

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 450**

51 Int. Cl.:

E04H 12/18 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

F03D 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2010 E 10814323 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2015 EP 2473688**

54 Título: **Torre giratoria ahusada híbrida con elementos múltiples**

30 Prioridad:

14.07.2010 US 836089

05.09.2009 US 554884

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

19.08.2015

73 Titular/es:

ZUTECK, MICHAEL D. (100.0%)
601 Clear Lake Road
Clear Lake Shores, TX 77565, US

72 Inventor/es:

ZUTECK, MICHAEL D.

74 Agente/Representante:

TORNER LASALLE, Elisabet

ES 2 543 450 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

Torre giratoria ahusada híbrida con elementos múltiples.

Antecedentes de la invención

1. Uso previsto

5 La presente invención es una construcción ventajosa de una torre giratoria de turbina eólica. La turbina incluye el rotor y la góndola. La turbina está fijada a la parte superior de la torre y cambia de dirección con la rotación de la torre. La torre tiene un perfil estrecho en una dimensión y un perfil ancho en una segunda dimensión. Esta forma, combinada con rodamientos, permite que la torre cambie de orientación en respuesta a cambios en la dirección del viento, alineando la estructura con la dirección del viento para soportar óptimamente las cargas y, con ello, reducir el peso y el coste de la torre.

2. Tecnología relacionada

Las turbinas eólicas son conocidas. La mayoría de estas turbinas utiliza a una torre estacionaria y la turbina gira 360° en un plano horizontal en la parte superior de la torre.

15 Ha habido algunas tentativas de construir una turbina eólica con una torre que gire con la dirección del viento. Véase la patente 780.381 del Reino Unido, en la que una torre giratoria está estabilizada por 3 patas y la turbina y el generador están situados a nivel del suelo. Véase también la patente 10.194 del Reino Unido, en la que la torre está construida para girar libremente al viento sobre dos rodamientos de rodillos o bolas, estando uno en la base del bastidor de la viga de carga y el otro inmediatamente debajo del "rotor eólico" o turbina eólica. Los rodamientos de rodillos o bolas bajo el rotor eólico consisten en un anillo diseñado para impedir que el bastidor de la viga de carga tenga ningún movimiento hacia arriba o lateral. El bastidor de la viga de carga permanece libre para girar por medio de rodillos fijados al bastidor. Para mantener el bastidor o torre de la viga de carga en posición vertical, el anillo está dotado de ojales o agujeros y está firmemente anclado al suelo por medio de maromas o varillas de sujeción de acero. La torre de celosía no tenía forma aerodinámica.

Sumario de la invención

25 La memoria da a conocer una estructura de torre que tiene una forma alar en la que el ala está puesta vertical sobre su extremo; es decir, un estrecho grosor en la dirección transversal con respecto al viento, una anchura en expansión en el sentido del viento y una larga estructura ahusada doble a lo largo de su altura. También se da a conocer una estructura de torre que tiene una forma triangular con altura.

30 La estructura de la torre puede tener un borde de ataque recto que se extienda toda la altura de la estructura. El borde de ataque estrecho está orientado en la dirección del viento y minimiza la entrada de aire o la resistencia aerodinámica y la turbulencia en su paso. La estructura de la torre también contiene un borde de salida que, de forma similar, se extiende hasta la parte superior de la estructura. El borde de salida puede curvarse hacia fuera, expandiendo la anchura de la estructura a cierta altura de la estructura. El borde de salida puede ahusarse hacia el borde de ataque en proximidad a los extremos de la torre. Según se usa en la presente memoria, el "segmento superior de la torre" significa aquella porción de la torre en la que el borde de salida se ahúsa por encima de la curvatura máxima hacia afuera del borde de salida al borde de ataque. Una estructura de forma triangular presentada más abajo funde el borde de salida en el borde de ataque en proximidad a la parte superior de la torre.

El borde de ataque puede mantener un eje longitudinal uniforme. El borde de salida puede estar configurado con una forma curvada o torcida; es decir, la distancia entre el borde de ataque y el borde de salida puede variar en toda la altura de la estructura. El borde de ataque y el borde de salida son los elementos fundamentales de soporte de carga de la torre que soportan el peso y el empuje de la turbina.

El borde de ataque y el borde de salida pueden comprender un material resistente de módulo de elasticidad elevado, tal como metal, o un material compuesto que contenga fibras de resistencia elevada, por ejemplo fibras unidireccionales de vidrio o carbono. El borde de ataque y el borde de salida también pueden ser de acero. El borde de ataque o el borde de salida pueden tener forma semicircular y comprender múltiples segmentos sujetables apilados encima de un fragmento inferior. Los segmentos apilados forman una estructura vertical, es decir, el borde de ataque y el borde de salida. Cada segmento puede ser diseñado y fabricado para soportar cargas calculadas en función de la posición del segmento en la estructura. Aunque se ilustran formas semicirculares, son posibles otras formas. Por ejemplo, el borde de ataque puede tener forma elíptica, y el borde de salida puede tener una forma plana para la liberación del viento.

Los paneles laterales de la estructura pueden comprender un vidrio de doble polarización (DP). Otros materiales que pueden usarse incluyen, sin limitación, plásticos, plásticos reforzados con fibras o paneles sobre un apuntalamiento diagonal de bastidor. Los paneles pueden comprender un material compuesto reforzado con fibras en el que la dirección de la fibra está orientada hacia la carga del panel. En un ejemplo, los paneles pueden ser paneles de aluminio que cubren el bastidor diagonal de acero. En otra realización, los paneles pueden comprender una capa de

fibra de vidrio sobre un núcleo alveolar. Los paneles laterales pueden ser orientados para permitir la unión entre el borde de ataque y el borde de salida. Los paneles laterales también pueden tener forma aerodinámica tanto en altura como en anchura.

La torre gira con los cambios en la dirección del viento. La turbina eólica está montada fija en el extremo superior de la torre. Según se usa en la presente memoria, el término "turbina" incluye el rotor y la góndola. La "góndola" puede incluir los rodamientos principales del rotor, el generador, la caja de engranajes y equipo asociado. El motor de guiñada estará o bien en el conjunto de aro y rodamientos superiores a media altura de la torre, o en la base de la torre. La rotación de la torre y la turbina ocurre por medio de la operación de un conjunto inferior de rotación (en lo sucesivo, "conjunto inferior de rodamientos") montado aproximadamente a nivel del suelo y de un conjunto superior de rodamientos fijado a la torre por debajo de las palas del rotor de la turbina y próximo a la curvatura o separación máxima del borde de salida del borde de ataque (en lo sucesivo, "media altura de la torre"). Pueden utilizarse conjuntos de rodamientos adicionales o alternativos. Un conjunto aceptable de rodamientos incluye la capacidad de soportar cargas laterales y permitir la rotación de la torre en 360°.

El conjunto superior de rodamientos comprende una estructura anular que rodea a la estructura de la torre de forma alar. La activación del motor de guiñada y la rotación de la torre mediante la operación de los conjuntos de rodamientos inferior y superior hace que el borde de ataque de la torre apunte continuamente al viento. Este, a su vez, apunta la turbina, fija encima de la torre, hacia el viento, mejorando con ello la producción de energía.

Una segunda estructura anular exterior (en lo sucesivo, "aro a media altura de la torre") puede rodear al conjunto superior de rodamientos. Esta segunda estructura puede ser la fijación para los alambres, los cables o las varillas de sujeción de refuerzo y estabilización que se extienden desde la torre hasta el suelo. Los alambres de sujeción pueden ser anclados al suelo. Puede haber tres o más alambres de sujeción. Por ejemplo, tres alambres de sujeción estarían separados aproximadamente 120° entre sí. La segunda estructura anular exterior también puede proporcionar un refuerzo horizontal para el conjunto superior de rodamientos.

En otra realización, la torre puede tener una forma triangular. La forma es estrecha en la unión superior con la turbina y tiene una base amplia en la parte inferior. Los bordes de salida y de ataque pueden estar unidos por un componente horizontal en la parte inferior de la torre. Un concepto estructural de la invención incluye la igualación del momento flector del empuje y el ahusamiento. Por lo tanto, una torre con un soporte a medio nivel tendrá un doble ahusamiento, mientras que una torre con solo un conjunto de rodamientos en la base (torre de forma triangular) tendrá un único ahusamiento. El conjunto de rodamientos estará a nivel del suelo. El conjunto de rodamientos puede incluir un dispositivo motriz de una plataforma giratoria. Este puede incluir un disco horizontal giratorio que soporte la torre. Se puede usar un motor de guiñada situado a nivel del suelo para hacer girar la torre contra el viento.

Sumario de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan en la memoria y constituyen parte de la misma, ilustran realizaciones preferentes de la invención. Estos dibujos, junto con la descripción general de la invención dada en lo que antecede y la descripción detallada de las realizaciones preferentes dada a continuación, sirven para explicar los principios de la invención.

La Figura 1 ilustra una vista lateral del componente de estructura de la torre, que incluye el borde de ataque y el borde de salida. El borde de ataque se inclina contra el viento. También se ilustran el conjunto inferior de rodamientos, el conjunto superior de rodamientos y el aro a media altura de la torre para anclar alambres o cables sintéticos de sujeción. También se ilustra el eje vertical de rotación de la torre. También se ilustra la góndola, mostrándose el tamaño aproximado de la góndola con respecto a la estructura de la torre. Este tamaño puede variar considerablemente. Por ejemplo, el tamaño de la góndola sería mayor si se usara un generador de transmisión directa de gran diámetro.

La Figura 2A ilustra una vista cenital en sección transversal de la estructura de la torre que muestra una realización del borde de ataque, el borde de salida y los paneles laterales. Se ilustran vistas en planta del borde 110 de ataque y el borde 120 de salida.

La Figura 2B ilustra una vista en planta de una perspectiva en sección transversal de una estructura más elíptica de la torre.

La Figura 3 ilustra una vista lateral de una torre no según la invención, que crea una forma triangular en la que un borde de ataque vertical está soportado por un borde de salida recto, pero inclinado.

La Figura 4 ilustra la torre de la Figura 1 inclinada contra el viento en el que hay montados múltiples paneles laterales entre el borde de ataque y el borde de salida. Hay paneles montados en ambos lados de la estructura de la torre. Se ilustra el eje vertical de rotación.

La Figura 5 es una vista cenital en sección transversal de la torre y el aro a media altura de la torre, del conjunto superior de rodamientos y del aro interior.

5 La Figura 6 es una vista lateral de la torre de doble ahusamiento en la que el borde de ataque se inclina hacia delante fuera del eje de rotación. También se ilustra la relación entre el borde de ataque de la torre y la pala de la turbina.

Descripción detallada de la invención

10 Se apreciará que no se pueden dar a conocer todas las realizaciones de la invención dentro del alcance de este documento y que realizaciones adicionales de la invención resultarán evidentes a personas expertas en la tecnología tras la lectura de esta divulgación. Estas realizaciones adicionales están reivindicadas dentro del alcance de esta invención.

El contenido de la sección titulada Sumario de la invención está incorporado en la Descripción detallada de la invención en la presente memoria.

15 La construcción de turbinas eólicas y la generación de electricidad con estas turbinas han aumentado significativamente en los últimos diez a veinte años. La mayoría de estas turbinas utiliza palas giratorias y una tómbola que contiene una caja de engranajes y un generador colocados encima de una torre situada de forma fija. El rotor y la góndola giran encima de una torre estacionaria en respuesta a cambios en la dirección del viento. Esta rotación puede implicar la operación de un motor de guiñada.

20 Ha habido un objetivo de aumentar el tamaño de las turbinas eólicas. Este objetivo encuentra problemas de transporte de grandes componentes estructurales por tierra hasta el sitio de la instalación. También encuentra problemas con materiales requeridos para soportar cargas del viento de todas direcciones y el correspondiente aumento en peso y costes de materiales.

25 La torre de la turbina eólica tiene normalmente forma cilíndrica y está fabricada de acero. La torre puede tener una forma ahusada a lo largo del eje vertical. En otros ejemplos, la torre puede tener una forma con estructura de torre de perforación similar a las bombas eólicas de agua. Ninguno de los dos diseños tiene forma aerodinámica, es decir, diseñada para reducir la resistencia del viento. Dado que las torres están fijas en su emplazamiento, no es posible proporcionar una forma aerodinámica o estructuralmente eficiente, dado que la dirección del viento es variable. Los factores de eficiencia estructural incluyen, sin limitación, coste, forma, material, configuración de los materiales, peso total y funcionalidad.

30 El tema inventivo de esta divulgación enseña la construcción de una estructura de torre a partir de múltiples piezas o segmentos (elementos). Tanto el borde de ataque como el borde de salida pueden comprender varios elementos apilados encima de un segmento de torre. El borde de salida puede curvarse alejándose progresivamente del borde lineal de ataque. Esto puede crear una forma estructuralmente eficiente; es decir, la forma produce una carga sustancialmente constante en el borde de ataque y el borde de salida. La forma comprende un espacio dimensionado progresivamente entre el borde de ataque y el borde de salida. El borde de ataque y el borde de salida de la torre son a veces denominados en la presente memoria de forma colectiva "bordes estructurales". Los bordes estructurales soportan cargas. El borde de ataque está enfrentado al viento que llega en la dirección contraria. En cambio, el borde de salida está a sotavento de la torre. La rotación de la torre garantiza que la estructura mantiene esta orientación con respecto al viento. Utilizando esta orientación constante, pueden predecirse las cargas estructurales de la torre en función de las velocidades cambiantes del viento. *Esta previsibilidad puede permitir la fabricación de los segmentos de la torre a la medida de la posición de cada segmento. La torre puede ser optimizada estructuralmente.* Dicho de otra manera, cada segmento de la torre puede ser estructuralmente eficiente. Cada segmento puede ser diseñado para soportar una carga específica, permitiendo la utilización rentable de materiales (denominada en lo sucesivo "eficiencia estructural" o "estructuralmente eficiente"). Por ejemplo, los segmentos estructurales del borde de ataque, incluyendo elementos de sujeción, experimentarán tanto una carga de compresión como, con viento fuerte, cargas de tensión. Más a menudo, los segmentos del borde de salida pueden experimentar o estar sometidos a una carga de compresión. Los segmentos también pueden tener forma aerodinámica en función de su posición con respecto al viento. Se apreciará que el borde de ataque está diseñado para apuntar siempre contra el viento y que el borde de salida apunta en el sentido del viento. Los paneles laterales están diseñados para permanecer paralelos al viento.

Los segmentos pueden estar en longitudes que permitan el uso de procedimientos de transporte estándar. Según se expone en otro lugar de la presente memoria, el o los segmentos del borde de salida pueden ser dimensionados para estar metidos en el o los segmentos del borde de ataque (o viceversa) durante el transporte.

55 El tema inventivo de esta divulgación enseña una torre que puede rotar en reacción a los cambios en el viento. La torre puede ser diseñada para que sea estructuralmente eficiente. La torre gira con la turbina (incluyendo la góndola). Esto permite que la torre sea diseñada para disminuir la resistencia aerodinámica de la torre al viento. De mayor importancia es que solo el borde de ataque ve la tensión resultante del empuje variable del viento, viendo o estando sujeto el borde de salida a la correspondiente compresión. Por lo tanto, la elección y la colocación de

materiales pueden ser optimizadas para cada tipo de carga, permitiendo con ello la reducción de materiales de resistencia elevada y coste elevado. Además, la anchura del ahusamiento permite una tensión casi uniforme en estos miembros estructurales principales para que su material tenga eficiencia de carga, y los paneles laterales precisen soportar únicamente cantidades modestas de cargas de cizallamiento y flexión. Puede haber ahorros de peso total derivados del soporte de las cargas de esta manera eficiente, es decir, “estructuralmente eficiente”, y pueden reducirse los costes de transporte, porque los segmentos de la torre son tanto menores como más ligeros.

Con referencia a la Figura 6, la torre tiene un eje vertical 950 de rotación. El eje de rotación se extiende verticalmente hacia arriba desde el conjunto inferior de rodamientos (próximo a los cimientos 360 de la torre y al pedúnculo 370 de pivote) y atravesando el centro del conjunto superior 220 de rodamientos. La torre puede construirse para permitir que porciones de la estructura se extiendan fuera del eje de rotación. En particular, el borde de ataque puede inclinarse contra la dirección del viento. Esto se denomina “inclinarse hacia delante” o “inclinarse contra el viento”. Se apreciará que la torre 100 está inclinada hacia la izquierda y contra el viento, según muestra la flecha vector 975 (que representa la dirección del viento). Esta configuración incrementa la distancia entre el borde de ataque de la torre y el plano de rotación de las palas de la turbina. La distancia progresivamente dimensionada o aumentada entre el borde 110 de ataque de la torre y la pala 402 de la turbina está ilustrada por la distancia 401. Esto minimiza el potencial de daño a las palas de la turbina si golpean la torre. También disminuye la distribución del momento del empuje del rotor que debe ser soportado por la torre y sus soportes.

Se puede extender un rotor en la dirección del viento (no mostrado) desde el borde 120 de salida fuera del eje 950 de rotación. Esta posición facilita la generación del momento necesario preciso para orientar la torre contra una dirección del viento cambiada. La forma alar creada por el borde de ataque recto y el borde de salida torcido (descrito más abajo) pueden proporcionar el momento necesario para orientar la torre contra una dirección del viento cambiada. En otra realización puede usarse una estructura de paletas fijada al borde de salida.

En una realización de la invención, la carga de la torre es soportada por el borde 110 de ataque y el borde 120 de salida separado. Véase la Figura 1. Esto permite que todos los lados de la estructura de la torre estén cubiertos de un material de menor resistencia de soporte de cargas, es decir, estructuralmente eficiente, según se afirma en el párrafo anterior y se presenta adicionalmente en relación con la Figura 2. Los bordes de la torre definen el contorno de la estructura 100 de torre de forma alar ilustrada en la Figura 1. Los bordes de la torre divergen en el punto central de la torre (separación torcida o curvada del borde de ataque y del borde de salida). Los bordes de la torre se unen en la parte inferior de la estructura y están unidos al conjunto inferior 210 de rodamientos. Debajo del conjunto inferior de rodamientos (no mostrado) hay un pedúnculo 370 de pivote y unos cimientos 360.

En la realización ilustrada, el borde 110 de ataque se inclina hacia delante contra el viento. El borde de ataque no es vertical. El eje 950 de rotación es vertical. Según se ilustra en la Figura 1, el eje de rotación comienza en el pedúnculo 370 de pivote y se extiende hacia arriba atravesando el centro del conjunto superior 220 de rodamientos.

En una realización (no mostrada), un componente de bisagra conecta la parte inferior de los segmentos del borde de ataque y el borde de salida con los cimientos o con el conjunto inferior de rodamientos. Son posibles otras colocaciones de la bisagra inferior. Esta configuración permite que la torre pivote sobre la bisagra, y el descenso de la torre (y la turbina) para ponerla en el suelo para su mantenimiento o reparación. Puede encontrarse ventajoso unir la bisagra al borde de ataque, garantizando con ello que la turbina y las palas estén orientadas hacia abajo cuando se haga descender la torre. El borde de salida también puede estar unido con una bisagra a los cimientos o al conjunto inferior de rodamientos. En consecuencia, puede hacerse descender la torre usando la bisagra del borde de ataque o la bisagra del borde de salida, dependiendo del componente de la turbina que haya de ser sometido a mantenimiento. Una bisagra también permite que la torre sea montada y luego elevada y fijada en la posición vertical para su erección inicial.

Los bordes de la torre también se unen 240 debajo de la pieza de fijación o base 350 para la góndola 351 de la turbina. La orientación de la torre está representada en la Figura 1 contra la dirección del viento, representada por la flecha vector 975. La torre puede girar, en respuesta a cambios en el viento, mediante el uso de un motor de guiñada u otro dispositivo. También se ilustra el espacio dimensionado progresivamente 136 entre los bordes de ataque y de salida. Precisamente este espacio está abarcado por el material de soporte de cargas secundarias. Véanse las Figuras 2 y 4.

Véase la Figura 2A, que comprende una vista cenital en sección transversal de la estructura de la torre. Se ilustran el borde 110 de ataque y el borde 120 de salida, los paneles laterales 135 y el perfil estrecho de la estructura de la torre orientado contra el viento 975. El borde de ataque define el perfil estrecho.

Con referencia a la Figura 1, dado que el perfil de separación del borde de la torre es similar al perfil del momento lineal proveniente del empuje del rotor, las cargas en los bordes de ataque y de salida son bastante constantes y, por lo tanto, una buena equivalencia de la sección transversal constante del material. Que el cizallamiento estructural primario de los paneles laterales y las sujeciones sea bajo está relacionado con esto. Los paneles laterales pueden ser de un material compuesto. Habrá cargas de choque en la torsión 130 de la trayectoria de carga del borde de salida, pero el aro 230 a media altura de la torre puede ser instalado en esta ubicación y puede reforzar el borde de salida. También puede usarse una estructura interior, tal como rebordes anchos o un tabique integrado

en la unión de las secciones superior e inferior de la torre, para reaccionar a estas cargas de choque. Además, las cargas de fatiga operativa en la torre, los rodamientos, los cables y los cimientos se reducen situando la masa 350, 351 de la turbina eólica del eje de rotación de la torre de la turbina eólica en rotación contra el viento. La masa de la turbina eólica puede comprender las palas del rotor, el rotor de la turbina, la góndola, el motor de guiñada y el alojamiento.

En la realización ilustrada en la Figura 1, los bordes estructurales logran una divergencia máxima aproximadamente en el punto central 130, 131 de la estructura 100, es decir, a media altura de la torre. Esto forma una torsión máxima o una porción más ancha curvada de la estructura de la torre con forma de ala. Un conjunto superior 220 de rodamientos reacciona a las cargas netas provenientes de los dos bordes en este punto más ancho o cerca del mismo. La sección superior de la torre está por encima del conjunto superior de rodamientos. Por supuesto, este conjunto superior de rodamientos facilita la rotación de la estructura de la torre. El conjunto de rodamientos comprende una estructura anular que rodea a la estructura 100 de la torre con forma de ala. Véase la Figura 2A para una vista cenital en sección transversal de la estructura de la torre y la posición del borde de ataque y el borde de salida. En la Figura 2A también se ilustra el perfil estrecho de la torre con forma de ala. Este perfil estrecho, combinado con el diseño del borde de ataque y el borde de salida de la torre, minimiza la resistencia de la torre al viento y, por ello, aminora la carga sobre los componentes de la torre.

Una segunda estructura anular exterior 230 (el aro a media altura de la torre) rodea el conjunto superior 220 de rodamientos. Este aro a media altura de la torre puede ser la fijación para los alambres, los cables o las varillas 310 de sujeción que se extienden hasta el suelo que mantienen la estructura de la torre en el punto 141 de mayor separación (torsión o separación curvada) entre el borde 110 de ataque que soporta cargas y el borde 120 de salida. Una realización puede incorporar un diseño de torsión en el borde de ataque para facilitar el giro de la torre en respuesta a cambios en la dirección del viento moviendo el área de orientación de la torre del eje de rotación de la torre a favor del viento. Otra realización comprende colocar un rotor del eje de rotación de la torre en la dirección del viento sustancialmente a favor del viento. En otra realización, la turbina es girada mediante el uso de un motor de guiñada.

En una realización, puede aumentarse la rigidez de la torre de un lado a otro añadiendo alambres o varillas de refuerzo que se extienden desde la parte superior y la parte inferior de la torre hasta el conjunto de rodamientos de mitad de la torre. Estos alambres o varillas se encuentran en un plano perpendicular al plano del borde de ataque al borde de salida, y se fijan cerca del perímetro de un aro interno a media altura de la torre y giran con él. Los alambres o varillas se extienden desde la parte superior de la torre a lo largo de un primer lado hasta la parte inferior de la torre y, de forma similar, se extienden a lo largo del segundo lado de la torre. También se fijarían con los aros internos suplementarios de rodamientos, y rodarían con los mismos, si hay alguno colocado debajo de los rodamientos superiores.

Con referencia a la Figura 2A, se ilustra que el borde 110 de ataque comprende un semicírculo con un radio. También se ilustra que el borde 120 de salida es un semicírculo con un radio. El borde de ataque y el borde de salida soportan la carga tensión y compresión de la estructura, incluyendo el peso del rotor y de la góndola. Los bordes de ataque y salida pueden comprender acero que tenga un módulo de elasticidad elevado. El radio del borde de salida puede ser menor que el radio del borde de ataque. A la inversa, el radio del borde de ataque puede ser menor que el del borde de salida. Esta configuración permite que el borde de salida sea guardado dentro del borde de ataque para su transporte (o viceversa).

La forma semicircular mejora la capacidad de soporte de cargas del acero, a diferencia de un grosor igual de una plancha de acero, porque la forma curvada proporciona autoestabilidad contra el pandeo. Con referencia a continuación a la Figura 2B, la vista cenital en sección transversal muestra una realización de torre que tiene una forma más elíptica. Otras realizaciones pueden incluir un borde de ataque o un borde de salida que tengan una forma parabólica o una forma ahusada hacia una dimensión más ancha o más estrecha en la dirección transversal con respecto al viento.

Además del borde 110 de ataque y el borde 120 de salida, las Figuras 2A y 2B ilustran un tercer elemento de la torre, concretamente los paneles 135 que cubren los laterales de la torre. Estos paneles pueden cubrir ambos lados de la torre, creando un espacio interior hueco 136. Los paneles están unidos al borde de ataque y al borde de salida. Las Figuras 2A y 2B ilustran un procedimiento de fijación en el que el panel 135 encaja debajo del borde lateral 137 del borde 110 de ataque. En cambio, el panel lateral encaja sobre 138 el borde lateral del borde 120 de salida. Los mecanismos de fijación pueden ser pernos, tornillos o bridas y se cargan en cizallamiento; es decir, el mecanismo de fijación intenta fundamentalmente deslizarse lateralmente, no separarse por tracción. Opcionalmente, puede proporcionarse un adhesivo primario estructural o sellante.

El procedimiento de unión descrito en lo que antecede, es decir, que el borde de ataque encaje sobre el panel lateral y que el panel lateral encaje sobre el borde de salida y estén alineados con el flujo de aire, minimiza ventajosamente que el viento introduzca restos y humedad en las uniones o el espacio hueco 136 de la torre. La flecha vector 975 ilustra la dirección del viento. Este procedimiento de unión también reduce la resistencia aerodinámica de la torre. El borde 110 de ataque apunta contra el viento.

Los paneles laterales experimentarán cargas en el plano, de cizallamiento y eólicas. Estas cargas secundarias pueden ser significativamente menores que las cargas de los bordes de ataque y de salida. En consecuencia, los paneles laterales pueden ser fabricados de un material secundario ligero. Esto, por supuesto, reduce el peso de la torre. Los materiales de los paneles laterales pueden incluir, sin limitación, fibra de vidrio, un núcleo de madera de balsa o espuma dentro de paneles de revestimiento de fibra de vidrio, plásticos reforzados con fibra o plástico no reforzado. También puede usarse una estructura diagonal de bastidor metálico con recubrimiento metálico. Los paneles pueden ser materiales de coste menor con respecto al material usado para los bordes de la torre. El área superficial de los paneles estará sometida a la fuerza de una dirección del viento cambiada. La presión sobre la superficie curvada abarcada por los paneles puede proporcionar el momento para devolver el borde de ataque contra la nueva dirección del viento.

El borde 110 de ataque experimentará cargas tanto de compresión como de tracción. La carga de compresión proviene del peso del rotor y la góndola. La fuerza de tracción surgirá, al menos en parte, de la acción de empuje del viento sobre las palas del rotor de la turbina. Cuando el borde de ataque es dirigido contra el viento con la turbina en operación, habrá una flexión inducida por el empuje, simultánea con la compresión proveniente del soporte del peso (la masa) del rotor de la turbina, la góndola y el alojamiento. El borde de ataque debe soportar la resultante neta de estas cargas de compresión y tensión. El borde 120 de salida experimentará compresión por la fuerza del empuje y por la carga del peso, y debe ser estable contra el pandeo. Debido a la disparidad de estas fuerzas y a que los componentes de la torre están fabricados como piezas o segmentos separados, el borde de ataque puede ser fabricado más delgado que el borde de salida (o viceversa), ahorrando con ello en costes de material y de transporte.

La porción inferior de la torre (por debajo del conjunto superior de rodamientos) ve más compresión que la porción superior de la torre debido a la carga derivada de los alambres de sujeción anclados y tensados. De nuevo, dado que los segmentos de la torre pueden ser fabricados por separado, el grosor del borde de ataque de la torre y del borde de salida puede ser mayor por debajo del conjunto superior de rodamientos.

La Figura 3 ilustra una torre 100 no según la invención. El borde 110 de ataque de la torre puede ser vertical. El borde 120 de salida está inclinado de forma lineal desde la unión 240 con el borde de ataque. Esta unión soporta la góndola o la pieza de fijación 350 para el rotor. La torre goza de una base más ancha 371 que se apoya en un aro 171 de rodamientos y cimientos 360. Con esta realización también pueden usarse alambres o varillas que se extienden desde la parte superior de la torre hasta los rodamientos inferiores y añaden resistencia lateral y rigidez.

En la Figura 3 se ilustran mecanismos 171A, 171B de rotación, es decir, rodamientos de plataforma giratoria, que hacen girar el borde de la torre 100, permitiendo la rotación de la torre dentro de la base. También se ilustra un motor 212 de guiñada para efectuar la rotación. El borde de ataque y el borde de salida están conectados por un componente horizontal 211 de bastidor. La relación del borde de ataque con respecto al viento está ilustrada por la flecha vector 975, que representa la dirección del viento. En esta realización los paneles laterales vuelven a unir los bordes de ataque y de salida. La fuerza de la dirección cambiante del viento sobre la superficie de los paneles puede proporcionar el momento para hacer girar el borde de ataque contra la nueva dirección del viento, si la torre se inclina alejándose del viento en vez de contra él, según se muestra.

En una realización alternativa, la torre puede rotar en un componente de plataforma giratoria. Este puede comprender una plancha horizontal giratoria montada sobre los cimientos. La base de la torre puede estar fijada al componente de plancha o disco.

En otra realización, se fija un rotor en la dirección del viento (no mostrado) al extremo a favor del viento de la góndola, que está montada encima de la torre. El rotor en la dirección del viento proporciona el mecanismo para hacer girar la torre en respuesta a cambios en la dirección del viento. El rotor de turbina montado en la dirección del viento contribuye a orientar el borde de ataque contra el viento. El rotor en la dirección del viento se montaría suficientemente distante del eje vertical de rotación de la torre para proporcionar fuerzas de alineamiento de guiñada. El borde de ataque puede tener un sesgo (inclinación) en la dirección del viento o estar orientado contra el viento. El borde de salida puede ser vertical o también tener un sesgo en la dirección del viento, para contribuir a la colocación de la turbina a favor del viento.

La capacidad de elegir el grosor, la forma y el radio de curvatura local de la parte del borde de salida mejora la estabilidad del borde de salida contra el pandeo, a la vez que minimiza su peso y su coste, es decir, su eficiencia estructural. De modo similar, estas características podrían variar para el borde de ataque en función de la altura para minimizar el peso y el coste. El grosor de la torre, es decir, la separación entre los paneles laterales, también podría variar con la altura si esto proporciona peso y coste menores, variando las dimensiones de anchura transversal con respecto al viento de borde a borde de las piezas de los bordes de ataque y de salida.

La Figura 4 ilustra la estructura inclinada 100 de la torre representada en la Figura 1 con la adición de los paneles laterales 135, que abarcan el espacio 136 entre el borde 110 de ataque y el borde 120 de salida. Los paneles laterales únicamente precisan soportar cantidades menores de cargas de cizallamiento y flexión. Se muestra que el eje vertical de rotación se extiende desde el pedúnculo 370 de pivote y atraviesa el centro del aro 230 a media altura

de la torre. Se extiende fuera de la estructura de la torre. Las Figuras 2A y 2B ilustran una realización de fijación de los paneles laterales a los bordes de ataque y de salida.

5 También se ilustran el aro 230 a media altura de la torre y los alambres 310 de sujeción, los puntos centrales 130, 131 de la estructura de la torre y el conjunto 220 de rodamientos. También se ilustran la unión de los bordes 240 de ataque y de salida, el componente 350 de fijación de la góndola, el pedúnculo inferior 370 de pivote y los cimientos 360.

10 La Figura 5 ilustra una realización para soportar la torre y permitir que la torre gire. Se ilustra una vista cenital en sección transversal que muestra que la torre comprende el borde 110 de ataque, los paneles laterales 135 y el borde 120 de salida. Los bordes de la torre llevan rodamientos giratorios 170A a 170D o componentes similares que están en contacto con la superficie circular 220 del conjunto de rodamientos. También se ilustran tres alambres o varillas 310A, 310B, 310C de sujeción unidos al aro 230 a media altura de la torre. También se muestra el espacio 136 entre los bordes 110, 120 de la torre. El aro a media altura de la torre rodea el conjunto superior de rodamientos y proporciona control estructural.

15 La estructura 100 de la torre también puede incluir un aro interior 221. Este aro 221 puede ser una placa plana que rodee la torre y esté unida a ella en su punto más ancho o cerca del mismo. El aro interior rota con la torre dentro del conjunto superior de rodamientos. En la Figura 5, el área entre el conjunto 220 de rodamientos y la torre 100 está rellena con una estructura planaria, posiblemente de una placa plana, o una placa con agujeros para hacerla más ligera. Los rodamientos pueden estar en algunas ubicaciones diferenciadas, según se muestra, o distribuidos de forma más amplia alrededor del perímetro interno del conjunto superior 220 de rodamientos. Los rodamientos son
20 externos a la estructura de la torre, es decir, un "conjunto de rodamientos externo". El aro interior impide que la torre se deforme en la torsión. Alternativamente, una estructura planaria mantendría la forma y lograría el mismo resultado.

25 Ha de interpretarse que esta memoria es únicamente ilustrativa y que tiene el fin de enseñar a los expertos en la técnica la manera de llevar a cabo la invención. Ha de entenderse que las formas de la invención mostradas y descritas en la presente memoria deben interpretarse como realizaciones actualmente preferidas. Como ya se ha afirmado, pueden realizarse cambios diversos en la forma, el tamaño y la disposición de los componentes, o efectuarse ajustes en las etapas del procedimiento sin apartarse del alcance de esta invención. Por ejemplo, elementos equivalentes pueden sustituir a los ilustrados y descritos en la presente memoria, y ciertas características de la invención pueden ser utilizadas independientemente del uso de otras características, siendo evidente todo ello
30 para un experto en la técnica después de haber tenido el beneficio de esta descripción de la invención.

Aunque se han ilustrado y descrito realizaciones específicas y son posibles numerosas modificaciones, el alcance de protección está limitado únicamente por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una torre giratoria (100) de turbina eólica que comprende:
un conjunto superior externo (220) de rodamientos;
5 un borde (110) de ataque y un borde (120) de salida que soportan las cargas fundamentales de tensión y compresión de la torre provenientes de la flexión inducida por el empuje de una turbina, una góndola y un rotor, teniendo el borde (120) de salida una máxima separación torcida o curvada (130) del borde (110) de ataque en proximidad al conjunto superior (220) de rodamientos y ahusada hacia el borde de ataque en proximidad a los extremos superior e inferior de la torre;
10 un espacio interior hueco (136) estructuralmente eficiente progresivamente dimensionado entre el borde (110) de ataque y el borde (120) de salida que produce cargas en buena medida constantes en el borde (110) de ataque y el borde (120) de salida, estando progresivamente dimensionado el espacio interior hueco (136) desde los extremos superior e inferior a media altura de la torre;
15 paneles laterales (135) que unen el borde (110) de ataque y el borde (120) de salida;
un eje (950) de rotación de la torre que atraviesa el centro del conjunto superior (220) de rodamientos;
20 un aro (230) a media altura de la torre que rodea al conjunto superior (220) de rodamientos; y
varios alambres, cables o varillas (310) de sujeción unidas al aro (230) a media altura de la torre y que se extienden hasta el suelo.
2. La torre giratoria de turbina eólica de la reivindicación 1 en la que tanto el borde de ataque como el borde de salida están torcidos o curvados alejándose entre sí en proximidad al conjunto superior de rodamientos.
4. La torre giratoria de turbina eólica de la reivindicación 1 que, además, comprende uno o más conjuntos adicionales de rodamientos por debajo del conjunto superior de rodamientos.
5. La torre giratoria (100) de turbina eólica de la reivindicación 1 que, además, comprende al menos un alambre o varilla tensor (310) en un primer lado y, en un segundo lado opuesto, fijado y extendiéndose desde un extremo superior de la torre hasta un extremo inferior de la torre, retenido perpendicular al plano del borde de ataque al borde de salida, que están fijados al conjunto superior (220) de rodamientos y rotan con él.
6. La torre giratoria de turbina eólica de la reivindicación 1 en la que, además, el borde de ataque tiene un primer radio y el borde de salida tiene un segundo radio, siendo un radio menor que el otro radio.
7. La torre giratoria de turbina eólica de la reivindicación 1 en la que, además, el borde de ataque y el borde de salida están fabricados de un metal, una aleación metálica o un material compuesto y los paneles laterales que soportan cargas comprenden un material compuesto sobre un núcleo, una chapa de material compuesto o una chapa no estructural sobre un bastidor.
8. Un conjunto de turbina eólica que comprende la torre giratoria (100) de turbina eólica de la reivindicación 1 y una turbina eólica (351) montada de forma fija en el extremo superior de la torre (100) de turbina eólica, teniendo la turbina eólica un rotor (402) de turbina que se extiende en la dirección del viento más allá del borde (120) de salida.
9. La torre giratoria de turbina eólica de la reivindicación 1 que comprende una bisagra, conectada en proximidad a la parte inferior de la torre, que permite hacer subir la torre hasta la vertical o hacerla bajar hasta la horizontal.
10. La torre giratoria (100) de turbina eólica de la reivindicación 1 que comprende el borde (110) de ataque se inclina hacia delante contra el viento.
11. La torre giratoria (100) de turbina eólica de la reivindicación 10 en la que la porción superior de la torre se inclina hacia delante contra el viento y aumenta con ello el espacio desde una pala (402) del rotor de la turbina eólica hasta el borde (110) de ataque.
12. La torre giratoria de turbina eólica de la reivindicación 10 en la que las cargas operativas de fatiga en la torre, los rodamientos, los cables y los cimientos se reducen al colocar la masa (351) de la turbina eólica contra el viento del eje (950) de rotación de la torre giratoria de turbina eólica.
13. La torre giratoria de turbina eólica de la reivindicación 1 en la que el borde de ataque, el borde de salida y los paneles laterales comprenden múltiples segmentos y cada segmento mantiene la misma orientación con respecto al viento, y estando fabricados los segmentos para soportar cargas de la torre específicas a la posición del segmento en la torre de turbina eólica y para tener formas aerodinámicas con respecto al viento.

14. La torre de turbina eólica de la reivindicación 13 en la que los segmentos son de materiales o construcción diferentes, con materiales de alta resistencia en las trayectorias principales de carga y materiales más ligeros o de menor coste en las trayectorias secundarias de carga.

- 5 15. La torre de turbina eólica de la reivindicación 13 en la que los segmentos del borde de ataque están formados para una entrada de baja resistencia aerodinámica en un flujo de aire; en la que, además, los paneles laterales están formados para un paso con baja resistencia aerodinámica del flujo de aire en una dimensión lateral de la torre, y los paneles del borde de salida están formados para que tengan las propiedades deseadas de liberación del flujo de aire.

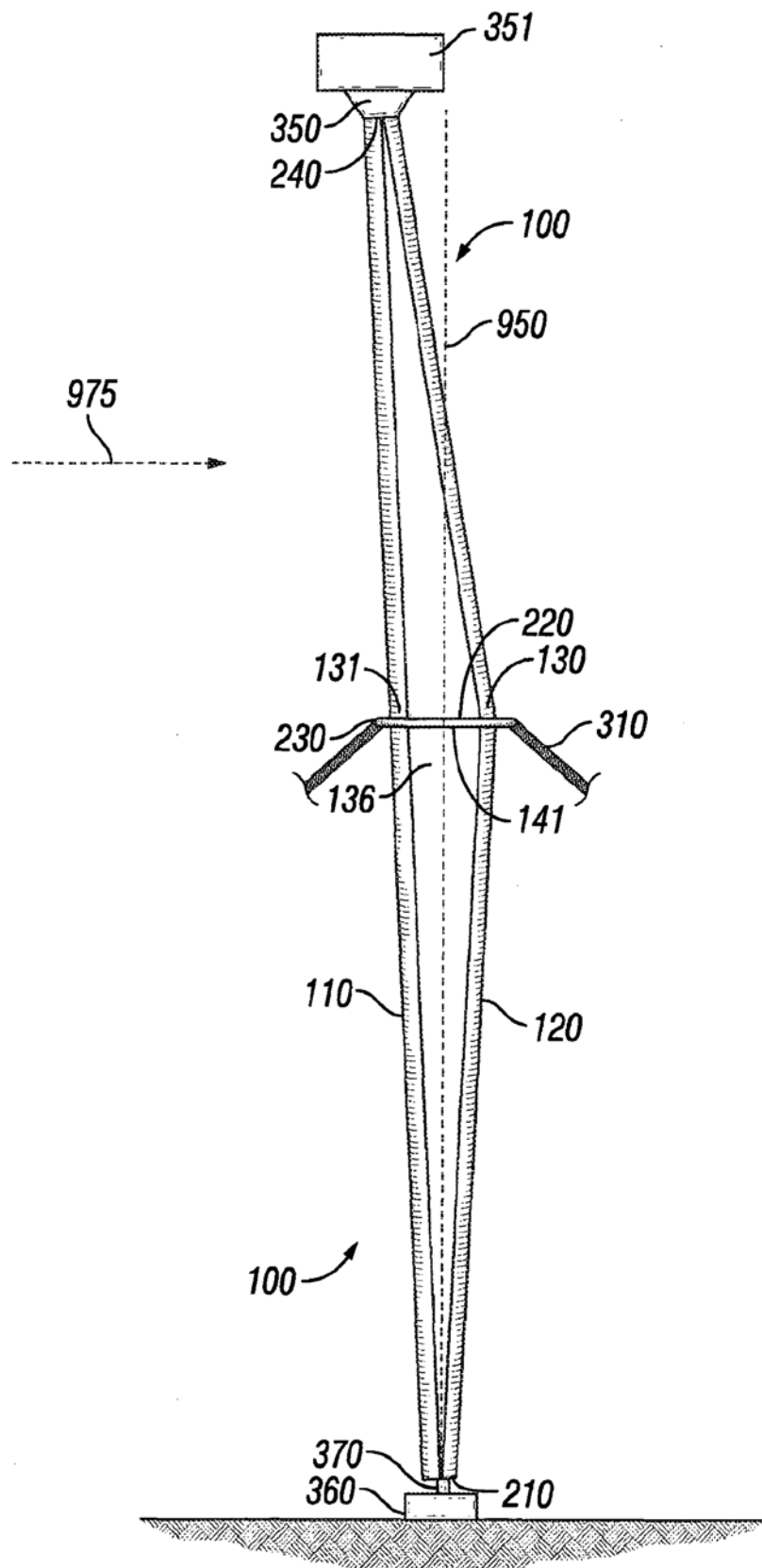


FIG. 1

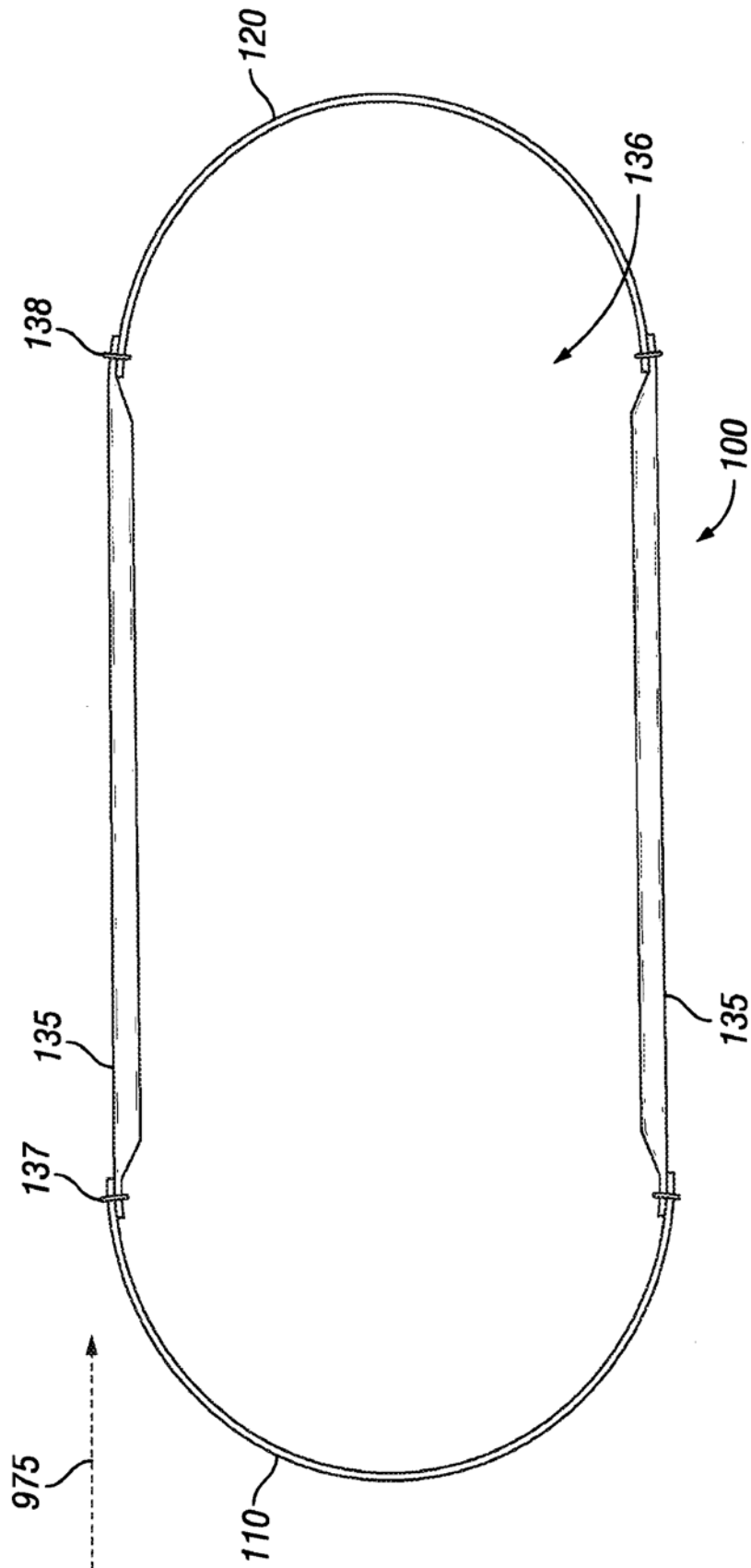


FIG. 2A

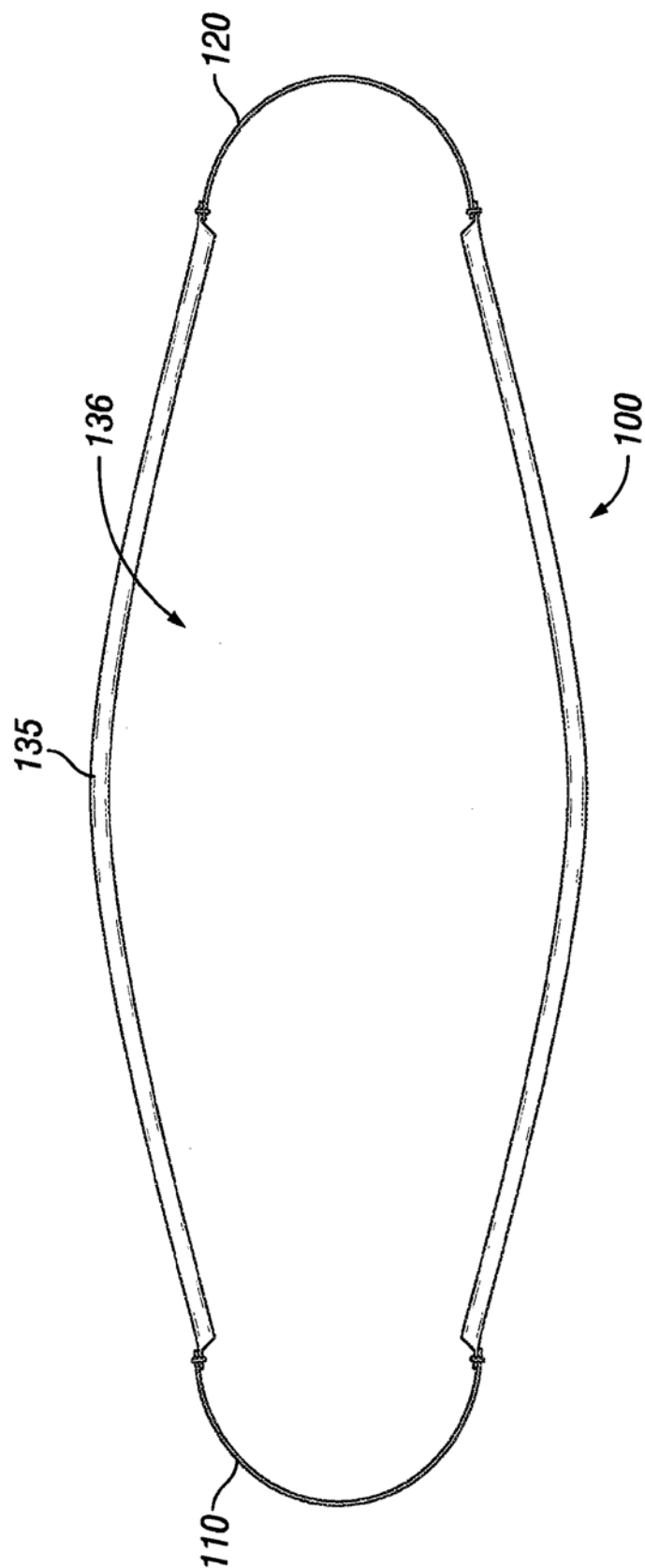


FIG. 2B

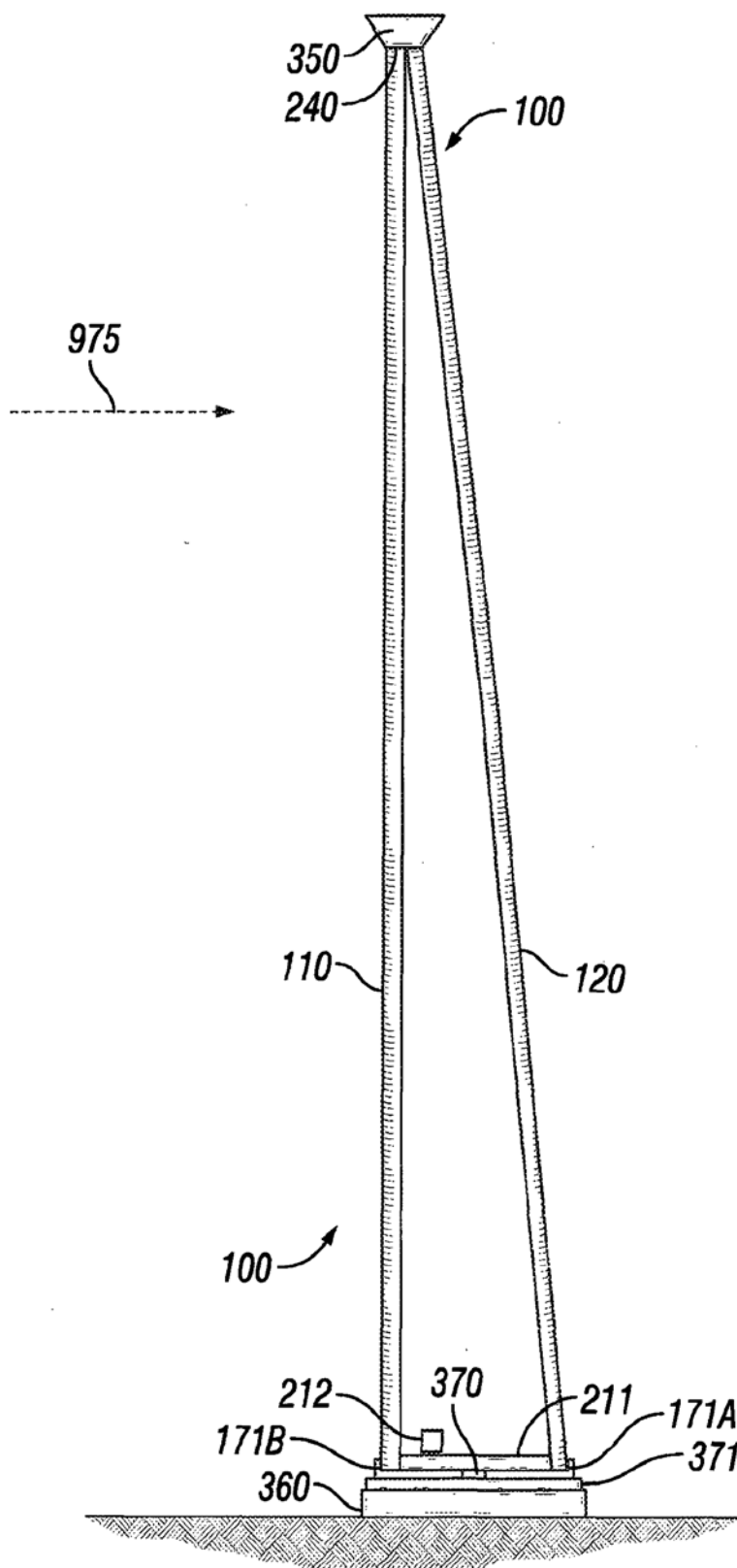


FIG. 3

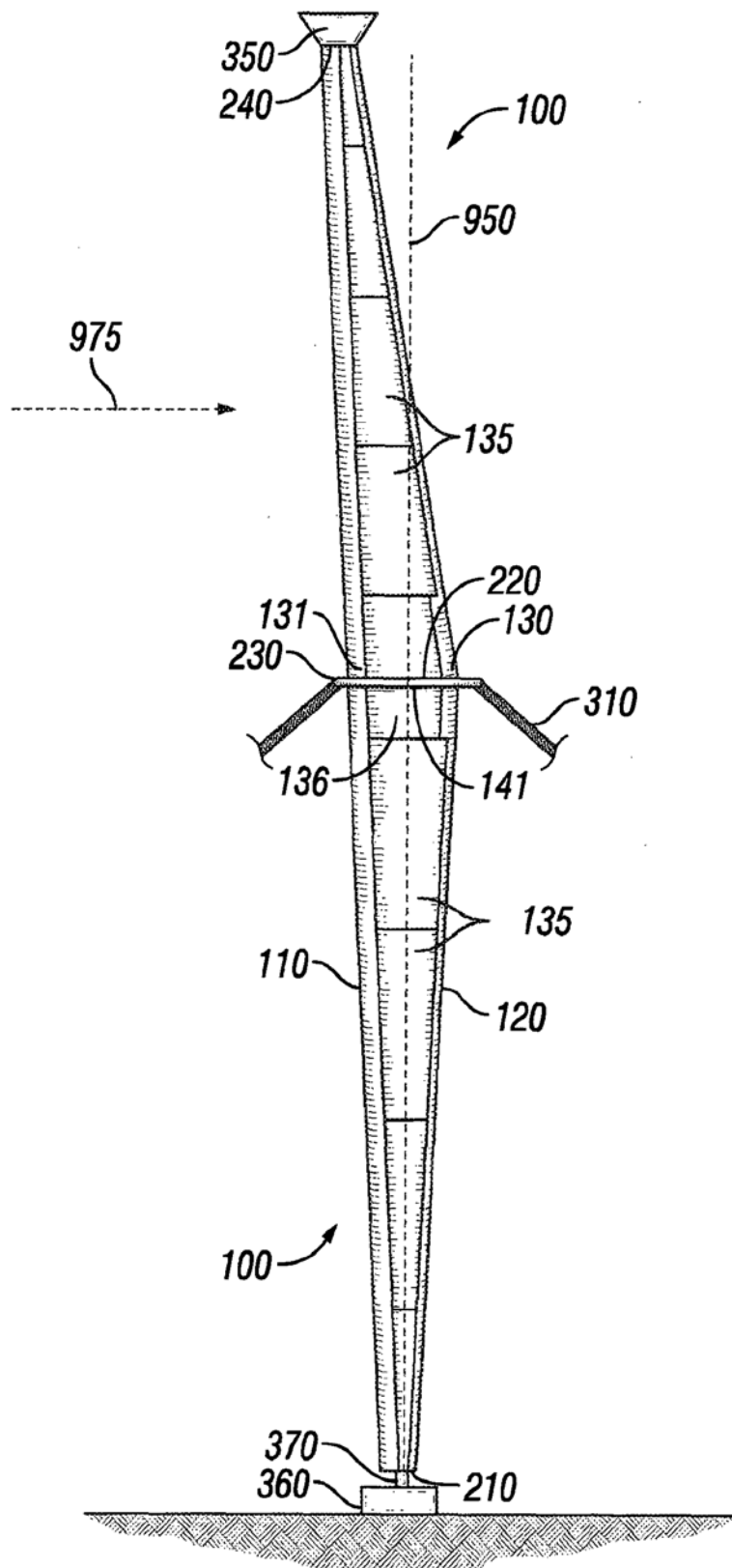


FIG. 4

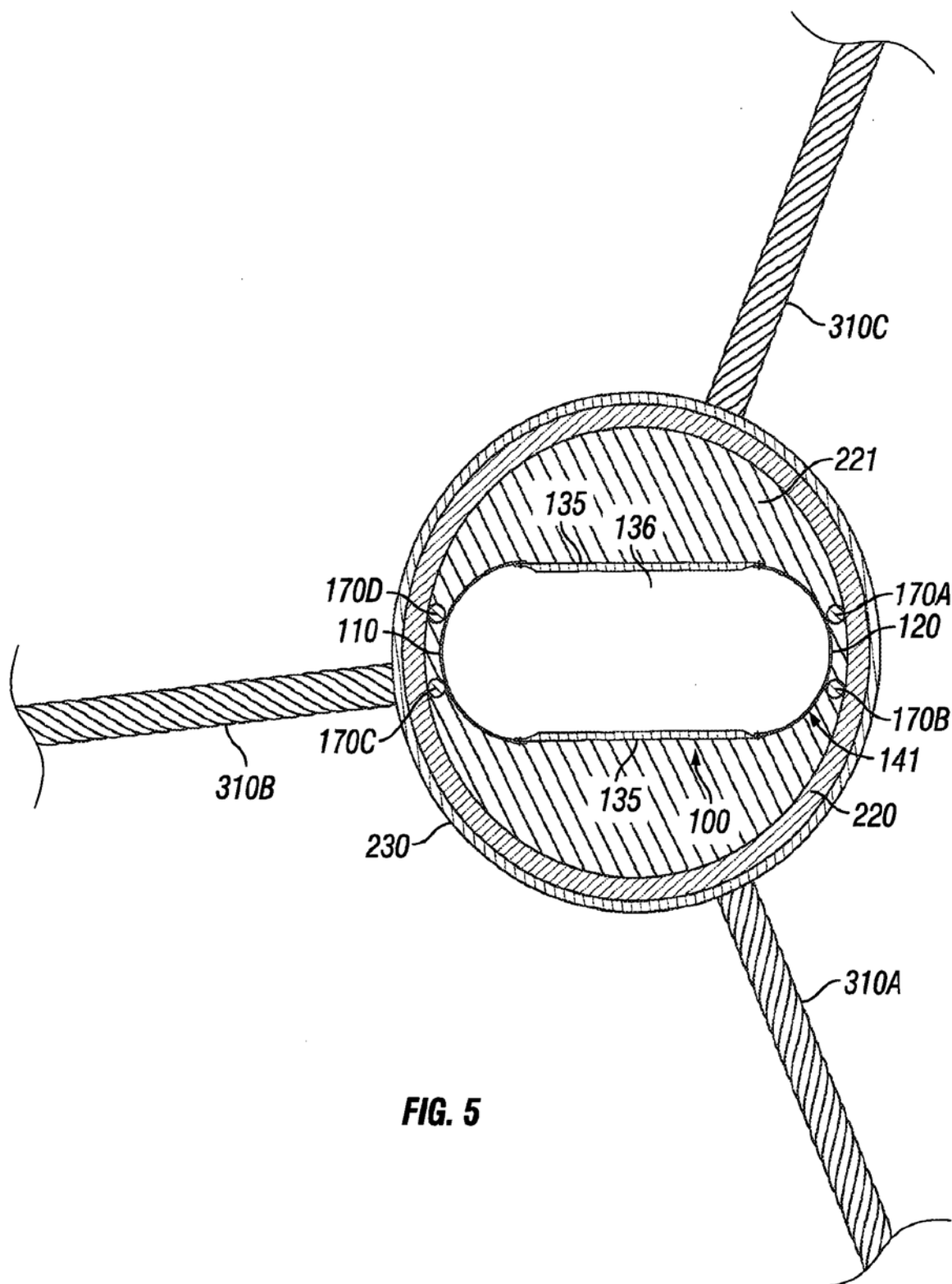


FIG. 5

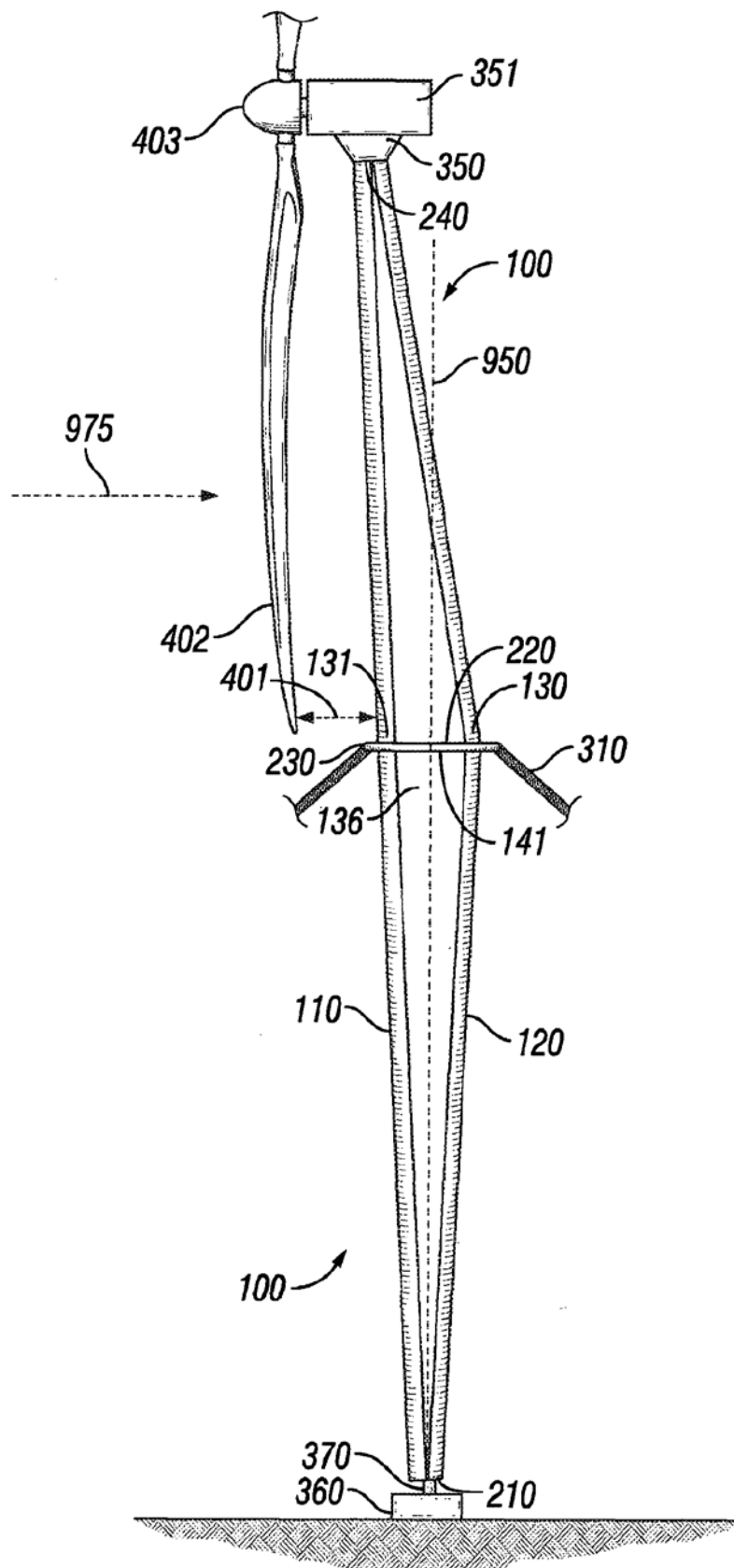


FIG. 6