

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 419**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/40** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.09.2019 PCT/US2019/050952**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2020 WO20060850**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.09.2019 E 19778743 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2024 EP 3853476**

54 Título: **Sistema y procedimiento de calentamiento para una pala de rotor de turbina eólica unida**

30 Prioridad:

**17.09.2018 US 201816132732**

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

**26.11.2024**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA,  
S.L. (100.0%)  
Calle Roc Boronat 78  
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**SCHOLTE-WASSINK, HARTMUT ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**DE ROOIJ, Mathieu Julien**

ES 2 989 419 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 de calentamiento para una pala de rotor de turbina eólica unida

5 **Solicitudes relacionadas**

[0001] Esta solicitud reivindica la prioridad del documento con n.º de serie de EE. UU.: 16/132.732, presentado el 17 de septiembre de 2018.

10 **Campo**

[0002] La presente materia objeto se refiere, en general, a palas de rotor de turbina eólica y, más en particular, a una pala unida ("jointed") con un sistema para suministrar calor al segmento de pala de punta por separado del segmento de pala de raíz.

15 **Antecedentes**

[0003] La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medioambiente disponibles actualmente, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna típicamente incluye una torre, un generador, una caja de engranajes, una góndola y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan la energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos y transmiten la energía cinética a través de energía de rotación para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una caja de engranajes, o si no se usa una caja de engranajes, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que se puede distribuir en una red de suministro.

[0004] Las palas de rotor de turbina eólica, en general, incluyen una concha de cuerpo ("body shell") formada por dos mitades de concha de un material laminado compuesto unidas entre sí a lo largo de los bordes de ataque y de salida de la pala. La estructura de soporte interna, tal como tapas de larguero y almas ("shear webs"), proporciona las propiedades estructurales a la pala (por ejemplo, rigidez, resistencia al pandeo y resistencia) necesarias para que la pala aguante los momentos de flexión y otras cargas ejercidas sobre la pala de rotor durante la operación.

[0005] En los últimos años, las turbinas eólicas para la generación de energía eólica han incrementado significativamente de tamaño para lograr mejoras en la eficacia de generación de potencia y para incrementar la cantidad de generación de potencia. Junto con el incremento de tamaño de las turbinas eólicas para la generación de energía eólica, las palas de rotor de turbina eólica también han incrementado significativamente de tamaño (por ejemplo, hasta 55 metros de longitud), dando como resultado dificultades en la fabricación íntegra como en el traslado y transporte de las palas a un emplazamiento.

[0006] A este respecto, la industria está desarrollando palas de rotor de turbina eólica seccionales en las que se fabrican segmentos de pala separados y se transportan a un emplazamiento para su ensamblaje en una pala completa (una pala "unida"). En determinadas construcciones, los segmentos de pala están unidos entre sí por una estructura de viga que se extiende a lo largo de la envergadura ("span-wise") desde un segmento de pala hasta una sección de recepción del otro segmento de pala. Se hace referencia, por ejemplo, a la publicación de patente de EE. UU. n.º 2015/0369211, que describe un primer segmento de pala con una estructura de viga que se extiende longitudinalmente que se conecta estructuralmente con una sección de recepción en un segundo segmento de pala. La estructura de viga forma una porción de la estructura de soporte interna para la pala e incluye un alma conectada con una tapa de larguero ("spar cap") de lado de succión y una tapa de larguero de lado de presión. Se usan múltiples uniones ("joints") de perno para conectar la estructura de viga con la sección de recepción en el segundo segmento de pala, incluyendo un perno a lo largo de la envergadura en la cara de extremo de la viga y al menos un perno a lo largo de la dirección de la cuerda ("chord-wise") a través de la estructura de viga que se espacia de la línea de unión entre los segmentos de pala.

[0007] De forma similar, la publicación de patente de EE. UU. n.º 2011/0091326 describe una pala unida en la que una primera porción de pala y una segunda porción de pala se extienden en direcciones opuestas desde una unión. Cada porción de pala incluye una sección de larguero que forma un miembro estructural de la pala y que discurre longitudinalmente, en la que la primera porción de pala y la segunda porción de pala están conectadas estructuralmente por un puente de larguero que une las secciones de larguero. El puente de larguero puede ser una extensión de una de las secciones de larguero que se recibe en una sección de larguero de recepción de la otra porción de pala. Esta configuración también usa un perno roscado que se extiende desde la cara de extremo del larguero para conectar y tensar el larguero en la sección de larguero de recepción.

[0008] Sin embargo, las palas de turbina eólica unidas son tan susceptibles a la formación de hielo como las palas convencionales. En determinadas combinaciones de condiciones atmosféricas, las palas de rotor se pueden cubrir con hielo. Para una turbina eólica operativa, la acumulación de hielo típicamente se produce en el borde de

ataque de la pala, dando como resultado una forma de perfil alar modificada y una capacidad de sustentación reducida. A medida que la capa de hielo se vuelve cada vez más gruesa, se añade peso al perfil alar, reduciendo además la capacidad de sustentación y el rendimiento aerodinámico de la pala de rotor. El desprendimiento de hielo (el lanzamiento de hielo a medida que las palas rotan) también puede ser una cuestión de seguridad, en particular, para las turbinas eólicas localizadas cerca de áreas residenciales. Para las turbinas eólicas que están detenidas o en marcha en vacío ("idling"), en general, se formará hielo de forma uniforme sobre toda la superficie de las palas, siendo necesario, de este modo, descongelar toda la pala antes de que la turbina eólica se pueda poner de nuevo en operación.

5  
10  
15  
20  
[0009] Son conocidos y se ponen en práctica procedimientos y dispositivos para descongelar palas de rotor de turbina eólica, que incluyen prevenir la formación de hielo en las palas de rotor cuando las condiciones atmosféricas son favorables para la formación de hielo. Por ejemplo, es conocida la instalación de cables de calentamiento resistivos u otros conductores eléctricos sobre el borde de ataque u otras superficies de la pala de rotor. La patente canadiense CA 2228145 (contraparte del documento EP 0842360 B1) describe un sistema para descongelar palas de rotor de turbina eólica en el que un medio calentado, que puede ser el aire dentro de la cavidad de pala, se canaliza hacia cavidades internas dentro de la pala. El medio calentado se dirige desde el área de raíz de pala hacia una cavidad detrás del borde de ataque de la pala, y, a continuación, se desvía en la punta de pala hacia una cavidad a lo largo del borde de salida de la pala y, de nuevo, al área de raíz. Está provisto un ventilador con elementos de calentamiento integrados en la raíz de pala para generar y mantener la circulación del medio calentado. Las cámaras o cavidades se pueden definir por nervaduras de refuerzo que discurren paralelas al eje longitudinal de la pala.

25  
[0010] La sección de punta es el área de la pala más susceptible a la formación de hielo, y se han concebido sistemas de calentamiento para mejorar los sistemas convencionales (como el descrito en la patente CA 2228145) en los que el aire más caliente no se dirige en primer lugar a la punta de la pala, sino a lo largo de toda la longitud del borde de ataque antes de alcanzar la punta de pala. Se hace referencia, por ejemplo, a la publicación de solicitud de patente de EE. UU. 2015/0056074 para diseños de sistemas mejorados que suministran adecuadamente aire caliente a la sección de punta de la pala.

30  
[0011] La publicación de solicitud de patente de EE. UU. 2017/031453618 describe un sistema de descongelación para una pala de turbina eólica que utiliza un sistema de calentamiento de aire y un sistema de calentamiento eléctrico controlado independientemente, en el que el sistema eléctrico usa un elemento de calentamiento dispuesto en el borde de ataque de la pala contiguo a la punta de pala.

35  
[0012] Sin embargo, las palas eólicas unidas usan diversas configuraciones de estructura de larguero interna en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda. Esta estructura es un impedimento para el flujo de un medio de calentamiento hacia el segmento de punta, o un elemento de calentamiento continuo (por ejemplo, una manta o red de resistencia) a través de la estructura de unión.

40  
[0013] Por lo tanto, se necesita un sistema de calentamiento mejorado para una pala unida que pueda suministrar adecuadamente calor al segmento de punta de la pala para su capacidad de descongelación.

45  
[0014] El documento US 2018 / 135 596 A122 se relaciona con turbinas eólicas y, más en particular, a un sistema para accionar palas de turbina eólica en la turbina eólica. El documento WO 2017 / 147 698 A2 describe un sistema y procedimiento para descongelar una pala de turbina eólica.

### Breve descripción

50  
[0015] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser evidentes a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

55  
60  
[0016] En un aspecto, la presente divulgación se dirige a una pala de rotor de turbina eólica unida con un sistema de calentamiento mejorado para suministrar calor de descongelación adecuado al segmento de pala de extremo de punta. La pala incluye un primer segmento de pala y un segundo segmento de pala separado. Cada uno de los primer y segundo segmentos de pala tiene un miembro de concha de lado de presión y un miembro de concha de lado de succión. Los segmentos de pala se unen entre sí en una unión a lo largo de la dirección de la cuerda que se puede localizar más cerca del extremo de punta de la pala que del extremo de raíz. Por ejemplo, la unión a lo largo de la dirección de la cuerda puede estar a aproximadamente 10 metros de la punta de pala para una pala en exceso de 50 metros de longitud a lo largo de la envergadura. La estructura de unión interna une los primer y segundo segmentos de pala a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda. Esta estructura de unión no se limita a una configuración particular, y en la técnica se enseñan y conocen diversas de dichas estructuras. Un primer sistema de calentamiento está configurado dentro del primer segmento de pala, y un segundo sistema de calentamiento está configurado dentro del segundo segmento de pala.

65  
[0017] En un modo de realización particular, el primer segmento de pala es contiguo a un extremo de raíz de pala de turbina eólica y el segundo segmento de pala es contiguo a un extremo de punta de la pala de turbina

eólica. Se debe apreciar que la invención engloba una pala de turbina eólica con múltiples segmentos de pala, en la que la unión a lo largo de la dirección de la cuerda de acuerdo con aspectos de la invención está provista entre los múltiples segmentos de pala.

5 **[0018]** Un acoplamiento desconectable está configurado entre los primer y segundo segmentos de pala en la  
 unión a lo largo de la dirección de la cuerda, en el que el acoplamiento está configurado para suministrar potencia  
 o un medio fluido desde el primer segmento de pala a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda  
 para su uso por el segundo sistema de calentamiento en el segundo segmento de pala. El tipo de acoplamiento  
 10 dependerá de los requisitos del medio fluido o de potencia. Por ejemplo, si el medio fluido es un líquido calentado,  
 diversos acoplamientos de fluido (incluyendo acoplamientos de desconexión rápida) están fácilmente disponibles  
 para conectar un conducto en el primer segmento de pala a un conducto en el segundo segmento de pala para  
 trasladar el líquido desde una fuente de calor en el primer segmento de pala a un intercambiador de calor en el  
 segundo segmento de pala, y retornar el líquido a la fuente de calor en una configuración de bucle cerrado. Los  
 15 acoplamientos son conectables y desconectables por medio de cualquier manera de configuraciones adecuadas.  
 Por ejemplo, los acoplamientos pueden incluir adaptadores roscados, adaptadores a presión, miembros de  
 enganche, etc. Los acoplamientos eléctricos pueden incluir conectores macho/hembra, conectores de clavija,  
 conectores de tableros de terminales, etc.

20 **[0019]** En un uso de ejemplo de la invención, los primer y segundo sistemas de calentamiento son controlables  
 independientemente. En el primer segmento de pala están provistos un controlador, una fuente de calor, un medio  
 motriz, etc. separados para cada uno de los primer y segundo sistemas de calentamiento. En otro modo de  
 realización, los primer y segundo sistemas de calentamiento se pueden controlar comúnmente. Por ejemplo, el  
 segundo sistema de calentamiento puede ser una extensión operativa del primer sistema de calentamiento y utilizar  
 el mismo medio calentado, medio motriz, controlador, etc.

25 **[0020]** En un determinado modo de realización, la estructura de unión interna incluye una estructura de viga o  
 miembro que se extiende a lo largo de la envergadura desde uno de los segmentos de pala hasta una sección de  
 recepción formada en el otro segmento de pala, en la que el acoplamiento está configurado con la estructura de  
 viga y la sección de recepción. Por ejemplo, el acoplamiento se puede configurar a través de una superficie externa  
 30 de la sección de recepción y una superficie externa de la estructura de viga en la unión a lo largo de la dirección  
 de la cuerda. En otro modo de realización, el acoplamiento se puede configurar a través de la sección de recepción  
 y dentro de la estructura de viga, en el que la potencia o medio fluido se traslada a través de un conducto interno  
 en la estructura de viga al segundo segmento de pala.

35 **[0021]** En todavía otro modo de realización, la estructura de unión interna puede incluir una o más paredes a lo  
 largo de la dirección de la cuerda que separen los primer y segundo segmentos de pala en la unión a lo largo de  
 la dirección de la cuerda, en la que el acoplamiento incluye uno o más conductos desconectables para la potencia  
 o medio fluido a través de las paredes a lo largo de la dirección de la cuerda.

40 **[0022]** En un modo de realización de sistemas de calentamiento particulares, el primer sistema de calentamiento  
 puede ser un sistema de calentamiento de aire caliente configurado dentro del primer segmento de pala, y el  
 segundo sistema de calentamiento puede ser un sistema de calentamiento eléctrico configurado dentro del  
 segundo segmento de pala. El acoplamiento puede ser un acoplamiento eléctrico desconectable entre una fuente  
 45 de potencia en el primer segmento de pala y un elemento de calentamiento en el segundo segmento de pala.

**[0023]** Con un modo de realización en el que el sistema de calentamiento en el segundo segmento de pala es  
 eléctrico, el "acoplamiento" también puede englobar un cable de potencia que sea suficientemente largo como  
 para extenderse desde la fuente de potencia en el primer segmento de pala, a través de la estructura de unión, y  
 conectarse a un elemento de calentamiento en el segundo segmento de pala. Por tanto, este "acoplamiento" es  
 50 desconectable (se puede desconectar de la fuente de potencia o del elemento de calentamiento) y sirve para  
 conectar la fuente de potencia en el primer segmento de pala al elemento de calentamiento en el segundo  
 segmento de pala.

**[0024]** En otro modo de realización, el primer sistema de calentamiento es un sistema de calentamiento de aire  
 55 caliente configurado dentro del primer segmento de pala, y el segundo sistema de calentamiento es un sistema de  
 calentamiento de aire caliente dentro del segundo segmento de pala. El acoplamiento puede incluir conductos  
 desconectables que suministren aire caliente a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda y en el  
 segundo segmento de pala. Este aire caliente se puede suministrar desde la misma fuente que suministra el primer  
 sistema de calentamiento, o puede ser desde una fuente especializada separada para el segundo segmento de  
 60 pala. Con este modo de realización, la estructura de junta interna puede incluir una estructura de viga que se  
 extiende a lo largo de la envergadura desde un segmento de pala (por ejemplo, el segundo segmento de pala)  
 hasta una sección de recepción formada en el otro segmento de pala (por ejemplo, el primer segmento de pala),  
 donde la estructura de viga y la sección de recepción definen un bloqueo que previene que el aire caliente se  
 traslade al segundo segmento de pala a través de la sección de recepción y la estructura de viga. El conducto  
 65 define una derivación ("bypass") alrededor del bloqueo y en el segundo segmento de pala. Por ejemplo, la  
 estructura de viga puede ser una extensión de la estructura de larguero en el segundo segmento de pala, y el

conducto puede definir una trayectoria para el aire caliente hacia una estructura de larguero dentro del segundo segmento de pala.

5 [0025] La pala de turbina eólica segmentada puede incluir además un pararrayos que puentee la unión a lo largo de la dirección de la cuerda y conecte los receptores de punta de pala a un sistema de conexión a tierra de raíz de pala, en el que el conductor incluye un acoplamiento desconectable en línea en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda.

10 [0026] La presente invención también engloba una turbina eólica que utiliza una o más de las palas de turbina eólica unidas realizadas en el presente documento.

15 [0027] Todavía además, la presente invención engloba un procedimiento para suministrar calor para la descongelación en una pala de rotor de turbina eólica unida, en el que la pala incluye un primer segmento de pala contiguo a un extremo de raíz de la pala de rotor de turbina eólica, un segundo segmento de pala contiguo a un extremo de punta de la pala de rotor de turbina eólica, y una estructura de unión interna que une los primer y segundo segmentos de pala a través de una unión a lo largo de la dirección de la cuerda que separa los primer y segundo segmentos de pala. El procedimiento incluye configurar un primer sistema de calentamiento dentro del primer segmento de pala y configurar un segundo sistema de calentamiento dentro del segundo segmento de pala. Un acoplamiento desconectable está configurado entre los primer y segundo segmentos de pala en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda. El procedimiento incluye suministrar potencia o un medio fluido desde el primer segmento de pala, a través del acoplamiento y a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda para su uso por el segundo sistema de calentamiento en el segundo segmento de pala.

20 [0028] Diversos modos de realización del procedimiento incluyen cualquier combinación de los aspectos analizados anteriormente y expuestos con mayor detalle a continuación.

25 [0029] Estos y otros rasgos característicos, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

### Breve descripción de los dibujos

35 [0030] En la memoria descriptiva se expone una divulgación completa y habilitante de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

40 la fig. 1 ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica que puede utilizar una pala de turbina eólica unida de acuerdo con la presente divulgación;

la fig. 2 ilustra una pala de rotor que tiene un primer segmento de pala y un segundo segmento de pala, y una estructura de unión que conecta los segmentos de pala;

45 la fig. 3 es una vista en perspectiva de un modo de realización de un segmento de pala con estructura de unión que incluye un miembro de viga;

la fig. 4 es una vista en perspectiva de un modo de realización de un segmento de pala con una estructura de unión que incluye una sección de recepción;

50 la fig. 5 es una vista en corte parcial de un modo de realización de una pala de turbina eólica unida con sistemas de calentamiento;

55 la fig. 6 es una vista en corte parcial de otro modo de realización de una pala de turbina eólica unida con sistemas de calentamiento;

la fig. 7 es una vista en corte parcial de todavía un modo de realización diferente de una pala de turbina eólica unida con sistemas de calentamiento;

60 la fig. 8 es una vista esquemática superior de un modo de realización de una estructura de unión y un acoplamiento de acuerdo con aspectos de la presente invención;

la fig. 9 es una vista esquemática superior de otro modo de realización de una estructura de unión y un acoplamiento; y

65 la fig. 10 es una vista esquemática superior de otro modo de realización diferente de una estructura de unión y un acoplamiento.

**Descripción detallada de la invención**

5 [0031] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, ilustrándose uno o más de sus ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, se pueden usar los rasgos característicos ilustrados o descritos como parte de un modo de realización con otro modo de realización para proporcionar todavía otro modo de realización. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones que entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10 [0032] Como se menciona, la presente materia se dirige, en general, a palas de rotor de turbina eólica unidas que tienen un sistema de calentamiento mejorado para suministrar una capacidad de descongelación adecuada al segmento de pala de extremo de punta.

15 [0033] En referencia ahora a los dibujos, la fig. 1 es una vista lateral de una turbina eólica 10 de ejemplo que puede usar palas de rotor de turbina eólica unida de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. En este modo de realización, la turbina eólica 10 es una turbina eólica de eje horizontal. De forma alternativa, la turbina eólica 10 puede ser una turbina eólica de eje vertical. En el presente modo de realización, la turbina eólica 20 incluye una torre 12 que se extiende desde una superficie de soporte 14, una góndola 16 montada en la torre 12, un generador 18 situado dentro de la góndola 16, una caja de engranajes 20 acoplada al generador 18 y un rotor 22 que está acoplado de forma rotatoria a la caja de engranajes 20 con un eje de rotor 24. El rotor 22 incluye un buje 26 rotatorio y al menos una pala de rotor 28 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje 26 rotatorio. Como se muestra, la pala de rotor 28 incluye una punta de pala 17 hasta una raíz de pala 19.

25 [0034] En referencia a las figs. 2 y 3, se representa una pala de rotor unida 28 que tiene un primer segmento de pala 32 y un segundo segmento de pala 30 de acuerdo con aspectos de la presente tecnología. Como se menciona, la pala de rotor unida 28 puede incluir más de dos segmentos de pala. El primer segmento de pala 32 y el segundo segmento de pala 30 se extienden en direcciones opuestas desde una línea de unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34. Cada uno de los segmentos de pala 30, 32 incluye un miembro de concha de lado de presión 31 y un miembro de concha de lado de succión 33. El primer segmento de pala 32 y el segundo segmento de pala 30 están conectados por una estructura de soporte interna 36 que se extiende en ambos segmentos de pala 30, 32 para facilitar la unión de los segmentos de pala 30, 32. La flecha 38 muestra que la pala de rotor 28 segmentada en el ejemplo ilustrado incluye dos segmentos de pala 30, 32 y que estos segmentos de pala 30, 32 se unen insertando la estructura de soporte interna 36 en el primer segmento de pala 32.

30 [0035] En el modo de realización representado, el segundo segmento de pala 30 es un segmento de pala de extremo de punta, y el primer segmento de pala 32 es un segmento de pala de extremo de raíz. Está provista una estructura de unión entre los segmentos de pala 30, 32. La invención no se limita a ningún tipo particular de estructura de unión. En un modo de realización particular representado en las figuras, el segundo segmento de pala 30 incluye una estructura de viga 40 que forma una porción de la estructura de soporte interna 36 y se extiende longitudinalmente (por ejemplo, a lo largo de la envergadura) para conectarse estructuralmente con la estructura de soporte interna 36 en el primer segmento de pala 32. La estructura de viga 40 se puede formar íntegramente con el segundo segmento de pala 30 como una extensión que sobresalga de una sección de larguero 42, formando, de este modo, una sección de larguero extendida. La estructura de viga 40 incluye al menos un alma de interconexión 44 (por ejemplo, un alma) conectada con una tapa de larguero de lado de succión 46 y una tapa de larguero de lado de presión 48. En los modos de realización ilustrados, la estructura de viga 40 está formada como una estructura tipo caja que tiene almas de interconexión 44 opuestas.

40 [0036] El segundo segmento de pala 30 puede incluir una o más primeras uniones de perno (también denominadas "pasadores") hacia un primer extremo 54 de la estructura de viga 40. Por ejemplo, un perno 52 se puede localizar en el extremo 54 de la estructura de viga 40 y orientar en una dirección a lo largo de la envergadura. El segundo segmento de pala 30 también puede incluir una ranura de unión de perno 50 orientada en una dirección a lo largo de la dirección de la cuerda y localizada en la estructura de viga 40 a una distancia E de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34 y una distancia D al extremo 54 de la estructura de viga 40. Puede haber un casquillo dentro de la ranura de unión de perno 50 dispuesto en un ajuste de interferencia estrecho con un pasador o tubo de perno 53 usado para conectar el segundo segmento de pala 30 al primer segmento de pala 32. Se debe apreciar que cualquier combinación de tubos de perno 52, 53 y ranuras de perno 50 se puede configurar entre la estructura de viga 40 y una sección de recepción 60 (fig. 4) con el propósito de interconectar los primer 32 y segundo 30 segmentos de pala.

50 [0037] En la fig. 4, la estructura de soporte interna 36 incluye una sección de recepción 60 que se extiende longitudinalmente (a lo largo de la envergadura) dentro del primer segmento de pala 32 para recibir la estructura de viga 40 del segundo segmento de pala 30. La sección de recepción 60 incluye múltiples componentes de estructura de larguero 66 que se extienden longitudinalmente para conectarse con la estructura de viga 40 del segundo segmento de pala 30 a lo largo de una longitud de la sección de recepción 60. Aunque no se representa

en la fig. 4, se entiende fácilmente que la sección de recepción 60 incluye cualquier combinación de ranuras de perno 50 o pernos 52, 53 para interconectarse con los correspondientes pernos o ranuras de la estructura de viga 40. Por ejemplo, una ranura de perno está configurada en un extremo distal (lejos de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34) de la sección de recepción 60 para recibir el perno 52 provisto en el extremo 54 de la estructura de viga 40.

**[0038]** Se debe apreciar que la estructura de unión interna es solo con propósitos explicativos, y que la estructura de unión interna 36 se puede invertir de modo que la estructura de viga 40 esté configurada con el primer segmento de pala 32 y la sección de recepción 60 esté configurada con el segundo segmento de pala 30.

**[0039]** En referencia a la fig. 5, se muestra una pala de turbina eólica unida 28 con un primer sistema de calentamiento 100 que está configurado dentro del primer segmento de pala 32, y un segundo sistema de calentamiento 102 que está configurado dentro del segundo segmento de pala 30. La pala 28 incluye un borde de ataque 74 y un borde de salida 76, así como una porción de raíz 19 y una porción de punta 17. La pala 28 se extiende en una dirección longitudinal a lo largo de la envergadura y, como es bien conocido en la técnica, los miembros de concha 31, 33 superiores (fig. 4) están unidos entre sí en el borde de ataque 74 y en el borde de salida 76. La pala 28 incluye una cavidad interna en la que se configuran diversos miembros estructurales, tales como tapas de larguero 46, 48 (fig. 3) y almas. La construcción y función de los componentes estructurales internos de la pala 28 son bien conocidas para los expertos en la técnica y no se necesitan describir en detalle en el presente documento para un entendimiento y apreciación de la presente invención.

**[0040]** En el modo de realización representado de la fig. 5, el primer sistema de calentamiento 100 es un sistema de calentamiento de aire caliente e incluye cualquier manera de miembros estructurales 70, tales como almas 78, 80, paredes, conductos, deflectores, humectadores, etc., dispuestos dentro del volumen interno de la pala de rotor 28. Las almas 78, 80 pueden corresponder a las almas ("shear web"). En este modo de realización, estos miembros definen un canal de circulación intermedio que es común a un bucle de circulación de fluido de borde de ataque y un bucle de circulación de fluido de borde de salida separado, como se indica por las flechas de flujo en la figura. En un modo de realización alternativo, se podría establecer una única y continua trayectoria de flujo en la que los flujos de borde de ataque y de salida estén en serie (uno tras otro) dentro del único bucle.

**[0041]** El primer sistema de calentamiento 100 está dispuesto dentro del volumen interno de la pala de rotor 28 y está configurado con los miembros estructurales 70 para dirigir un medio fluido calentado (por ejemplo, aire) simultáneamente a través de los bucles de circulación de fluido de borde de ataque y de borde de salida. Este sistema 100 puede incluir cualquier combinación de componentes de gestión de aire, tales como uno o más ventiladores, elementos de calentador, humectadores, conductos y similares. En los modos de realización representados en las diversas figuras, el primer sistema de calentamiento 100 incluye un ventilador-calentador 82, que se pretende que englobe cualquier configuración de un ventilador y elementos de calentamiento. Por ejemplo, el ventilador-calentador 66 puede incluir un ventilador, uno o más difusores/conductos y un elemento de calentamiento dentro de la misma carcasa o carcasas separadas. Los elementos de calentamiento pueden ser elementos resistivos y cualquier otro elemento o sistema de calentamiento adecuado.

**[0042]** Se debe apreciar que el primer sistema de calentamiento 100 no está limitado a una única dirección de flujo a través de los bucles de circulación de borde de ataque y de salida. Por ejemplo, en el modo de realización de la fig. 5, el ventilador-calentador 82 está dispuesto para dirigir una corriente de aire de salida calentada a lo largo del canal de circulación intermedio a un área contigua a las paredes u otra estructura en la unión de pala 34. Desde allí, la corriente de aire de salida se dirige a corrientes de aire de retorno separadas o tramos de los respectivos bucles de circulación que fluyen a lo largo de los canales de borde de ataque 74 y de borde de salida 76 y, de nuevo, a la raíz de pala 19, estableciendo, de este modo, los bucles de trayectoria de flujo en contrarrotación representados en la figura.

**[0043]** Todavía en referencia al modo de realización de la fig. 5, el segundo sistema de calentamiento 102 es un sistema eléctrico que incluye un elemento de calentamiento 122 resistivo, tal como una almohadilla ("pad") o manta de calentamiento, dispuesto dentro del volumen interno del segundo segmento de pala 30 a lo largo del borde de ataque 74. Se suministra potencia al elemento de calentamiento 122 desde una fuente de potencia 120 eléctrica localizada en la raíz de pala 19. La fuente de potencia 120 puede incluir un controlador para controlar el segundo sistema de calentamiento 102 separado del primer sistema de calentamiento 100. Un conducto o línea de suministro 114 suministra potencia desde la fuente 120 a la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34.

**[0044]** Un acoplamiento 104 desconectable está configurado entre los primer y segundo segmentos de pala 32, 30 en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34, en el que el acoplamiento 104 está configurado para suministrar la potencia eléctrica (o un medio fluido en otros modos de realización) desde el primer segmento de pala 32 a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34 para su uso por el segundo sistema de calentamiento 102 en el segundo segmento de pala 30. En el modo de realización de la fig. 5, el acoplamiento 104 está provisto específicamente como un acoplamiento eléctrico entre la línea de suministro 114 y el elemento de calentamiento 122. Son bien conocidos diversos tipos de acoplamientos eléctricos y se pueden usar en el presente sistema, tales como conectores macho/hembra, conectores de clavija, conectores de tableros de terminales, etc.

Los componentes del acoplamiento 104 se pueden alojar en respectivas cajas de conexiones 106 configuradas en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34 que soportan y protegen estructuralmente el acoplamiento 104.

5 [0045] De forma alternativa, la línea o conducto de suministro de potencia 114 se puede configurar como un cable de potencia que sea suficientemente largo como para extenderse desde la fuente de potencia 120 en el primer segmento de pala 32, a través de la estructura de unión y la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34, y conectarse al elemento de calentamiento 122 en el segundo segmento de pala 30.

10 [0046] Se debe apreciar que el tipo de acoplamiento 104 dependerá de los requisitos del medio fluido o de potencia del segundo sistema de calentamiento 102. El acoplamiento 104 es preferentemente desconectable con mínimos requisitos de herramientas y se puede desconectar manualmente. Por ejemplo, el acoplamiento 104 puede ser un acoplamiento 104 de desconexión rápida manualmente liberable.

15 [0047] La fig. 5 también representa que la pala unida 28 puede incluir un pararrayos 150 que se conecte con una pluralidad de receptores de rayos 152 dispuestos a lo largo de la envergadura a lo largo de los segmentos de pala 32, 30 e integrados o de otro modo incorporados en los componentes de concha. El conductor 150 está conectado a un sistema de conexión a tierra de raíz de pala 154 que conecta a tierra los receptores 152, como es bien conocido para los expertos en la técnica y no requiere una explicación detallada en el presente documento. Un acoplamiento 156 desconectable está configurado en línea con el conductor 159 en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34. Este acoplamiento 156 puede ser cualquier manera de acoplamiento de desconexión rápida convencional diseñado específicamente para líneas de conducción eléctrica.

20 [0048] La fig. 6 representa un modo de realización en el que el segundo sistema de calentamiento 102 está configurado como un sistema de líquido calentado en el que un líquido calentado se traslada desde una fuente de calor 120 en la raíz 19 a través de un conducto de suministro 114 al acoplamiento de líquido 104 en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34. El acoplamiento de líquido 104 se conecta con una manta o almohadilla de intercambiador de calor 132 dispuesta dentro del segundo segmento de pala 30 a lo largo del borde de ataque 74. Después de pasar a través de la manta de intercambiador de calor 132, el líquido enfriado se traslada a través del acoplamiento 104 a un conducto de retorno 115 en el primer segmento de pala 32 en un sistema de bucle cerrado. El acoplamiento de líquido 104 incluye componentes de acoplamiento separados para los conductos de suministro 114 y de retorno 115, y pueden ser adaptadores roscados, adaptadores a presión, miembros de enganche, etc.

25 [0049] La fig. 7 representa un modo de realización en el que el primer sistema de calentamiento 100 es un sistema de calentamiento de aire caliente configurado dentro del primer segmento de pala 32, y el segundo sistema de calentamiento 102 es un sistema de calentamiento de aire caliente dentro del segundo segmento de pala 30. El acoplamiento 104 puede incluir conductos desconectables que suministren aire caliente a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34 y en un conducto, deflector u otra estructura direccional en el segundo segmento de pala 30. Este aire caliente se puede suministrar desde una fuente especializada 134 separada y un conducto o canal de suministro 124 para el segundo segmento de pala 30. De forma alternativa, el segundo sistema de calentamiento 102 puede ser una extensión operativa del primer sistema de calentamiento 100 y utilizar el mismo medio calentado, medio motriz, controlador, etc. Por ejemplo, el acoplamiento 104 se puede configurar en el extremo del canal central desde la misma fuente 82 que suministra el primer sistema de calentamiento 100.

30 [0050] En referencia a la fig. 8, en un determinado modo de realización, la estructura de unión interna 36 incluye una estructura o miembro de viga 40 que se extiende a lo largo de la envergadura desde uno de los segmentos de pala (en este caso, el segundo segmento de pala 30) hasta una sección de recepción 60 formada en el otro segmento de pala (en este caso, el primer segmento de pala 32), en la que el acoplamiento 104 está configurado con la estructura de viga 40 y la sección de recepción 60. La estructura de unión 36 (en particular, el extremo 54 de la viga 40 y la pared 63 que delimita la sección de recepción 60) define esencialmente un bloqueo 128 que previene que un medio calentado, tal como aire caliente, se traslade directamente al segundo segmento de pala 30 a través de la sección de recepción 60 y la estructura de viga 40. El acoplamiento 104 define una derivación 126 alrededor del bloqueo 128. Por ejemplo, en la fig. 8, el acoplamiento 104 se puede configurar a través de una superficie externa 108 de la sección de recepción 60 y una superficie externa 110 de la estructura de viga 40 en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34 para interconectar la línea o conducto de suministro 114 en el primer segmento de pala 32 con el conducto o línea 144 en el segundo segmento de pala 30 que suministra el segundo sistema de calentamiento.

35 [0051] La fig. 9 representa un modo de realización en el que el acoplamiento 104 está configurado a través de la pared externa 108 de la sección de recepción 60 y en un interior de la estructura de viga 40. El acoplamiento 104 incluye componentes coincidentes en una pared interior 111 de la estructura de viga 40, en donde la potencia o medio fluido se traslada a través de un conducto interno 112 en la estructura de viga 40 al segundo segmento de pala 30. En este modo de realización, la estructura de viga 40 puede ser una extensión de la estructura de larguero 66 que discurre a lo largo de la envergadura a través del segundo segmento de pala 30. De nuevo, esta configuración define una derivación 126 alrededor del bloqueo 128.

5 [0052] La fig. 10 representa un modo de realización en el que la estructura de unión interna 36 incluye una o más paredes a lo largo de la dirección de la cuerda 116 que separan los primer 32 y segundo 30 segmentos de pala en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34. El acoplamiento 104 incluye uno o más conductos 118 desconectables para la potencia o medio fluido desde el suministro 114 en el primer segmento de pala 30, a través de las paredes a lo largo de la dirección de la cuerda 116, y hasta la línea o conducto de suministro 144 en el segundo segmento de pala 30.

10 [0053] Se debe apreciar que la presente invención también engloba una turbina eólica 10 (fig. 1) que utiliza una o más de las palas de turbina eólica unidas 28 realizadas en el presente documento.

15 [0054] También se entiende que la presente invención engloba un procedimiento para suministrar calor para la descongelación en una pala de rotor de turbina eólica unida 28, en el que la pala 28 incluye un primer segmento de pala 32 contiguo a un extremo de raíz 19 de la pala de rotor de turbina eólica, un segundo segmento de pala 30 contiguo a un extremo de punta 17 de la pala de rotor de turbina eólica, y una estructura de unión interna 36 que une los primer 32 y segundo 30 segmentos de pala a través de una unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34 que separa los primer y segundo segmentos de pala. El procedimiento incluye configurar un primer sistema de calentamiento 100 dentro del primer segmento de pala 32, y configurar un segundo sistema de calentamiento 102 dentro del segundo segmento de pala 30. Un acoplamiento 104 desconectable está configurado entre los primer 32 y segundo 30 segmentos de pala en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34. El procedimiento incluye suministrar potencia o un medio fluido desde una fuente 120 en el primer segmento de pala 32, a través del acoplamiento 104, y a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda 34 para su uso por el segundo sistema de calentamiento 102 en el segundo segmento de pala 30.

20 [0055] Diversos aspectos analizados anteriormente con respecto a las figs. de 5 a 10 soportan modos de realización del procedimiento adicionales.

25 [0056] Esta descripción por escrito usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una pala de rotor de turbina eólica unida (28), que comprende:
- 5 un primer segmento de pala (32);  
un segundo segmento de pala (30);  
comprendiendo cada uno de los primer y segundo segmentos de pala un miembro de concha de lado de presión (31) y un miembro de concha de lado de succión (33);  
10 una unión a lo largo de la dirección de la cuerda (34) que separa los primer y segundo segmentos de pala;  
15 estructura de unión interna (36) que une los primer y segundo segmentos de pala a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda;  
un primer sistema de calentamiento (100) configurado dentro del primer segmento de pala;  
20 un segundo sistema de calentamiento (102) configurado dentro del segundo segmento de pala; y  
en la que el primer (100) y segundo sistema de calentamiento (102) son controlables independientemente y está provisto un controlador, una fuente de calor, un medio motriz separados en el primer segmento de pala para cada uno del primer (100) y segundo sistema de calentamiento (102);  
25 y  
un acoplamiento (104) desconectable configurado entre los primer y segundo segmentos de pala en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda, el acoplamiento configurado para suministrar potencia o un medio fluido desde el primer segmento de pala a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda para su uso por el segundo sistema de calentamiento en el segundo segmento de pala.  
30
2. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de la reivindicación 1, en la que el primer segmento de pala (32) es contiguo a un extremo de raíz (19) de la pala de rotor de turbina eólica, y el segundo segmento de pala (30) es contiguo a un extremo de punta (17) de la pala de rotor de turbina eólica.  
35
3. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de la reivindicación 1 o 2, en la que los primer (100) y segundo (102) sistemas de calentamiento son controlables independientemente o son controlables comúnmente.
4. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, en la que la estructura de unión interna (36) comprende una estructura de viga (40) que se extiende a lo largo de la envergadura desde uno de los primer (32) o segundo (30) segmentos de pala en una sección de recepción (60) formada en el otro del segundo o primer segmento de pala, el acoplamiento (104) configurado a través de una superficie externa (108) de la sección de recepción y una superficie externa (110) de la estructura de viga en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda (34).  
45
5. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, en la que la estructura de unión interna (36) comprende una estructura de viga (40) que se extiende a lo largo de la envergadura desde uno de los primer (32) o segundo (30) segmentos de pala en una sección de recepción (60) formada en el otro del segundo o primer segmento de pala, el acoplamiento (104) configurado a través de la sección de recepción y en la estructura de viga, en la que la potencia o medio fluido se traslada a través de un conducto interno (112) en la estructura de viga.  
50
6. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 5, en la que la estructura de unión interna (36) comprende una o más paredes a lo largo de la dirección de la cuerda (116) que separan los primer (32) y segundo (30) segmentos de pala en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda (34), comprendiendo el acoplamiento (104) uno o más conductos (118) desconectables para la potencia o medio fluido a través de las paredes a lo largo de la dirección de la cuerda.  
55
7. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6, en la que el primer sistema de calentamiento (100) comprende un sistema de calentamiento de aire caliente configurado dentro del primer segmento de pala (32), y el segundo sistema de calentamiento (102) comprende un sistema de calentamiento eléctrico configurado dentro del segundo segmento de pala (30), comprendiendo el acoplamiento (104) un acoplamiento eléctrico desconectable entre una fuente de potencia (120) en el primer segmento de pala y un elemento de calentamiento (122) en el segundo segmento de pala.  
60  
65

8. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de la reivindicación 7, en la que la estructura de unión interna (36) comprende una estructura de viga (40) que se extiende a lo largo de la envergadura desde el segundo segmento de pala (30) hasta una sección de recepción (60) formada en el primer segmento de pala (32), definiendo la estructura de viga un bloqueo (128) para el aire caliente trasladado a través de la sección de recepción evitando que entre en el segundo segmento de pala, definiendo el conducto (128) una derivación (126) alrededor del bloqueo y en el segundo segmento de pala.
9. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 6, en la que el primer sistema de calentamiento (100) comprende un sistema de calentamiento de aire caliente configurado dentro del primer segmento de pala (32), y el segundo sistema de calentamiento (102) comprende un sistema de calentamiento de aire caliente dentro del segundo segmento de pala (30), comprendiendo el acoplamiento (104) conductos (124) desconectables que suministran aire caliente a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda (34) y en el segundo segmento de pala.
10. La pala de rotor de turbina eólica unida (28) de una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 9, que comprende además un pararrayos (150) que puentea la unión a lo largo de la dirección de la cuerda (34) y conecta receptores de punta de pala (152) a un sistema de conexión a tierra de raíz de pala (154), comprendiendo el pararrayos un conector (156) desconectable en línea en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda.
11. Una turbina eólica (10), que comprende una o más de las palas de turbina eólica unidas (28) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 10.
12. Un procedimiento para suministrar calor para la descongelación en una pala de rotor de turbina eólica unida (28), en el que la pala incluye un primer segmento de pala (32) contiguo a un extremo de raíz (19) de la pala de rotor de turbina eólica, un segundo segmento de pala (30) contiguo a un extremo de punta (17) de la pala de rotor de turbina eólica, y una estructura de unión interna (36) que une los primer y segundo segmentos de pala a través de una unión a lo largo de la dirección de la cuerda (34) que separa los primer y segundo segmentos de pala, comprendiendo el procedimiento:
- configurar un primer sistema de calentamiento (100) dentro del primer segmento de pala (32);
- configurar un segundo sistema de calentamiento (102) dentro del segundo segmento de pala (30);
- en los que el primer (100) y segundo sistema de calentamiento (102) son controlables independientemente y está provisto un controlador, una fuente de calor, un medio motriz separados en el primer segmento de pala para cada uno del primer (100) y segundo sistema de calentamiento (102); y
- configurar un acoplamiento (104) desconectable entre los primer y segundo segmentos de pala en la unión a lo largo de la dirección de la cuerda; y
- suministrar potencia o un medio fluido desde el primer segmento de pala, a través del acoplamiento, y a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda para su uso por el segundo sistema de calentamiento en el segundo segmento de pala.
13. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que la estructura de unión interna (36) incluye una estructura de viga (40) que se extiende a lo largo de la envergadura desde el segundo segmento de pala (30) hasta una sección de recepción (60) formada en el primer segmento de pala (32), comprendiendo el procedimiento configurar el acoplamiento con la sección de recepción y la estructura de viga, y trasladar la potencia o medio fluido a través de la unión a lo largo de la dirección de la cuerda (34) y en el segundo segmento de pala a través de un conducto interno (112) en la estructura de viga.

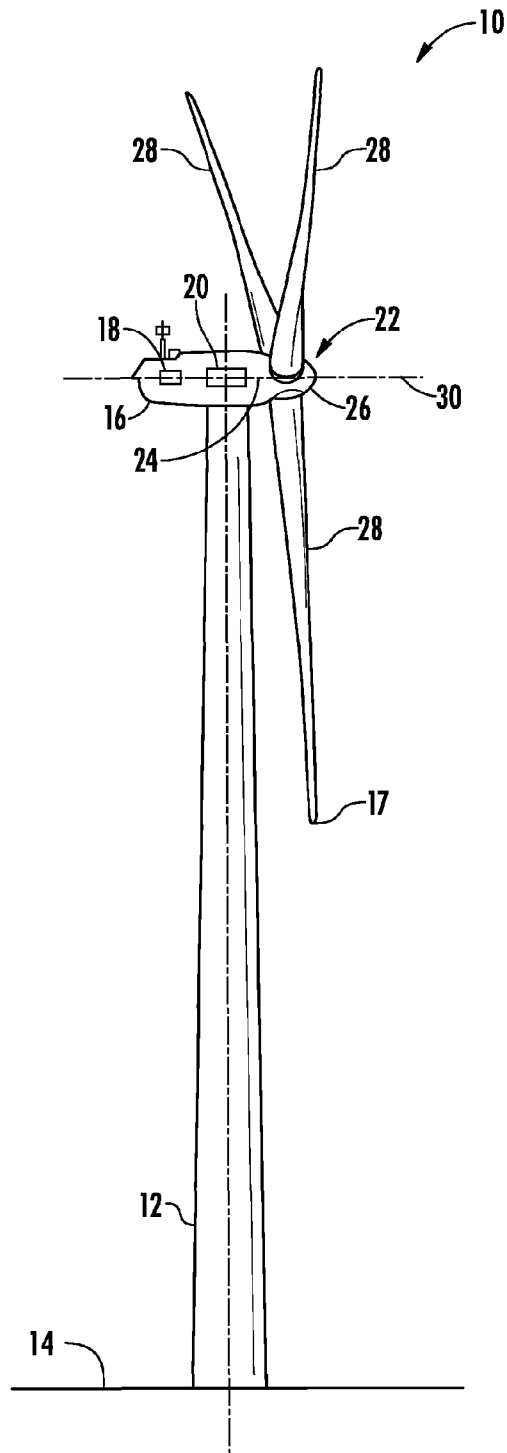
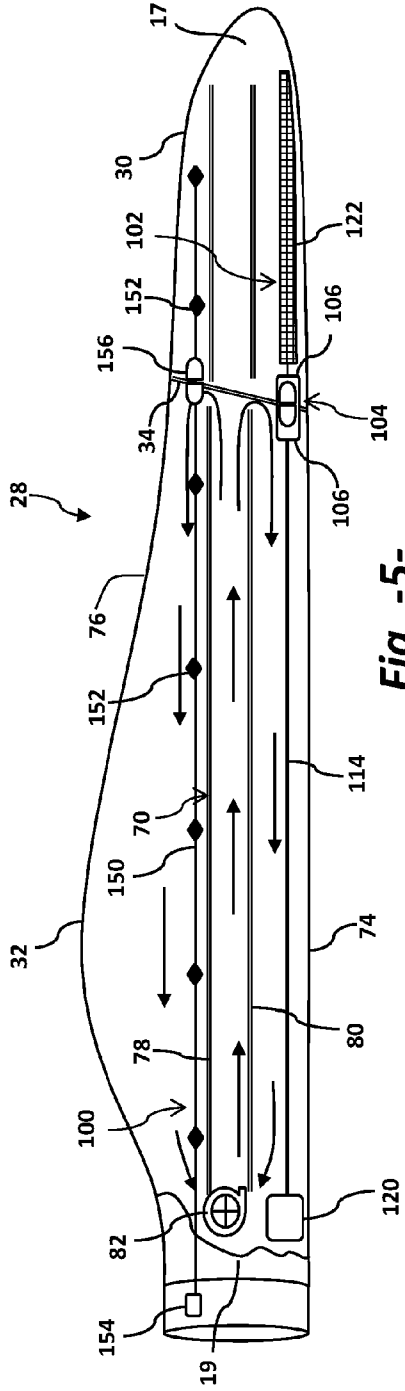
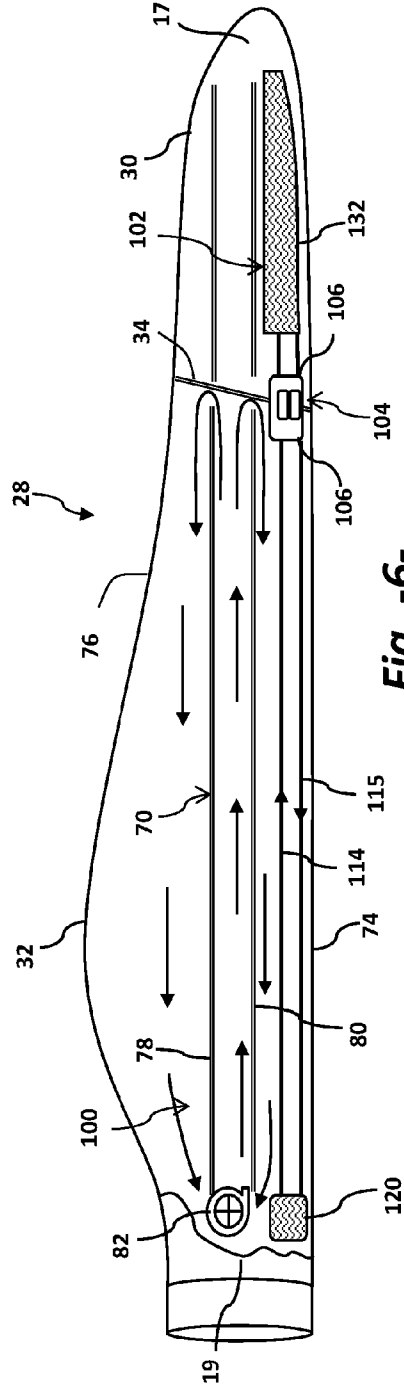


FIG. 1

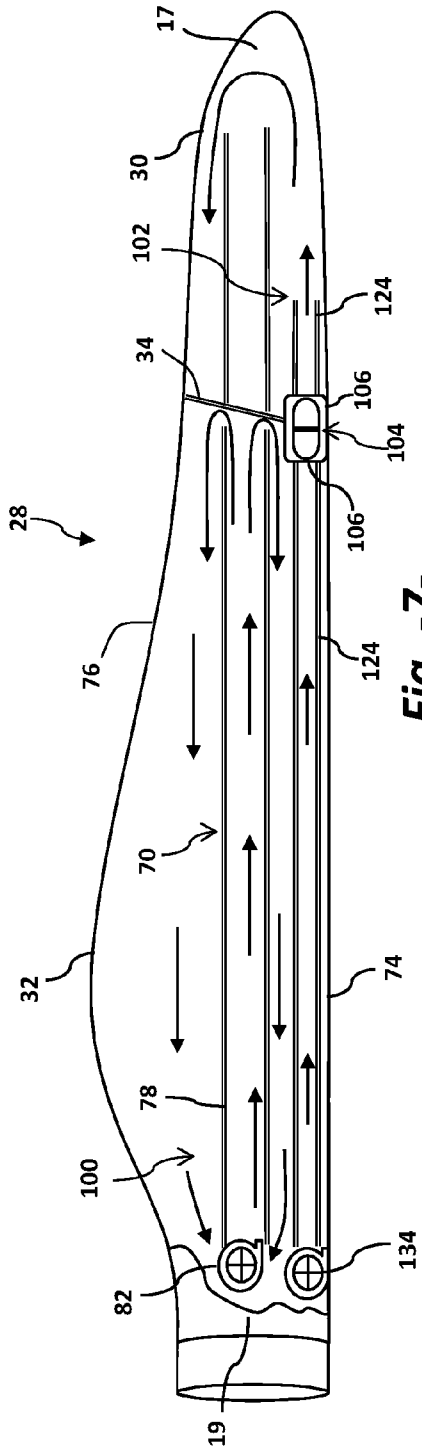




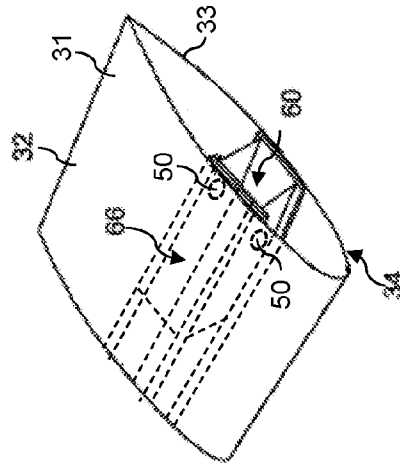
**Fig. -5-**



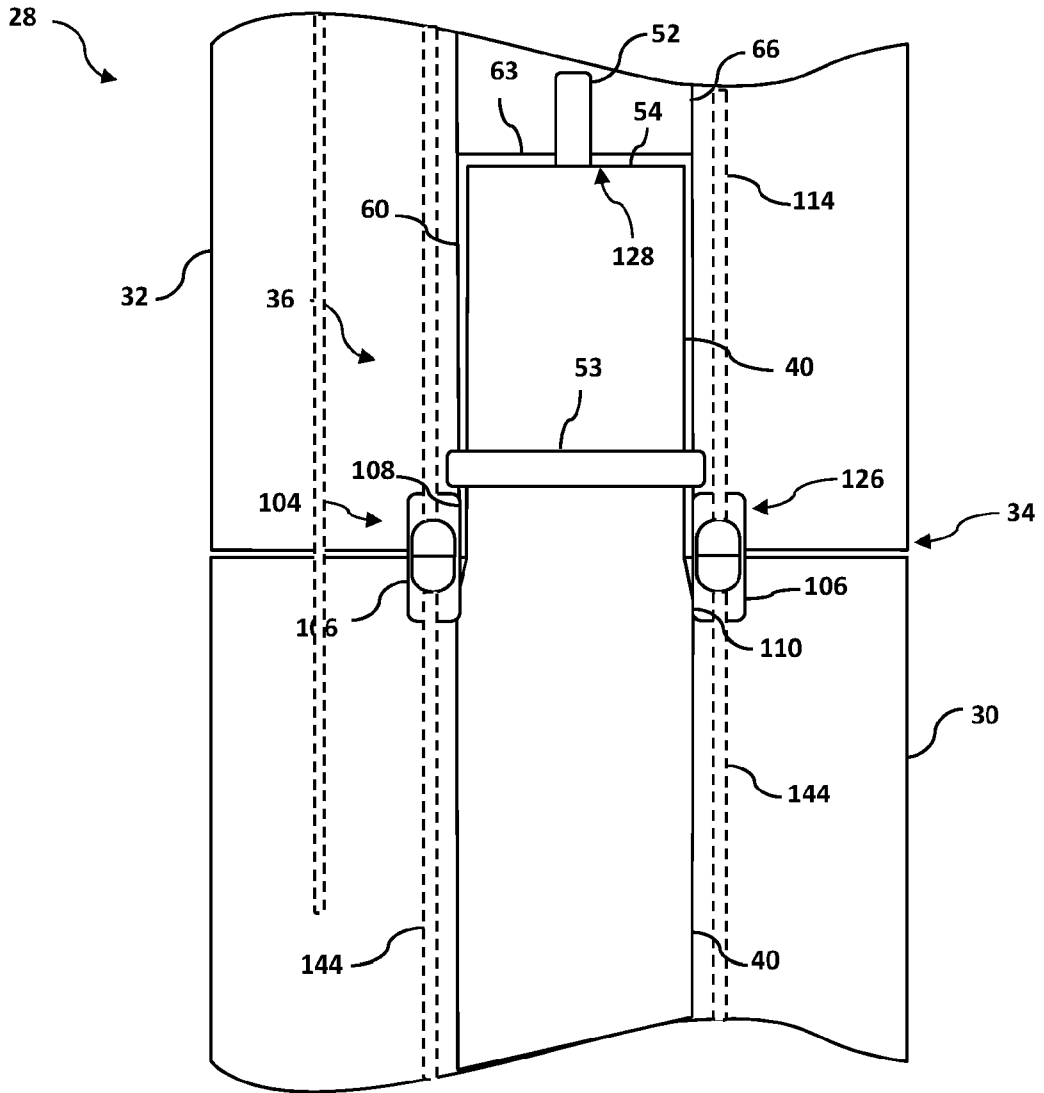
**Fig. -6-**



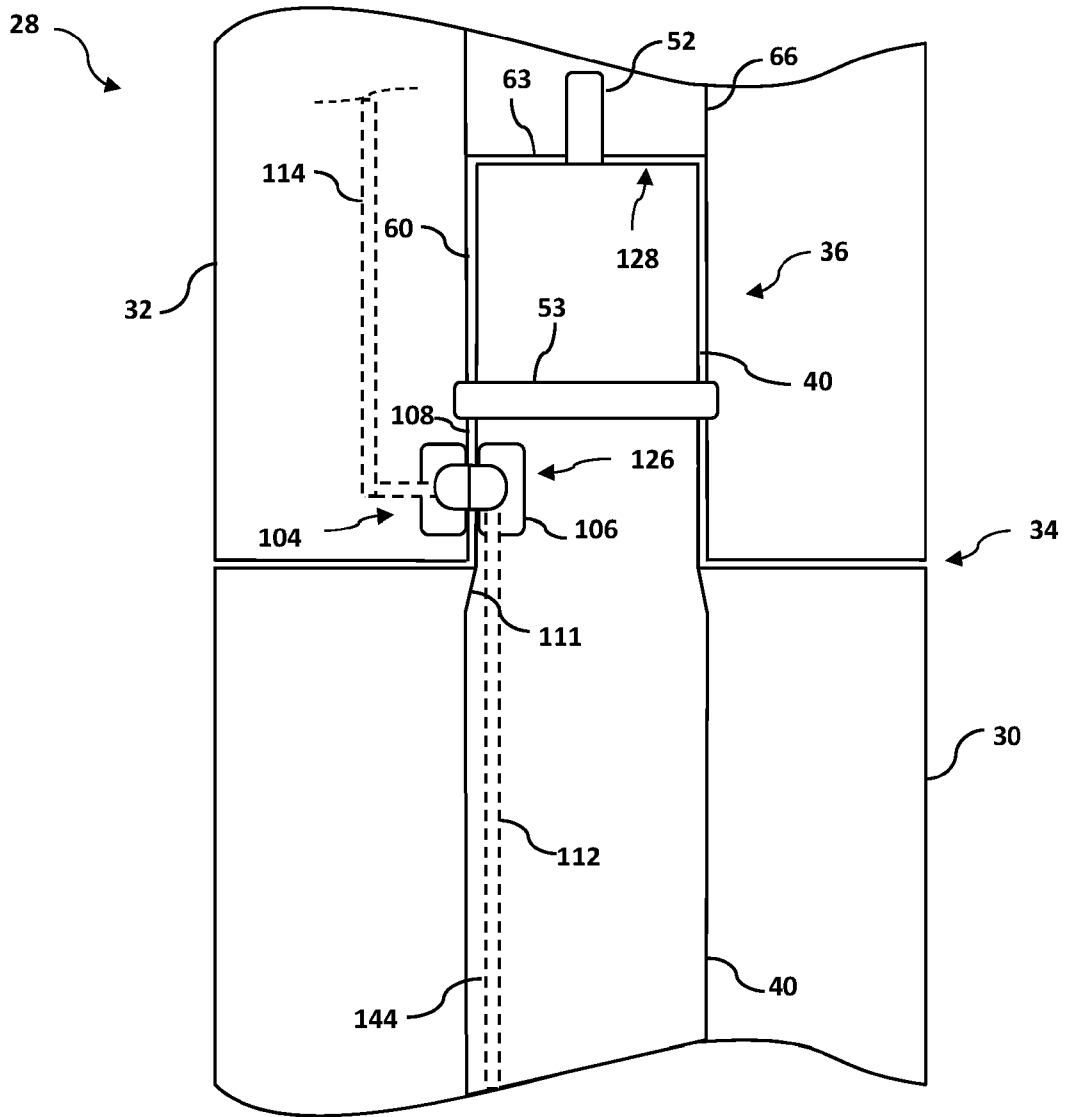
**Fig. -7-**



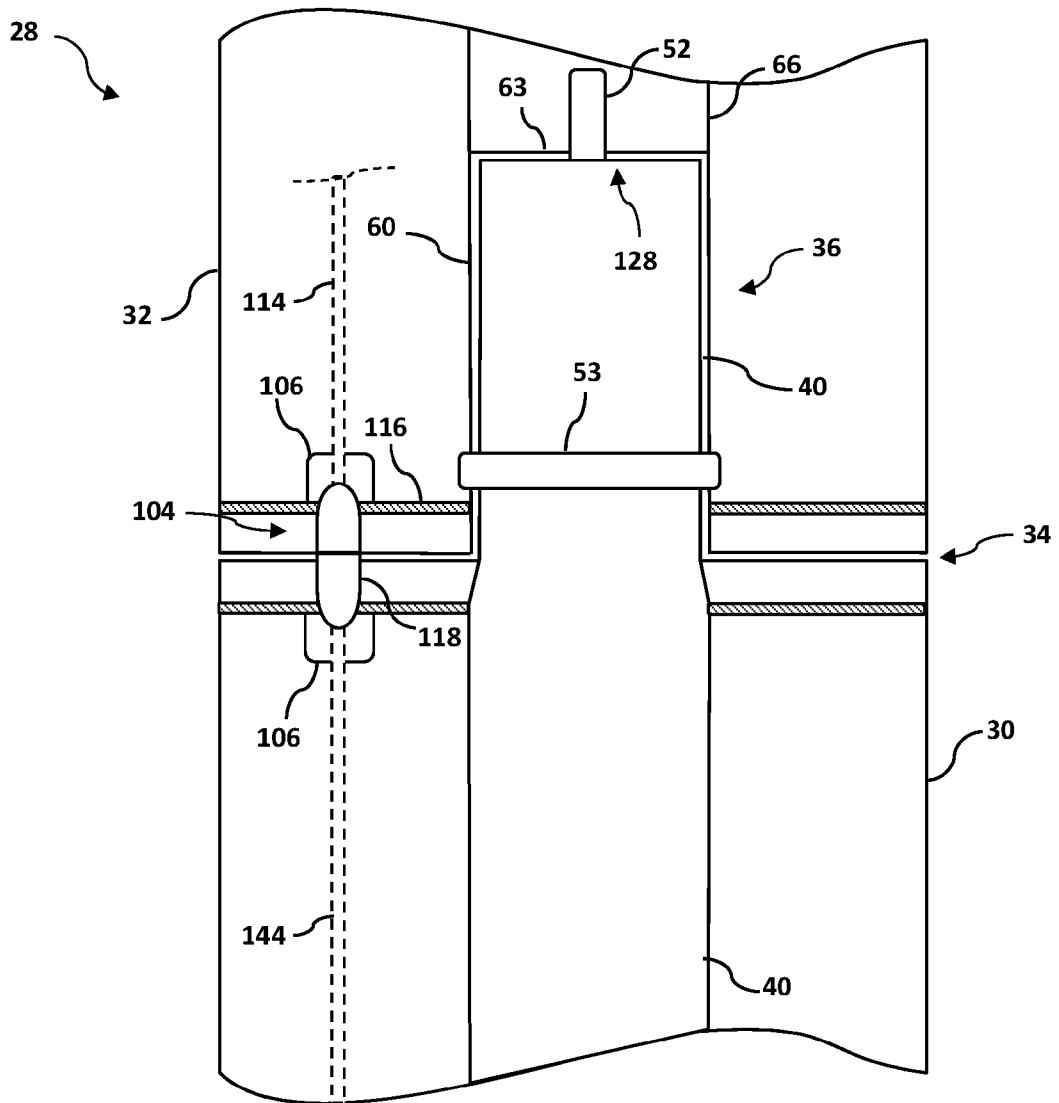
**Fig. -4-**



**Fig. -8-**



**Fig. -9-**



**Fig. -10-**