

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 307**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)
F03D 17/00 (2006.01)
F03D 7/02 (2006.01)
F03D 80/70 (2006.01)
F03D 13/20 (2006.01)
F03D 80/50 (2006.01)
F16C 35/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2012 E 12181052 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 2562412**

54 Título: **Sistema y procedimiento para ajustar un momento flector de un eje en un aerogenerador**

30 Prioridad:

25.08.2011 US 201113217796

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

03.03.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GOLLER, GEORGE ALBERT y
MASHTARE, DALE ROBERT**

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 809 307 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 y procedimiento para ajustar un momento flector de un eje en un aerogenerador

5 Descripción

La presente descripción se refiere, en general, a aerogeneradores y, más particularmente, a sistemas y procedimientos para ajustar el momento flector de un eje en un aerogenerador.

10 La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente actualmente disponibles, y los aerogeneradores han ganado una mayor atención a este respecto. Un aerogenerador moderno típicamente incluye una torre, un generador, un multiplicador, una góndola, y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan energía cinética del viento utilizando principios de perfil aerodinámico conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía rotacional para hacer girar un eje que acopla las palas de
15 rotor a un multiplicador o, si no se utiliza un multiplicador, directamente al generador. El generador convierte entonces la energía mecánica en energía eléctrica que puede suministrarse a una red eléctrica.

20 Durante el funcionamiento de un aerogenerador, varios componentes del aerogenerador están sometidos a diversas cargas. En particular, el eje que acopla las palas de rotor y el generador puede estar sometido a diversas cargas, tales como cargas axiales y de flexión. Con frecuencia puede producirse una deformación del eje debido a estas cargas durante el funcionamiento del aerogenerador. El momento flector inducido en el eje debido a dichas cargas es una variable particularmente crítica y, en muchos casos, debería reducirse deseablemente durante el funcionamiento del aerogenerador. Véase, por ejemplo, EP 1 870 596.

25 Sin embargo, los sistemas y procedimientos conocidos actualmente para medir deformación de un eje, tal como un momento flector, pueden no ser precisos y/o pueden estar mal situados. Por ejemplo, pueden montarse sondas de proximidad en una brida en el eje para controlar el desplazamiento. Sin embargo, tales sondas deben ubicarse en zonas relativamente pequeñas e inaccesibles, lo que dificulta su instalación y mantenimiento. Esto puede resultar en imprecisión y poca confiabilidad. Otro ejemplo implica sensores montados en el propio eje. Sin embargo, dicho montaje requiere sistemas de telemetría relativamente costosos y poco confiables para obtener y transmitir datos.
30 Además, actualmente los sistemas y procedimientos conocidos pueden dar lugar a que se confundan varios tipos de deformación, tal como el momento de torsión frente al momento flector.

35 Por lo tanto, es deseable un sistema y un procedimiento mejorados para ajustar el momento flector de un eje en un aerogenerador. Por ejemplo, sería ventajoso un sistema y un procedimiento que proporcionen mediciones y ajustes más precisos y confiables.

40 Varios aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden quedar claros a partir de la descripción, o pueden derivarse al poner en práctica la invención.

La presente invención viene definida por las reivindicaciones adjuntas.

45 Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de esta memoria, ilustran unas realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

50 La figura 1 es una vista en perspectiva de un aerogenerador de acuerdo con una realización de la presente descripción;

La figura 2 es una vista en perspectiva de un sistema de acuerdo con una realización de la presente descripción;

55 La figura 3 es una vista en perspectiva de un sistema que incluye una pluralidad de sensores montados en un bloque de almohada de acuerdo con una realización de la presente descripción; y

La figura 4 es una vista en perspectiva parcial de un sistema que incluye una pluralidad de sensores montados en un bloque de almohada de acuerdo con otra realización de la presente descripción.

60 Se hará referencia ahora en detalle a unas realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se da a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance o espíritu de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden utilizarse con otra realización para

todavía dar otra realización. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra las modificaciones y variaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

La figura 1 es una vista en perspectiva de un aerogenerador de ejemplo 10. En la realización de ejemplo, el aerogenerador 10 es un aerogenerador de eje horizontal. Alternativamente, el aerogenerador 10 puede ser un aerogenerador de eje vertical. En la realización de ejemplo, el aerogenerador 10 incluye una torre 12 que se extiende desde una superficie de soporte 14, una góndola 16 montada en la torre 12, y un rotor 18 que está acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje giratorio 20 y por lo menos una pala de rotor 22 acoplada al buje 20 y que se extiende hacia afuera del mismo. En la realización de ejemplo, el rotor 18 tiene tres palas de rotor 22. En una realización alternativa, el rotor 18 incluye más o menos de tres palas de rotor 22. En la realización de ejemplo, la torre 12 está fabricada en acero tubular para definir una cavidad (no mostrada en la figura 1) entre la superficie de soporte 14 y la góndola 16. En una realización alternativa, la torre 12 es cualquier tipo adecuado de torre que tenga cualquier altura adecuada.

Las palas de rotor 22 están separadas alrededor del buje 20 para facilitar el giro del rotor 18 para permitir que la energía cinética se transfiera del viento a energía mecánica utilizable y, posteriormente, a energía eléctrica. Las palas de rotor 22 están unidas al buje 20 acoplando una parte de raíz de la pala 24 al buje 20 en una pluralidad de regiones de transferencia de carga 26. Las regiones de transferencia de carga 26 tienen una región de transferencia de carga del buje y una región de transferencia de carga de la pala (ambas no mostradas en la figura 1. Las cargas inducidas a las palas de rotor 22 se transfieren al buje 20 a través de las regiones de transferencia de carga 26. En una realización, las palas de rotor 22 tienen una longitud que varía aproximadamente entre 15 metros (m) y aproximadamente 91 m. Alternativamente, las palas de rotor 22 pueden tener cualquier longitud adecuada que permita que el aerogenerador 10 funcione tal como se describe aquí. Por ejemplo, otros ejemplos no limitativos de longitudes de pala incluyen 10 m o menos, 20 m, 37 m, o una longitud mayor de 91 m. Cuando el viento incide en las palas de rotor 22 desde una dirección 28, el rotor 18 gira alrededor de un eje de rotación 30. A medida que las palas de rotor 22 giran y se someten a fuerzas centrífugas, las palas de rotor 22 también se someten a diversas fuerzas y momentos. Como tales, las palas de rotor 22 pueden deformarse y/o girar desde una posición neutra, o no deformada, a una posición deformada. Además, un ángulo de inclinación o inclinación de las palas de rotor 22, es decir, un ángulo que determina una perspectiva de las palas de rotor 22 respecto a la dirección 28 del viento, puede variarse mediante un sistema de ajuste del ángulo de inclinación 32 para controlar la carga y la potencia generada por el aerogenerador 10 ajustando una posición angular de por lo menos una pala de rotor 22 respecto a vectores del viento. Se muestran unos ejes de inclinación 34 de las palas de rotor 22. Durante el funcionamiento del aerogenerador 10, el sistema de ajuste del ángulo de inclinación 32 puede variar la inclinación de las palas de rotor 22 de modo que las palas de rotor 22 se muevan a una posición de reposo, de modo que la perspectiva de por lo menos una pala de rotor 22 respecto a los vectores del viento proporcione un área de superficie mínima de la pala de rotor 22 que queda orientada hacia los vectores de viento, lo que facilita la reducción de una velocidad de rotación del rotor 18 y/o facilita una parada del rotor 18.

En la realización de ejemplo, mediante un sistema de control 36 se controla individualmente una inclinación de cada pala de rotor 22. Alternativamente, mediante el sistema de control 36 puede controlarse simultáneamente la inclinación para todas las palas de rotor 22. Además, en la realización de ejemplo, a medida que varía la dirección 28, puede controlarse una dirección de guiñada de la góndola 16 alrededor de un eje de guiñada 38 para disponer las palas de rotor 22 respecto a la dirección 28.

En la realización de ejemplo, el sistema de control 36 se muestra centralizado dentro de la góndola 16; sin embargo, el sistema de control 36 puede ser un sistema distribuido por todo el aerogenerador 10, en la superficie de soporte 14, dentro de un parque eólico, y/o en un centro de control remoto. El sistema de control 36 incluye un procesador 40 configurado para realizar los procedimientos y/o etapas descritos aquí. Además, muchos de los otros componentes descritos aquí incluyen un procesador. Tal como se utiliza aquí, el término "procesador" no se limita a circuitos integrados denominados en la técnica como ordenador, sino que se refiere, de manera general, a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado específico de la aplicación, y otros circuitos programables, y estos términos se utilizan aquí indistintamente. Debe entenderse que un procesador y/o un sistema de control también puede incluir una memoria, unos canales de entrada, y/o unos canales de salida.

La figura 2 ilustra una realización de un eje 50 de acuerdo con la presente descripción. El eje 50 incluye una brida de buje 52 para montar el buje sobre el mismo. El eje 50 se extiende, además, en el interior de la góndola 16 y está conectado operativamente a un generador (no mostrado). El eje 50 en algunas realizaciones puede ser un eje de accionamiento directo 50. En estas realizaciones, el eje 50 está conectado directamente al generador. Alternativamente, entre el eje 50 y el generador puede disponerse un multiplicador (no mostrado), y puede proporcionar la conexión operativa entre el eje 50 y el generador. El giro de las palas de rotor 22 se transmite a través del buje 20 al eje 50, y desde el eje 50 al generador.

Puede disponerse una bancada 54 para soportar el eje 50, tal como se muestra. En general, la bancada 54 es una estructura dispuesta en la góndola 16. La bancada 54, en algunas realizaciones, puede proporcionar, además, soporte para otros componentes del aerogenerador 10, tales como el generador y/o, si está presente, el multiplicador.

5 Tal como se muestra en la figura 2, la bancada 54 de acuerdo con la presente descripción puede incluir un conjunto de bloque de almohada 60, o una pluralidad de conjuntos de bloque de almohada 60, sobre el mismo para alojar y soportar el eje 50. En una realización tal como se muestra en la figura 2, la bancada 54 incluye un conjunto de bloque de almohada delantero 62 y un conjunto de bloque de almohada trasero 64. El conjunto de bloque de almohada delantero 62 es el conjunto de bloque de almohada adyacente al buje 20, y el conjunto de bloque de almohada trasero 64 es el conjunto de bloque de almohada distal desde el buje 20. Debe entenderse, sin embargo, que la presente descripción no se limita a un conjunto de bloque de almohada delantero 62 y un conjunto de bloque de almohada trasero 64. Más bien, cualquier número o forma de conjuntos de bloques de almohada 60 se encuentra dentro del alcance de la presente descripción.

15 Cada uno de los conjuntos de bloque de almohada 60 puede incluir, por ejemplo, un bloque de almohada 66 y, opcionalmente, un pedestal 68. El bloque de almohada 66 puede recibir el eje 50 a través del mismo e interactuar con el eje 50. Por ejemplo, el bloque de almohada 66 puede incluir un cojinete, tal como un cojinete de fijación o un cojinete flotante, para soportar el eje 50. El pedestal 68 puede soportar el bloque de almohada 66 y alinear el bloque de almohada 66 con el eje 50. Los diversos componentes del conjunto de bloque de almohada 60 pueden ser elementos separados de la bancada 54, o pueden ser solidarios de la bancada 54.

25 Durante el funcionamiento del aerogenerador 10, el eje 20 puede estar sometido a diversas cargas, tales como cargas axiales y cargas de flexión, tal como se muestra en la figura 2. Varias de estas cargas pueden hacer que el eje 50 esté sometido a un momento flector. El momento flector puede producirse en cualquier dirección adecuada. Por ejemplo, el momento flector puede producirse alrededor del eje de guiñada 38 o alrededor de un eje de inclinación 72. Dicho momento flector puede no convertirse en energía mecánica útil, y puede tener efectos perjudiciales en otros componentes diversos del aerogenerador 10, tal como el tren de transmisión. Por lo tanto, este momento flector debe medirse con precisión para, por ejemplo, permitir que se utilice con precisión como entrada para ajustar otros componentes del aerogenerador 10 con el fin de reducir el momento flector. Dicha capacidad de entrada de control mejorada puede reducir la carga en varios componentes del aerogenerador 10 y garantizar un mejor rendimiento del aerogenerador 10.

35 Por lo tanto, tal como se muestra en las figuras 2 a 4, se describe un sistema 100 para ajustar un momento flector del eje 50. Los presentes inventores han descubierto que, montando sensores en un bloque de almohada 66 y midiendo la deformación del bloque de almohada 66, tales medidas pueden correlacionarse con precisión con un momento flector del eje 50. Esto permite ventajosamente una medición y un ajuste precisos, confiables y económicos de dichos momentos flectores, lo que permite reducciones en los momentos flectores y resulta en un mejor rendimiento del aerogenerador 10.

40 El sistema 100 incluye un bloque de almohada 66 y por lo menos un sensor 102 montado en el bloque de almohada 66. Por ejemplo, puede adherirse un sensor 102 al bloque de almohada 66 con un adhesivo adecuado, o soldarse o adherirse al bloque de almohada 66, o puede montarse utilizando un elemento de sujeción mecánico adecuado, tal como una combinación de tuerca y tornillo, clavo, tornillo, remache, soporte u otro elemento de sujeción mecánico adecuado, o puede montarse utilizando cualquier otro dispositivo o procedimiento de montaje adecuado. Cada sensor 102 mide deformación del bloque de almohada 66. Por ejemplo, en algunas realizaciones tal como se muestra, un sensor 102 puede ser un extensímetro. Adicional o alternativamente, el sensor 102 puede medir tensión del bloque de almohada 66. En otras realizaciones, un sensor 102 puede ser cualquier sensor o indicador adecuado que pueda medir cualquier deformación adecuada, tal como medir cualquier variación adecuada en la forma, tamaño u otra propiedad física del bloque de almohada 66 debido a fuerzas aplicadas u otra tensión resultante de los momentos flectores u otros del eje 50.

55 Además, un sensor 102 de acuerdo con la presente descripción puede medir deformación en sólo una dirección, o en múltiples direcciones. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un sensor 102 puede medir solamente deformación debida a flexión del eje 50 alrededor del eje de guiñada 38. En otras realizaciones, un sensor 102 puede medir solamente deformación debida a flexión del eje 50 alrededor del eje de inclinación 72. En todavía otras realizaciones, un sensor 102 puede medir deformación debida a flexión del eje 50 alrededor tanto del eje de guiñada 38 como el eje de inclinación 72 y/o puede medir deformación debida a flexión del eje 50 en cualquier dirección adecuada o eje.

60 En algunas realizaciones, un sensor 102 montado en un bloque de almohada 66 puede disponerse en una posición de deformación máxima 104. Una posición de deformación máxima 104 es una posición en el bloque de almohada 66 que está sometida a una deformación relativamente mayor que posiciones circundantes en el bloque de

almohada 66 debido a flexión del eje 50 en por lo menos una dirección o alrededor de por lo menos un eje. Las posiciones de deformación máxima 104 pueden determinarse para un bloque de almohada específico 66 durante el diseño o prueba del bloque de almohada 66 o durante el funcionamiento del bloque de almohada 66. Además, en algunas realizaciones, el sensor 102 puede disponerse en una región con un gradiente de deformación reducido. Esto puede permitir mediciones repetibles y predecibles.

En algunas realizaciones, tal como se muestra en la figura 4, un bloque de almohada 66 puede definir por lo menos una plataforma de montaje 106. Una plataforma de montaje 106 puede ser una superficie mecanizada, fundida o diseñada de otro modo en el bloque de almohada 66 y, por lo tanto, puede proporcionar una posición de montaje para un sensor 102. Esto puede permitir una colocación relativamente precisa de un sensor 102 en un bloque de almohada 66. De este modo, puede montarse un sensor 102 en el bloque de almohada 66 en la plataforma de montaje 106 tal como se muestra.

Además, en algunas realizaciones, puede definirse una plataforma de montaje 106 en una posición de deformación máxima 104. De este modo se facilita la colocación precisa de un sensor 102 en dicha posición de deformación máxima 104.

El sistema 100 puede incluir, además, el sistema de control 36. El sistema de control 36 puede estar conectado de manera comunicativa al sensor 102. Dicha conexión comunicativa puede ser a través de un acoplamiento físico, tal como a través de un cable u otro conducto o cordón umbilical, o puede tratarse de un acoplamiento inalámbrico, tal como a través de un acoplamiento por infrarrojos, celular, sónico, óptico, o basado en radiofrecuencia. El sistema de control 36 puede estar configurado, además, para ajustar una o más palas de rotor 22 en respuesta a la deformación del bloque de almohada 50. Por ejemplo, tal como se ha descrito anteriormente, el sistema de control 36 puede ajustar la inclinación de una pala de rotor 22 alrededor del eje de inclinación 34 o la guiñada alrededor del eje de guiñada 38. El sistema de control 36 puede configurarse adicionalmente, por lo tanto, para realizar tales ajustes en respuesta a la deformación del bloque de almohada 66. Dichos ajustes, en algunas realizaciones, pueden reducir el momento flector del eje 50 en por lo menos una dirección o alrededor de por lo menos un eje.

Debe observarse que, en algunas realizaciones, puede permitirse que el bloque de almohada 66 se deforme una cantidad predeterminada en una o más direcciones adecuadas antes ajustar una pala de rotor 22. En estas realizaciones, el sistema de control 36 ajusta las palas de rotor 22 una vez que el bloque de almohada 66 satisface o supera una cierta cantidad de deformación predeterminada o rango de deformación.

Para ajustar una pala de rotor 22 en respuesta a la deformación del bloque de almohada 60, el sistema de control 36 puede incluir hardware y/o software adecuado para correlacionar la deformación del bloque de almohada 60 con el momento flector del eje 50, tal como se ha descrito anteriormente. El ajuste de una pala de rotor 22 puede realizarse en respuesta a la deformación medida y al momento flector calculado, de modo que el momento flector se reduzca o se modifique de otra manera según se desee o se requiera.

En algunas realizaciones, el sistema de control 36 puede configurarse para ajustar una pala de rotor 22 de acuerdo con un bucle de retroalimentación constante. Por lo tanto, el sistema de control 36 puede incluir software y/o hardware adecuados para controlar y correlacionar constantemente la deformación y el momento flector en tiempo real, y para ajustar una pala de rotor 22 según sea necesario para que dichos momentos flectores se mantengan dentro de una ventana predeterminada o por encima o por debajo de una cantidad mínima o máxima predeterminada.

La presente descripción va dirigida, además, a un procedimiento para ajustar un momento flector de un eje 50 en un aerogenerador 10. El procedimiento puede incluir, por ejemplo, la etapa de medir deformación de un bloque de almohada 66, tal como se ha descrito anteriormente. En algunas realizaciones, la etapa de medición puede incluir medir deformación debida a flexión del eje 50 alrededor del eje de guiñada 38 y/o alrededor del eje de inclinación 72. El procedimiento puede incluir, además, la etapa de ajustar una pala de rotor 22 en respuesta a la deformación del bloque de almohada 66, tal como se ha descrito anteriormente.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para describir la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier persona experta en la materia ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema (100) para ajustar un momento flector de un eje (50) en un aerogenerador (10), comprendiendo el sistema (100):
- un bloque de almohada (66) que recibe el eje (50) a través del mismo;
una pluralidad de sensores (102) montados en el bloque de almohada (66) y que miden deformación del bloque de almohada (66);
10 un sistema de control (36) conectado de manera comunicativa a la pluralidad de sensores (102), el sistema de control (36) configurado para ajustar una pala de rotor (22) en respuesta a la deformación del bloque de almohada (66), caracterizado por el hecho de que:
- 15 por lo menos uno de los sensores mide deformación debida a flexión del eje (50) alrededor de un eje de guiñada (38) y por lo menos otro de los sensores mide deformación debida a flexión del eje (50) alrededor de un eje de inclinación (72); y
la pluralidad de sensores (102) están montados en el bloque de almohada (66) en posiciones de deformación máxima (104) que son posiciones del bloque de almohada (66) sometidas a una deformación relativamente mayor que posiciones circundantes en el bloque de almohada (66) debido a flexión del eje (50) alrededor de
20 por lo menos un eje (38, 72).
2. Sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la pluralidad de sensores (102) son galgas extensiométricas.
- 25 3. Sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por el hecho de que la pluralidad de sensores (102) miden tensión del bloque de almohada (66).
- 30 4. Sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que el bloque de almohada (66) define, además, unas plataformas de montaje (106), y en el que la pluralidad de sensores (102) están montados en el bloque de almohada (66) en las plataformas de montaje (106)
- 35 5. Sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que el sistema de control (36) está configurado para ajustar una inclinación de la pala de rotor (22) en respuesta a la deformación del bloque de almohada (66).
6. Aerogenerador (10), que comprende:
- un eje (50); y
un sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
- 40 7. Procedimiento para ajustar un momento flector de un eje (50) en un aerogenerador (10), comprendiendo el procedimiento:
- medir una deformación de un bloque de almohada (66), recibiendo el bloque de almohada (66) el eje (50) a través del mismo; y
45 ajustar una pala de rotor (22) en respuesta a la deformación del bloque de almohada (66): caracterizado por el hecho de que
la etapa de medición comprende medir deformación debida a flexión del eje (50) alrededor de un eje de guiñada (38) y comprende medir deformación debida a flexión del eje (50) alrededor de un eje de inclinación (72); y
50 la deformación se mide en posiciones de deformación máxima (104) en el bloque de almohada (66), en el que las posiciones de deformación máxima son posiciones del bloque de almohada (66) sometidas a una deformación relativamente mayor que posiciones circundantes en el bloque de almohada (66) debido a flexión del eje (50) alrededor de por lo menos un eje (38, 72).
- 55 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por el hecho de que la deformación es una tensión.

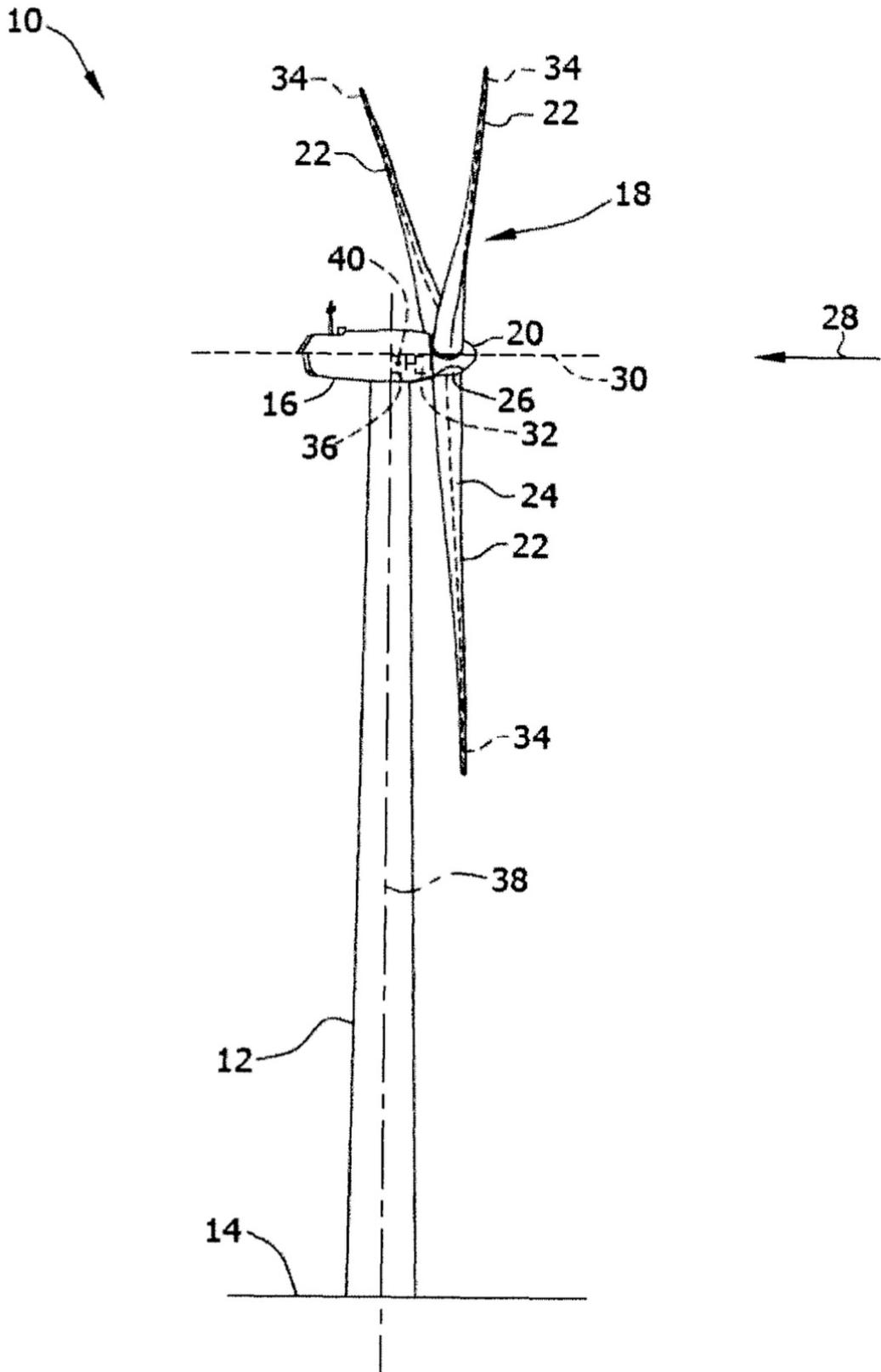
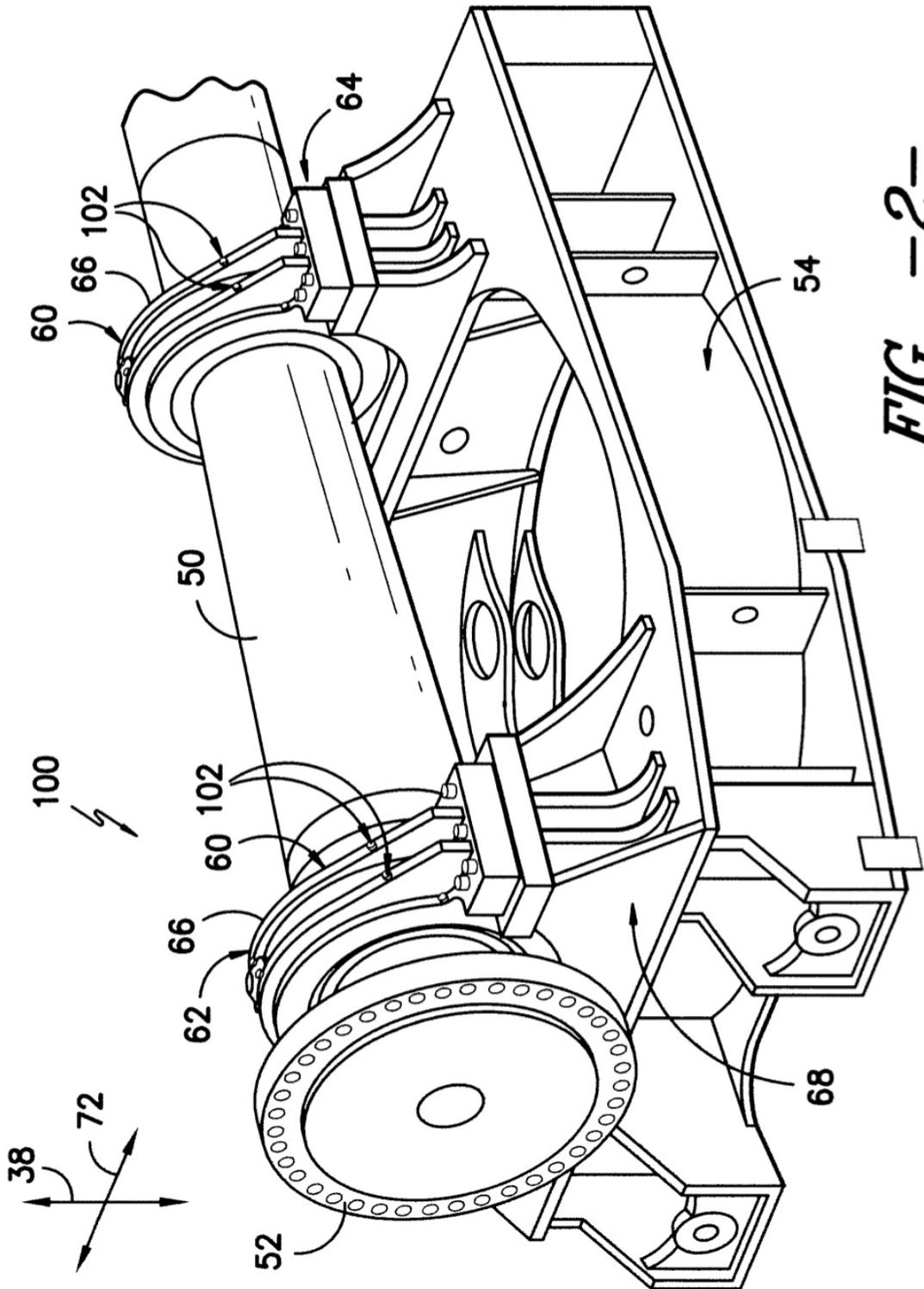


FIG. -1-



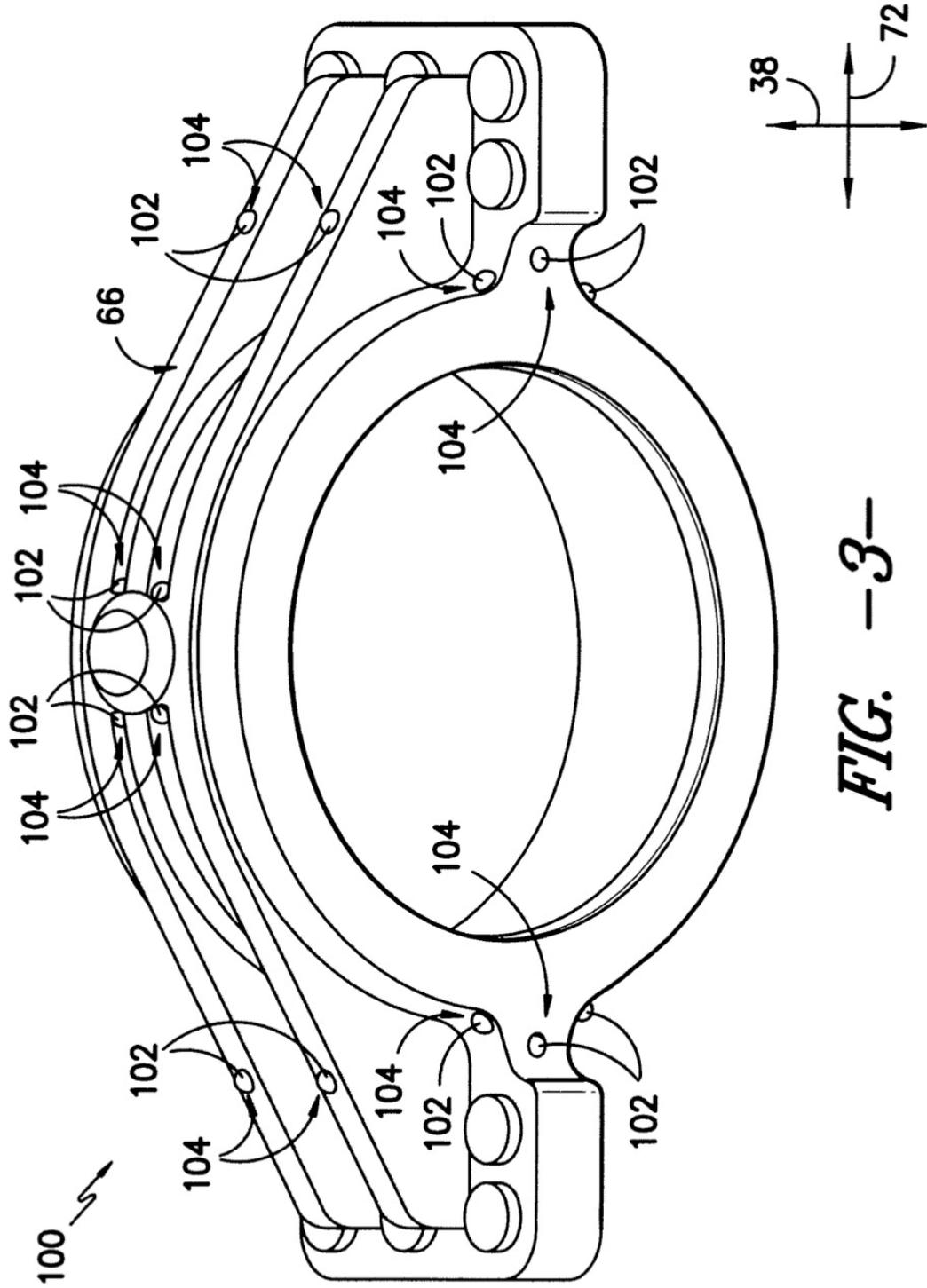


FIG. -3-

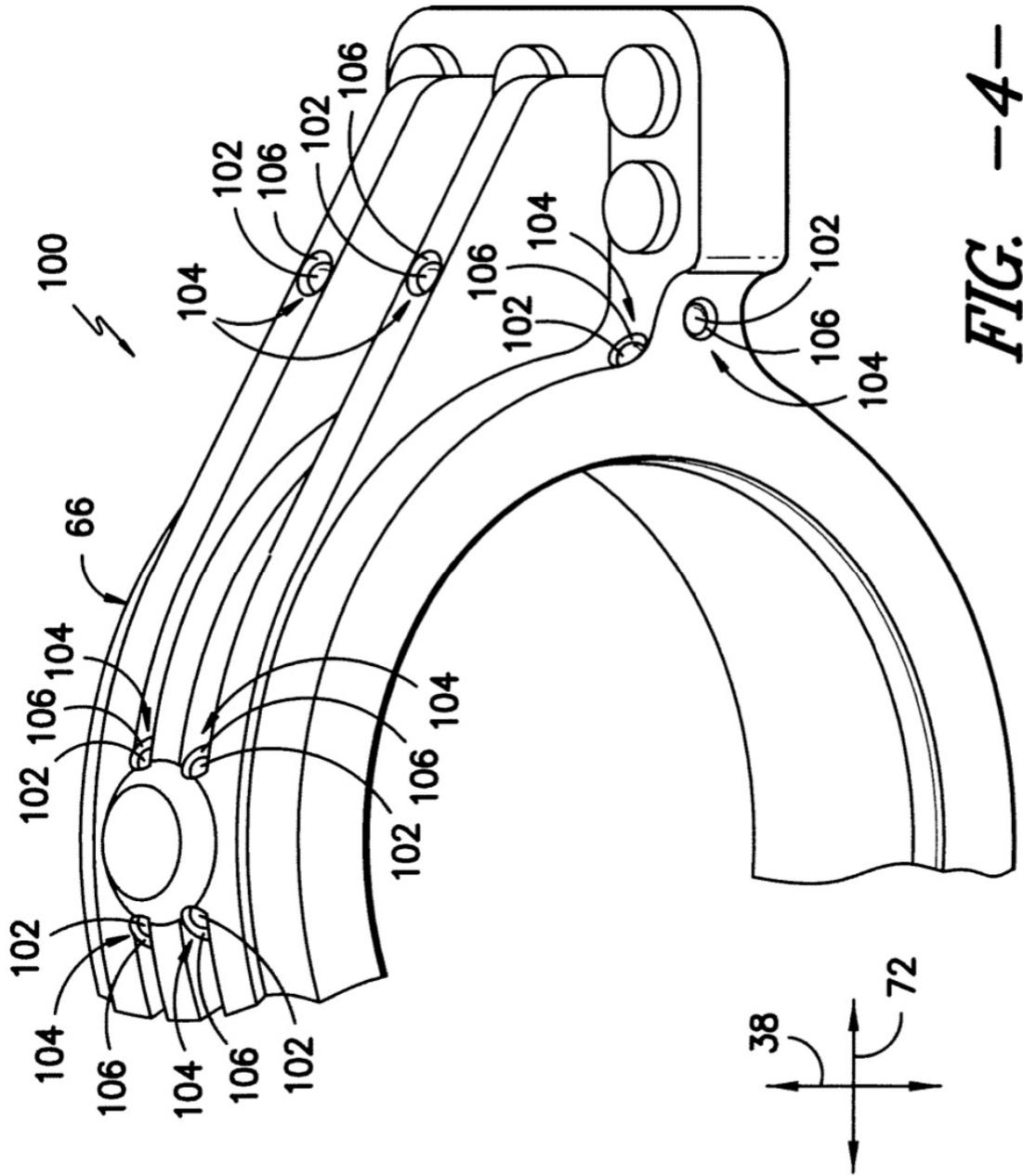


FIG. -4-

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 • EP 1870596 A [0003]