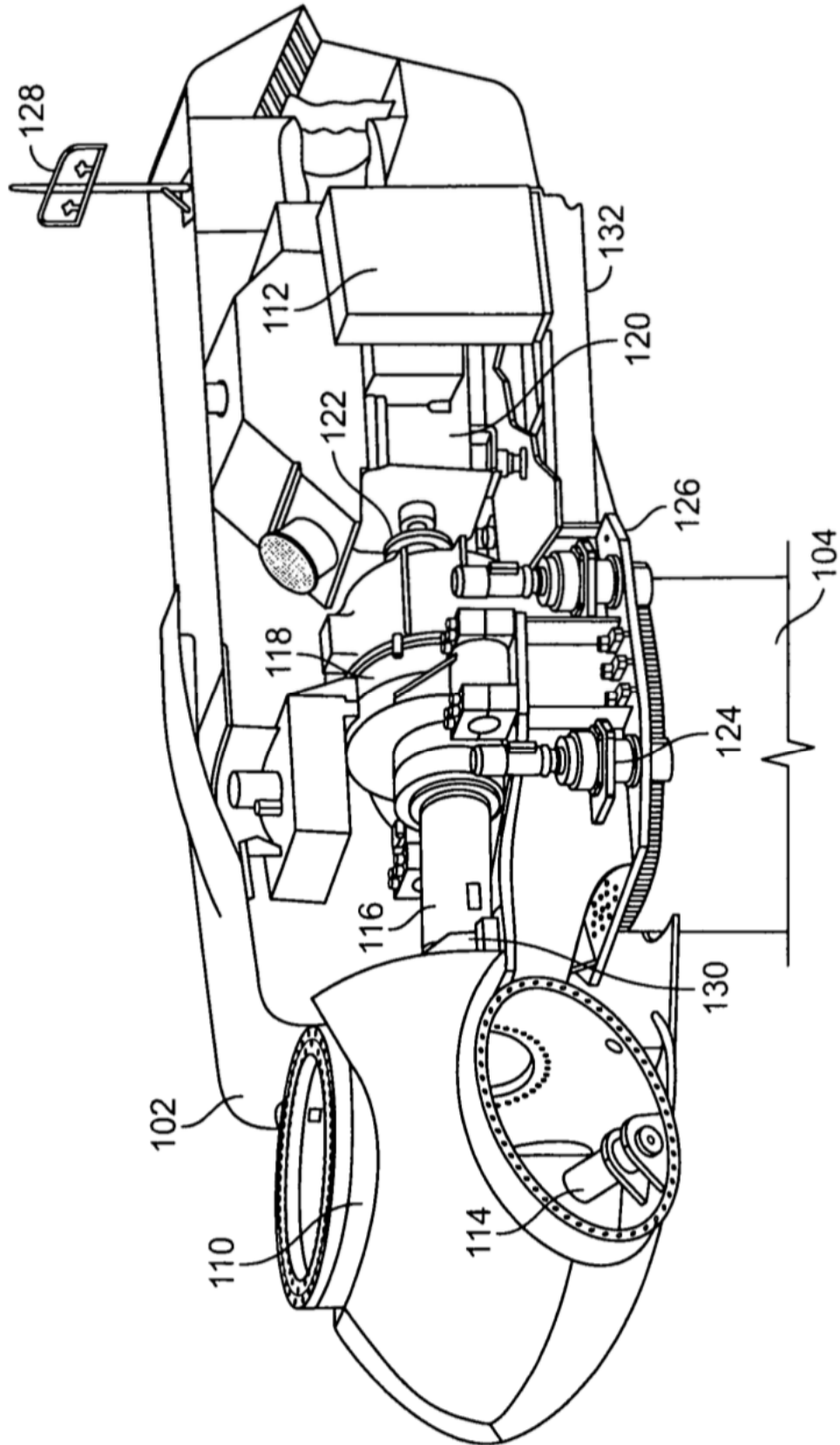


FIG. 2

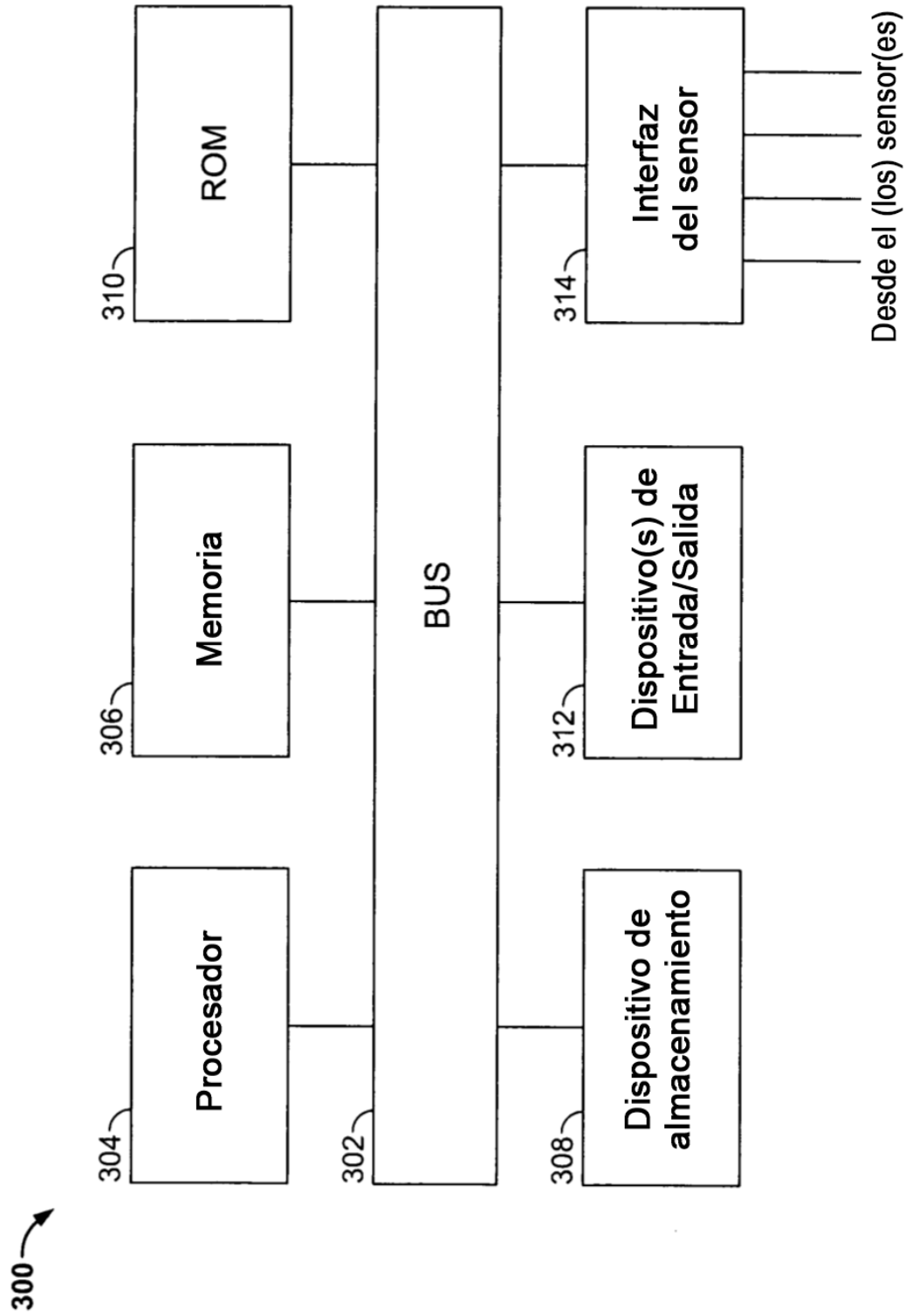


FIG. 3

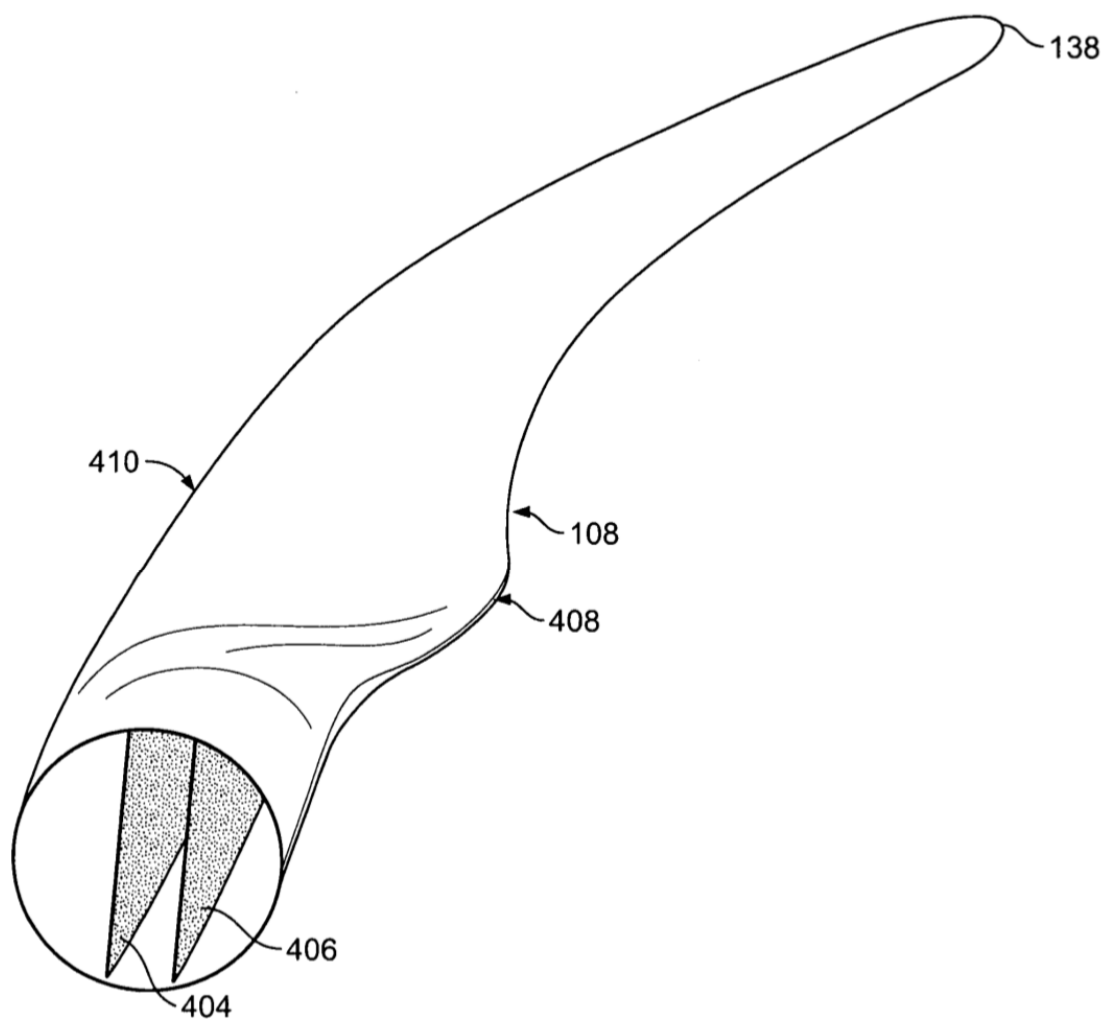


FIG. 4

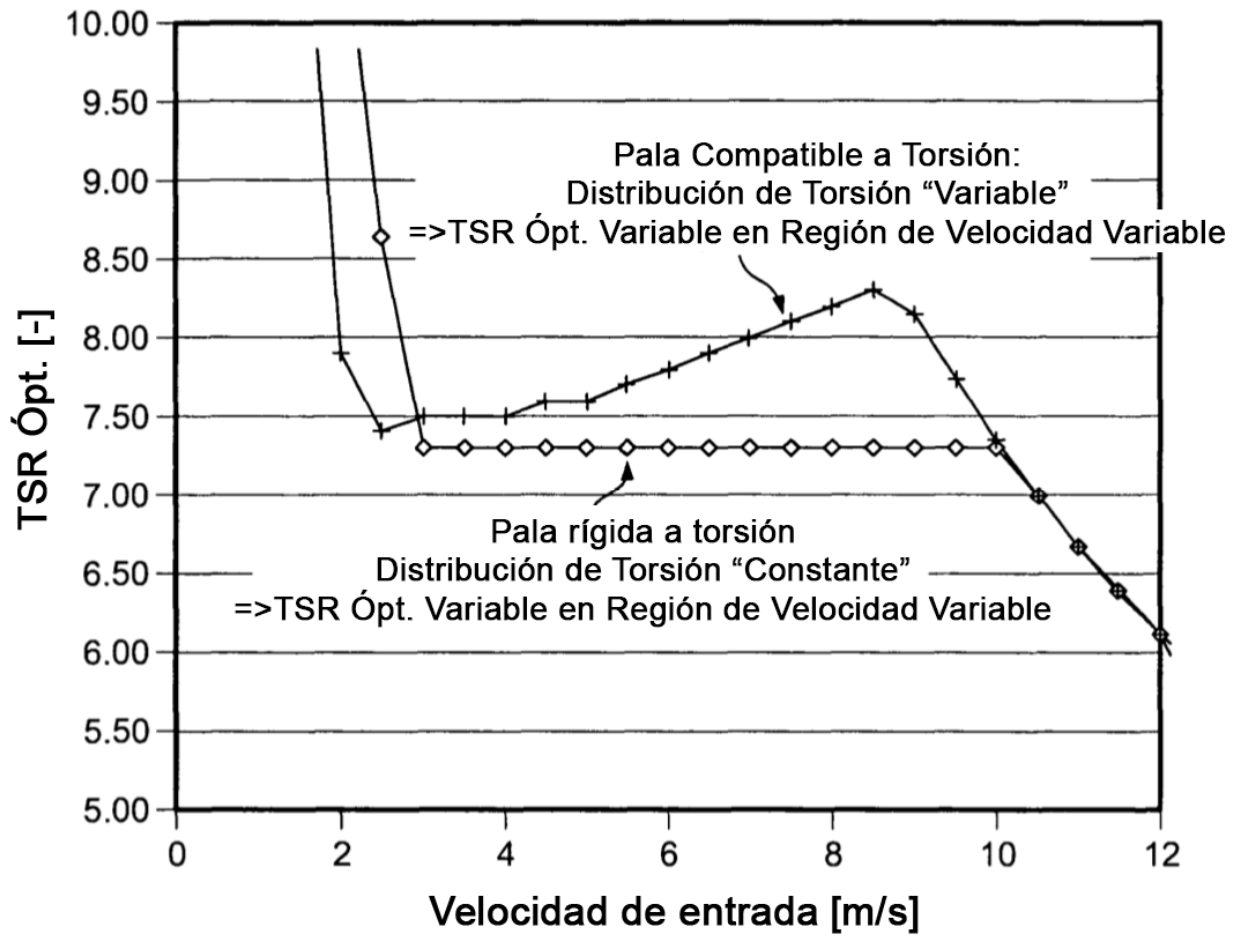


FIG. 5

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patentes citados en la descripción

10 • US 7118338 B2 [0013]