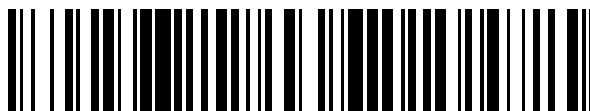


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 739**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2014** **E 14159295 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019** **EP 2778400**

54 Título: **Accionamiento de dispositivos de gestión de cargas en palas aerodinámicas**

30 Prioridad:

15.03.2013 US 201313837220

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

20.02.2020

73 Titular/es:

**GE INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY, LLC
(100.0%)
300 Garlington Road
Greenville, South Carolina 29615, US**

72 Inventor/es:

**BAKER, JONATHON PAUL;
BUTTERWORTH, JEFFREY AUSTIN;
KHAN, JEHAN ZEB;
LIN, GUOJIAN;
MAYDA, EDWARD ANTHONY;
RICKARDS, ERICK JAMES y
WEHRHAN, TOBIAS GUENTHER**

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 743 739 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

Accionamiento de dispositivos de gestión de cargas en palas aerodinámicas

5 **CAMPO TÉCNICO**

Esta solicitud se refiere, en general, al diseño y control de un aerogenerador. Más concretamente, algunos aspectos de la invención se refieren a la modificación de la aerodinámica de un aerogenerador.

10 **ANECEDENTES**

Con su reducida disponibilidad y adverso impacto sobre el medio ambiente, los combustibles fósiles y otras fuentes de energía convencionales tienen cada vez menos popularidad, mientras que las fuentes de energía limpia y renovable han experimentado un rápido crecimiento. En los próximos años, a medida que estos combustibles fósiles continúen escaseando y se tenga conocimiento sobre el impacto ambiental de tales fuentes de energía, la demanda de energía limpia y renovable continuará aumentando. Una de estas fuentes de energía limpia y renovable es la energía eólica. Por ejemplo, la energía cinética del viento puede transformarse en electricidad utilizando, por ejemplo, un aerogenerador. En consecuencia, puede producirse electricidad sin quemar ninguno de estos combustibles fósiles costosos y peligrosos para el medio ambiente.

Los aerogeneradores crean energía proporcional al área barrida de sus palas. Por lo tanto, aumentando la longitud (por ejemplo, la envergadura) de las palas del aerogenerador, puede producirse más energía. Sin embargo, la elección de las características del rotor para un aerogenerador, tal como su diámetro, es un compromiso de diseño entre palas más largas para una mayor producción de energía en vientos escasos y palas más cortas para limitación de cargas en vientos fuertes. Un aerogenerador con palas más largas aumentará el área barrida, lo cual, a su vez, produce más potencia. Pero, a velocidades del viento elevadas, un aerogenerador con palas más largas impone mayores demandas sobre los componentes y crea más situaciones en las que la turbina debe desconectarse para evitar que se dañen los componentes. Incluso en situaciones en las que la velocidad promedio del viento no es lo suficientemente elevada como para causar daños, ráfagas de viento periódicas pueden variar tanto la velocidad como la dirección del viento y aplicar fuerzas que pueden ser lo suficientemente fuertes como para dañar el equipo.

Se han intentado soluciones con diferentes niveles de éxito para lograr mayor potencia, menos desconexiones, y menos casos de daños a los componentes. Por ejemplo, se ha utilizado el control de la inclinación de las palas para variar la inclinación de la pala (es decir, el ángulo de la pala). En un aerogenerador controlado por la inclinación de las palas, un controlador electrónico en la turbina verifica la potencia de salida de la turbina. Cuando la potencia de salida supera un cierto umbral, el mecanismo de inclinación de las palas gira las palas del rotor para reducir las cargas sobre las palas del rotor. Las palas vuelven más tarde cuando el viento vuelve a bajar. Sin embargo, el control de la inclinación de las palas puede ser bastante lento para responder a cambios en el viento y es relativamente ineficaz para cargas aplicadas por ráfagas de viento repentinas.

El control de parada es otra propuesta que se ha utilizado en un intento por lograr una mayor potencia y reducir desconexiones y daños a los componentes. En los aerogeneradores de tipo pasivo, las palas del rotor están montadas en el buje en una orientación angular fija. El control de parada se logra de manera pasiva debido a que la forma de la pala es tal que la pala entra en parada aerodinámica (eliminar sustentación) cuando la velocidad del viento supera un cierto umbral. Existen aerogeneradores controlados por parada de tipo activo. En tales sistemas, las palas del rotor se ajustan para crear una parada a lo largo de la pala. Sin embargo, ambos tipos de sistemas de control de parada pueden ser difíciles de optimizar y lentos de responder, y pueden sufrir una previsibilidad de resultados menor de la deseada. Estos inconvenientes se magnifican en condiciones con vientos y ráfagas de viento erráticos.

Se han utilizado también sistemas de palas de rotor de longitud variable como intento para obtener una mayor potencia, y experimentar menos desconexiones y menos daños a componentes. En tales sistemas, las palas del rotor del aerogenerador son telescópicas, de modo que su longitud puede regularse en función de la velocidad del viento. Esto proporciona ventajas ya que las palas del rotor pueden extenderse para proporcionar un mayor rendimiento en condiciones de poco viento y retraerse para cargas menores bajas en condiciones de mucho viento. La patente americana nº 6.902.370, titulada "Pala de aerogenerador telescópica", describe un sistema de aerogenerador que tiene palas de rotor de aerogenerador telescópicas. Si bien los sistemas de palas de rotor de longitud variable tienen ciertas ventajas, pueden sufrir inconvenientes en condiciones de viento errático o pueden ser demasiado lentas para responder cuando se produce una ráfaga de viento.

Más recientemente, se han utilizado deflectores para controlar las cargas en componentes de un aerogenerador. Por ejemplo, se han utilizado deflectores para interrumpir el flujo de aire en una pala de aerogenerador, reduciendo así la sustentación y la carga correspondiente en los componentes del aerogenerador. Por ejemplo, la patente americana nº 8.267.654, titulada "Aerogenerador con deflectores de aire despleables", describe el uso de deflectores en una pala

de aerogenerador para controlar las cargas. Estos deflectores se implementan cuando un sensor u otro componente detecta que la producción de energía, velocidad, aceleración, cargas, o similares ha superado un valor umbral, y entonces los deflectores se despliegan para llevar la producción de energía, velocidad, aceleración, cargas, etc. detectadas de vuelta dentro del umbral.

5 En algunos casos, se utilizan múltiples deflectores en un aerogenerador y/o una pala de aerogenerador para controlar las cargas. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se disponen múltiples deflectores a lo largo de la pala de un aerogenerador. En consecuencia, uno o más de los múltiples deflectores pueden desplegarse para controlar la carga, tal como se ha descrito anteriormente. Sin embargo, en dichas realizaciones, algunos deflectores pueden desplegarse más que otros, lo que da lugar a hiperactividad de algunos (y, por lo tanto, a fallo temprano) y a una infrutilización de otros. Además, dependiendo de la posición de cada deflector de aire desplegado, para ciertas condiciones, algunos deflectores pueden ser menos efectivos que otros, lo que lleva a desplegar deflectores más de lo necesario (y, por lo tanto, aumentar en última instancia el ciclo de trabajo total del sistema en su conjunto). EP2128385 describe el preámbulo de la reivindicación 1. US2012/141268 describe una disposición de un aerogenerador donde pueden implementarse diferentes dispositivos de gestión de cargas ("spoilers"), pero los spoilers exteriores sólo pueden implementarse junto con spoilers interiores.

20 A medida que la electricidad continúa convirtiéndose en un producto más valioso, y a medida que los aerogeneradores presentan una solución ecológica para resolver los problemas de escasez de electricidad, es deseable, por lo tanto, un diseño de un aerogenerador que supere los inconvenientes mencionados anteriormente y que proporcione una mayor potencia y menos desconexiones de la turbina y daños a los componentes.

DESCRIPCIÓN RESUMIDA

25 La invención añade las características de la parte caracterizadora de la reivindicación 1. La siguiente descripción simplemente presenta algunos conceptos de la invención de manera simplificada como introducción a la descripción más detallada que se da a continuación.

30 Uno o más aspectos de la invención supera las limitaciones en la técnica anterior proporcionando secuencias de accionamiento para accionar uno o más dispositivos de gestión de cargas en un perfil aerodinámico. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se disponen secuencias de accionamiento para accionar menos de la totalidad de una pluralidad de dispositivos de gestión de cargas en un aerogenerador y/o una pala de aerogenerador. Las secuencias de accionamiento pueden emplearse en respuesta a condiciones de funcionamiento detectadas, de modo que puede obtenerse un resultado deseado (por ejemplo, menores cargas, tales como cargas en las palas, torre, tren de transmisión, etc., mayor potencia, reducción de ciclos de trabajo de dispositivos de gestión de cargas, etc.)

40 De acuerdo con algunos aspectos, puede emplearse una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta. En tales realizaciones, puede accionarse uno o más dispositivos de gestión de cargas más interiores de un aerogenerador y/o una pala de aerogenerador para lograr el resultado deseado.

De acuerdo con otros aspectos, puede emplearse una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz. En tales realizaciones, puede accionarse uno o más dispositivos de gestión de cargas más exteriores de un aerogenerador y/o una pala de aerogenerador para lograr el resultado deseado.

45 De acuerdo con otros aspectos, puede emplearse una secuencia de accionamiento de carga distribuida máxima. En dichas realizaciones, puede accionarse uno o más dispositivos de gestión de cargas de un aerogenerador y/o una pala de aerogenerador cerca de una posición de una carga aerodinámica máxima detectada.

50 De acuerdo con otros aspectos, puede emplearse una secuencia de accionamiento aleatoria. En tales realizaciones, puede accionarse uno o más dispositivos de gestión de cargas aleatorias de un aerogenerador y/o una pala de aerogenerador.

55 Se emplea una secuencia de accionamiento de recuento de ciclos, y se activa uno o más dispositivos de gestión de cargas de un aerogenerador y/o a lo largo de una pala de aerogenerador que tienen los menores ciclos de despliegue acumulativos total.

60 De acuerdo con otros aspectos, puede emplearse una combinación de dos o más secuencias de accionamiento en un aerogenerador y/o una pala de aerogenerador. Por ejemplo, en algunas realizaciones, pueden emplearse secuencias de accionamiento de la raíz a la punta para ciertas condiciones operativas detectadas, mientras que pueden emplearse secuencias de accionamiento de la punta a la raíz para otras condiciones de funcionamiento detectadas. En algunas realizaciones, puede emplearse una secuencia de accionamiento aleatoria o una secuencia de accionamiento de recuento cíclico en menos de todas las palas de un aerogenerador con una secuencia de accionamiento diferente (por ejemplo, de la raíz a la punta, de la punta a la raíz, carga máxima distribuida, etc.) empleado en el resto de las palas

del aerogenerador. En otras realizaciones, pueden alternarse una o más secuencias de accionamiento en un aerogenerador y/o una pala de un aerogenerador con una o más secuencias de accionamiento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 Puede obtenerse una comprensión más completa de la presente invención y sus ventajas haciendo referencia a la siguiente descripción teniendo en cuenta los dibujos adjuntos, en los que los números de referencia similares indican características similares, y en los cuales:

10 La figura 1 es una vista en perspectiva de un aerogenerador de acuerdo con una primera realización de la invención;

15 La figura 2 es una vista en sección esquemática de una pala de rotor que representa el flujo de aire en condiciones de viento normales;

La figura 3 es una vista en sección esquemática de la pala del rotor de la figura 2 que representa el flujo de aire con un dispositivo de gestión de cargas en una posición extendida;

20 La figura 4 es una sección transversal a través de una pala de rotor que representa un deflector de aire de acuerdo con un aspecto de la invención;

La figura 5 es una vista en sección isométrica a través de la pala del rotor que representa el deflector de aire de la figura 4 en una posición retraída;

25 La figura 6 es una vista en sección isométrica a través de la pala del rotor que representa el deflector de aire de la figura 4 en una posición extendida;

30 La figura 7 es un diagrama esquemático de una pala de rotor que comprende múltiples deflectores de aire dispuestos a lo ancho de la pala de rotor; y

La figura 8 es un esquema de una curva de potencia ilustrativa para un aerogenerador.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

35 En la siguiente descripción de las diversas realizaciones, se hace referencia a los dibujos adjuntos, que forman parte de la misma, y en los cuales se muestran, a modo de ilustración, diversas realizaciones en las que puede ponerse en práctica la invención. Debe entenderse que pueden utilizarse otras realizaciones y pueden realizarse modificaciones estructurales y funcionales sin apartarse del alcance de la presente invención.

40 Los aspectos de la presente invención están dirigidos a múltiples dispositivos de gestión de cargas dispuestos en un aerogenerador y a procedimientos para accionar uno o más de los dispositivos de gestión de cargas en respuesta a las condiciones de funcionamiento detectadas. Además, los aspectos de la invención van dirigidos a accionar menos de todos los dispositivos de gestión de cargas en una pala de aerogenerador, y las secuencias de accionamiento utilizadas para determinar qué dispositivos de gestión de cargas deben accionarse.

45 La figura 1 muestra un aerogenerador 2 sobre una base 4 con una torre 6 que soporta una góndola 8. Una o más palas 10 están unidas a un buje 12 a través de una brida con tornillos 14. En la realización representada, el aerogenerador incluye tres palas 10. El buje 12 está conectado a una caja de engranajes, un generador y otros componentes dentro de la góndola 8. Las palas 10 pueden tener una longitud fija o pueden ser de tipo de longitud variable, es decir, telescópicas, tal como se muestra en la figura 1. Tal como se muestra en la figura 1, cada pala de longitud variable 10 incluye una parte de raíz o base 16 y una parte de punta 18. La parte de punta 18 es móvil respecto a la parte de raíz 16 para aumentar y disminuir de manera controlable la longitud de la pala de rotor 10 y, a su vez, aumentar y disminuir, respectivamente, el área barrida por las palas del rotor 10. Puede utilizarse cualquier sistema de accionamiento deseable, tal como un accionamiento de tornillo, un pistón/cilindro o un dispositivo de polea/cabrestante, para mover la parte de la punta 18 respecto a la parte de raíz 16. Dichos sistemas de accionamiento se describen en la patente americana nº 6.902.370 titulada "Pala de aerogenerador telescópica", que se incorpora aquí por referencia en su totalidad. El aerogenerador 2 incluye, además, un accionamiento de viraje y un motor de viraje, no mostrados.

60 Cada pala de rotor 10 puede incluir uno o más dispositivos de gestión de cargas 28, tal como se representa esquemáticamente en la figura 3. La pala 10 representada en las figuras es simplemente un diseño ilustrativo en sección transversal y se reconoce que pueden utilizarse infinitas variaciones de sección transversal como parte de la presente invención. La pala del rotor 10 puede presentar cualquier configuración y estar realizada de cualquier material

adecuado, tal como fibra de vidrio y/o fibra de carbono. Los dispositivos de gestión de cargas 28 situados en la pala 10 pueden interrumpir el flujo de aire a lo largo de la pala del rotor 10 para, por ejemplo, eliminar la sustentación en la pala del rotor 10 (y reducir así las correspondientes cargas en los componentes del aerogenerador 2). La funcionalidad de los dispositivos de gestión de cargas 28 se ilustra generalmente en las figuras 2-3. Por ejemplo, la figura 2 muestra una pala de rotor 10 sometida a un flujo de aire en condiciones de viento normales. La pala del rotor 10 tiene un borde anterior 20, un borde posterior 22, un lado de alta presión 24 y un lado de baja presión 26. Una línea de cuerda c puede definirse como una línea entre el borde anterior 20 y el borde posterior 22 de la pala 10. Se reconoce que el lado anterior de la pala del rotor 10 corresponde a la mitad anterior de la pala del rotor 10 y el lado posterior de la pala del rotor 10 a la mitad posterior de la pala del rotor 10.

Sin ningún dispositivo de gestión de cargas 28 activado (tal como se muestra, por ejemplo, en la figura 2), una fuerza de sustentación creada por una diferencia de presión entre el lado de baja presión 26 y el lado de alta presión 24 aumentará a medida que aumente la velocidad del viento. Por ejemplo, la superficie más curvada 26a y la superficie opuesta menos curvada 24a crean la dinámica del lado de baja presión 26 y el lado de alta presión 24 debido a principios bien conocidos de aerodinámica. Esto, en combinación con el flujo de aire sobre la pala del rotor 10, crea un efecto conocido como "sustentación" que ayuda al giro del rotor. En ausencia de dispositivos de gestión de cargas 28, a altas velocidades del viento, un aerogenerador 2 podría experimentar cargas perjudiciales para uno o más componentes. Por ejemplo, dado que las cargas en varios componentes aumentan a medida que aumenta la velocidad del rotor del aerogenerador 2, y dado que la sustentación creada entre una diferencia de presión en el lado de baja presión 26 y el lado de alta presión 24 continuará aumentando con la velocidad del viento, aumentando así la velocidad del rotor del aerogenerador 2, si la velocidad del viento es demasiado elevada, el aerogenerador 2 puede experimentar cargas perjudiciales.

Por lo tanto, algunos aspectos de la invención utilizan uno o más dispositivos de gestión de cargas 28 para interrumpir el flujo de aire a lo largo de la pala del rotor 10 cuando, por ejemplo, la velocidad del viento es demasiado elevada, disminuyendo de este modo la sustentación y la velocidad del rotor, y reduciendo la carga en el aerogenerador 2 y sus diversos componentes. La figura 3 ilustra la pala del rotor 10 que utiliza el dispositivo de gestión de cargas 28. El dispositivo de gestión de cargas 28 puede ser cualquier dispositivo de gestión de cargas adecuado para interrumpir el flujo de aire. De acuerdo con algún aspecto de la invención, el dispositivo de gestión de cargas 28 puede ser, por ejemplo, un deflector de aire, tal como se describirá con mayor detalle. El dispositivo de gestión de cargas 28 se acciona cuando un sensor determina que la pala del rotor 10 supera una velocidad nominal máxima del aerogenerador 2 y/o cuando un sensor detecta cargas en varios componentes del aerogenerador 2 que superan valores umbral. El dispositivo de gestión de cargas 28 induce la separación del flujo a lo largo de un lado de la pala del rotor 10 (en la realización representada, a lo largo del lado de baja presión 26). En consecuencia, cuando se acciona, el dispositivo de gestión de cargas 28 puede ayudar a disminuir las cargas experimentadas por diversos componentes del aerogenerador 2, por ejemplo, en condiciones de viento fuerte.

La figura 4 ilustra una sección transversal de la pala del rotor 10 que emplea un deflector de aire 32 como ejemplo de un dispositivo de gestión de cargas 28 de acuerdo con uno o más aspectos de la invención. Tal como puede apreciarse en la figura 4, la pala del rotor 10 incluye, además, por lo menos un actuador 30. El deflector de aire 32 puede moverse entre una posición extendida en la que el deflector de aire 32 se extiende desde una superficie exterior de la pala del rotor 10 y una posición retraída en la que el deflector de aire 32 queda sustancialmente a nivel, empotrado, o de otro modo que no se extiende materialmente desde la superficie exterior de la pala del rotor 10. Por ejemplo, el actuador 30 puede extenderse y retraer el deflector de aire 32 de acuerdo con las condiciones de funcionamiento detectadas cuando lo indique, por ejemplo, un controlador (no mostrado)

La figura 4 representa una colocación del actuador 30 y el deflector de aire 32 para que afecte al flujo de aire en el lado de baja presión 26 de la pala del rotor 10. Sin embargo, en la práctica, el actuador 30 y el deflector de aire 32 pueden colocarse para que afecte al flujo de aire en el lado de alta presión 24 de la pala del rotor 10. Además, el actuador 30 y el deflector de aire 32 pueden colocarse en cualquier posición en dirección a lo largo de la pala del rotor, de modo que, en algunas realizaciones, el deflector de aire 32 quedará dispuesto en la mitad posterior de la pala del rotor 10 en lugar de la mitad anterior, tal como se muestra. Además, y tal como se describirá más completamente, la pala del rotor 10 puede comprender más de un actuador 30 y/o deflector de aire 32.

El deflector de aire 32 puede dimensionarse en función del parámetro del estado del aerogenerador deseado y, además, en vista del número de dispositivos de gestión de cargas 28 utilizados. El deflector de aire 32 puede estar realizado en cualquier material adecuado, tal como fibra de vidrio, fibra de carbono, acero inoxidable, plástico, policarbonato y/o aluminio, etc. El deflector de aire 32 puede ser de cualquier anchura deseada, por ejemplo, de unas pocas pulgadas a varios pies. Además, el deflector de aire 32 puede extenderse desde la superficie del perfil aerodinámico hasta cualquier altura deseada, por ejemplo, desde menos de un porcentaje hasta un pequeño porcentaje de la cuerda c, y el deflector de aire 32 puede tener cualquier grosor adecuado en función del material elegido, típicamente menos de una pulgada.

Las figuras 5-6 son vistas en sección isométricas a través de la pala del rotor 10 que representan el actuador 30 con el deflector de aire 32 en una posición retraída (figura 5) y en una posición extendida (figura 6). El actuador 30 está montado adecuadamente mediante una interfaz para mantener sustancialmente el contorno de la superficie de la pala del rotor 10. En otra disposición, la cara anterior del actuador 30 puede montarse en la parte inferior de la pala del rotor 10. Pueden utilizarse disposiciones de sujeción adecuadas tales como hardware y adhesivos.

De acuerdo con algunos aspectos de la invención, pueden disponerse múltiples dispositivos de gestión de cargas 28 en una pala de rotor 10. Por ejemplo, en algunas realizaciones, pueden proporcionarse múltiples actuadores 30 y/o deflectores de aire 32 y quedar separados a lo largo de la longitud de la pala de rotor 10. Tal como se ilustra en la figura 7, pueden disponerse múltiples deflectores de aire 32a-32i a lo largo de la pala del rotor 10. En la figura 7, el resto de los componentes del aerogenerador 2 (tales como, por ejemplo, otras palas del rotor 10, torre 6, base 4, etc.) se han truncado y/o no se muestran por simplicidad. Sin embargo, un experto en la materia, a la vista de esta descripción, apreciará que las dos palas de rotor adicionales 10 pueden comprender múltiples deflectores de aire 32 dispuestos de manera similar a los representados en la figura 7. En tales realizaciones que comprenden múltiples dispositivos de gestión de cargas 28 (por ejemplo, múltiples actuadores 30 y/o deflectores de aire 32), el número de dispositivos de gestión de cargas 28 accionados (por ejemplo, extendidos) en cualquier momento dado puede depender de las condiciones de funcionamiento detectadas de la pala del rotor 10 y/o el aerogenerador 2. Por ejemplo, en algunos casos un sensor (por ejemplo, acelerómetro, sensor de presión diferencial, sensor de velocidad, sensor de potencia, etc.) puede determinar que la velocidad del rotor del aerogenerador 2 es igual o superior a una velocidad nominal máxima para el aerogenerador 2. De acuerdo con esto, un controlador u otro dispositivo adecuado (no mostrado) puede ordenar a uno o más actuadores 30 que accionen uno o más deflectores de aire 32 para que la velocidad del rotor y/o las cargas se encuentre dentro de un rango aceptable.

Volviendo a la figura 7, en algunas realizaciones, todos los dispositivos de gestión de cargas 28 disponibles (por ejemplo, deflectores de aire 32a-32i) pueden accionarse para disponer la velocidad del rotor y/o las cargas en unos rangos aceptables. Por ejemplo, si el aerogenerador 2 está experimentando vientos muy fuertes, pueden activarse todos los dispositivos de gestión de cargas 28 disponibles (por ejemplo, deflectores de aire 32a-32i) para evitar, por ejemplo, la desconexión del aerogenerador. Sin embargo, en otras realizaciones, un controlador u otro dispositivo puede determinar que es necesario que se accionen menos de todos los dispositivos de gestión de cargas 28 (por ejemplo, deflectores de aire 32a-32i) dispuestos en una pala del rotor 10 para que la velocidad del rotor y/o cargas detectadas se encuentre dentro de un rango aceptable. En tales realizaciones, el controlador o dispositivo similar indicará a uno o más actuadores 30 que accionen menos de todos los deflectores de aire disponibles 32a-32i de acuerdo con una secuencia de activación determinada, tal como se describirá con más detalle.

En algunas realizaciones, debido a que el controlador no siempre accionará todos los deflectores de aire disponibles 32a-32i, pueden accionarse algunos deflectores de aire 32 más que otros durante la vida útil del sistema (por ejemplo, la pala 10 y/o el aerogenerador 2). Por ejemplo, cada deflector de aire 32 puede afectar de manera diferente a las cargas dependiendo, por ejemplo, de una posición a lo largo de la pala 10 del deflector de aire 32. Por ejemplo, el deflector de aire 32a (por ejemplo, uno de los deflectores de aire más interiores 32 situado cerca de la raíz 35 de la pala 10) puede afectar a las cargas de manera muy diferente que el deflector de aire 32i (por ejemplo, una parte externa de los deflectores de aire 32 situada cerca de la punta 37 de la pala 10). Por lo tanto, en algunas realizaciones, un controlador puede accionar el deflector de aire 32a con más frecuencia que 32i para controlar las cargas. En tales realizaciones, el deflector de aire 32a puede volverse hiperactivo (por ejemplo, que se utilice con más frecuencia que los otros deflectores de aire 32 a lo largo de la pala 10). El uso excesivo de un deflector de aire puede dar lugar a un fallo del deflector hiperactivo mucho antes que otros, provocando, por ejemplo, la desconexión del aerogenerador 2 para reparar, por ejemplo, el deflector hiperactivo.

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el sistema de aerogenerador 2 global puede protegerse (por ejemplo, sufrir menos desconexiones, etc.) variando qué deflectores de aire 32 se accionan de modo que, por ejemplo, sea comparable el ciclo de trabajo de cada uno de los deflectores de aire 32 (por ejemplo, una serie de ciclos de despliegue/repliegue sometidos a los mismos). Esto puede dar lugar, por ejemplo, a menos desconexiones del aerogenerador 2. Por ejemplo, si el ciclo de trabajo de cada deflector de aire 32 es casi igual, sólo será necesario desconectar el aerogenerador 2 para mantenimiento (por ejemplo, reemplazo de deflectores de aire 32, etc.) casi cuando cada deflector de aire 32 haya llegado a su vida útil.

Además, debido a que cada deflector de aire 32 puede afectar de manera diferente a las cargas y/o la generación de energía del aerogenerador 2 dependiendo, por ejemplo, de las condiciones de funcionamiento, etc., accionar un deflector de aire 32 menos efectivo para las condiciones particulares puede dar lugar a un aumento de ciclos de trabajo para el sistema en su conjunto. A modo de ejemplo, en algunas condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidades del viento, velocidades del rotor del aerogenerador 2, inclinación de las palas 10, etc.) el deflector de aire 32i (por ejemplo, un deflector de aire más exterior 32) puede ser más efectivo para reducir cargas que, por ejemplo, el deflector de aire 32a (por ejemplo, un deflector de aire más interior 32). En consecuencia, si un controlador determina que es necesario accionar uno o más deflectores de aire 32 para, por ejemplo, reducir las cargas en el aerogenerador

2 para las condiciones operativas determinadas, el accionamiento del deflector de aire 32a será menos efectivo que el accionamiento del deflector de aire 32i. Por lo tanto, si el controlador acciona el deflector de aire 32a, puede que sea necesario en última instancia accionar más deflectores de aire 32 para lograr la reducción de carga deseada que si se hubiera accionado el deflector de aire 32i. Dicho de otra manera, en esta realización, pueden necesitarse dos o más deflectores de aire interiores 32 (por ejemplo, deflectores de aire 32 cerca de la raíz 35) para realizar los mismos beneficios de reducción de carga que un deflector de aire exterior 32 (por ejemplo, deflectores de aire 32 cerca de la punta 37). Por lo tanto, pueden aumentarse los ciclos de trabajo de los deflectores de aire 32 para este sistema en conjunto dado que se activan más deflectores de aire 32 (en el ejemplo, dos) de los que puedan ser necesarios (por ejemplo, uno).

De acuerdo con algunos aspectos de la invención, un controlador, etc., puede utilizar diferentes secuencias de accionamiento para accionar uno o más deflectores de aire 32a-32i (pero, por ejemplo, menos que todos los deflectores de aire 32a-32i) a lo largo de la pala 10 para, por ejemplo, reducir los ciclos de trabajo para cada deflector de aire 32 y/o el sistema en su conjunto, mientras se sigue obteniendo una reducción de carga deseada y/o mayores beneficios de potencia. Para cada secuencia, el controlador puede determinar primero las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidad del viento, velocidad del rotor del aerogenerador 2, inclinación de las palas 10, etc.) y determinar qué secuencia de accionamiento utilizar en consecuencia.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, pueden accionarse uno o más deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de la raíz a la punta. Tal como se ilustra en la figura 7, puede disponerse una pluralidad de deflectores de aire 32a-32i a lo largo de la pala 10 desde una raíz 35 de la pala 10 hasta una punta 37 de la pala 10. Para algunas condiciones de funcionamiento, un controlador puede determinar que los deflectores de aire interiores 32 (por ejemplo, los situados más cerca de la raíz 35) pueden ser más efectivos para obtener el resultado deseado (por ejemplo, reducir la carga en el aerogenerador 2, lograr una potencia máxima de salida, por ejemplo) que los deflectores de aire exteriores 32 (por ejemplo, aquellos situados más cerca de la punta 37). En consecuencia, para tales condiciones de funcionamiento, el controlador puede accionar más de un deflector de aire 32 utilizando una secuencia de la raíz a la punta. Para tal secuencia de accionamiento, el controlador puede accionar un número deseado de deflectores de aire 32 situados más cerca de la raíz 35 (por ejemplo, los deflectores de aire más interiores 32). Por ejemplo, si el controlador determina que las condiciones de funcionamiento son tales que los deflectores de aire más interiores 32 obtendrán el resultado deseado de manera más efectiva, y si el controlador determina que necesitará accionar un deflector de aire interior 32 para lograr ese resultado, el controlador puede, por ejemplo, seguir una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta y, por lo tanto, accionar el deflector de aire 32a. En otras realizaciones, si el controlador determina que las condiciones de funcionamiento son tales que los deflectores de aire interiores 32 alcanzarán de manera más efectiva el resultado deseado, y si el controlador determina que necesitará accionar cuatro deflectores de aire interiores 32 para lograr ese resultado, el controlador puede, por ejemplo, seguir una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta y, por lo tanto, comenzar con un deflector de aire más interior 32a y accionar los siguientes tres deflectores de aire más interior 32b-32d. Dicha secuencia de accionamiento, en última instancia, puede reducir los ciclos de trabajo totales para el sistema en su conjunto, debido a que pueden accionarse menos deflectores de aire 32 (pero más efectivos) para lograr el resultado deseado.

En otras realizaciones, pueden accionarse uno o más deflectores de aire utilizando una secuencia de la punta a la raíz. Es decir, para algunas condiciones de funcionamiento, un controlador puede determinar que los deflectores de aire exteriores 32 pueden ser más efectivos para lograr el resultado deseado (por ejemplo, reducir la carga en el aerogenerador 2, lograr una potencia máxima de salida, etc.) que los deflectores de aire interiores 32. En consecuencia, para tales condiciones de funcionamiento, el controlador puede accionar más de un deflector de aire 32 utilizando una secuencia de la punta a la raíz. Para tal secuencia de accionamiento, el controlador puede accionar un número deseado de deflectores de aire 32 situados más cerca de la punta 37 (por ejemplo, los deflectores de aire más exteriores 32). Por ejemplo, si el controlador determina que las condiciones de operación son tales que los deflectores de aire exteriores 32 alcanzarán el resultado deseado de manera más efectiva, y si el controlador determina que necesitará accionar un deflector de aire exterior 32 para lograr ese resultado, el controlador puede, por ejemplo, seguir una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz y, por lo tanto, accionar el deflector de aire 32i. En otras realizaciones, si el controlador determina que las condiciones de funcionamiento son tales que la mayoría de los deflectores de aire exteriores 32 alcanzarán de manera más efectiva el resultado deseado, y si el controlador determina que necesitará accionar cuatro deflectores de aire exteriores 32 para lograr ese resultado, el controlador puede, por ejemplo, seguir una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz y, por lo tanto, comenzar con un deflector de aire exterior 32i y accionar los siguientes tres deflectores de aire interiores 32f-32h. Dicha secuencia de accionamiento, en última instancia, puede reducir los ciclos de trabajo totales para el sistema en su conjunto, debido a que pueden accionarse menos deflectores de aire 32 (pero más efectivos) para lograr el resultado deseado.

En otras realizaciones, pueden accionarse uno o más deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento de carga distribuida máxima. Por ejemplo, en algunas realizaciones, pueden disponerse uno o más sensores (por ejemplo, sensores de presión diferencial, acelerómetros, sensores de velocidad, etc.) a lo largo de la pala 10 para medir y/o aproximarse, por ejemplo, a una o más cargas aerodinámicas. En algunas realizaciones, se dispone una

5 pluralidad de sensores, uno en la posición aproximada de cada deflector de aire 32a-32i. Por ejemplo, en la realización representada en la figura 7, la pala 10 puede comprender nueve sensores, cada uno en una posición aproximada de un deflector de aire correspondiente 32a-32i. En algunas realizaciones, uno o más controladores pueden determinar qué sensores están experimentando las cargas aerodinámicas más grandes y accionar un deflector de aire 32 correspondiente en la posición aproximada del sensor que experimenta las cargas aerodinámicas más grandes. Por ejemplo, uno o más controladores pueden determinar, por ejemplo, que es necesario accionar tres deflectores de aire 32 para, por ejemplo, reducir la carga que actúa sobre el aerogenerador 2. Además, uno o más controladores pueden determinar que un sensor situado aproximadamente en la misma posición que el deflector de aire 32e está experimentando la carga aerodinámica máxima entre una posición en cada uno de los deflectores de aire 32a-32i. En consecuencia, el uno o más controladores, que utilizan una secuencia de accionamiento de carga distribuida máxima, puede accionar en consecuencia el deflector de aire 32e, y después accionar proporcionalmente los deflectores de aire circundantes 32 para alcanzar el número total de deflectores de aire necesarios 32 (por ejemplo, deflector de aire 32f y deflector de aire 32d). En tal realización, pueden reducirse los ciclos de trabajo del sistema global (por ejemplo, pala 10 y/o aerogenerador 2). Por ejemplo, puede accionarse en última instancia un número menor de deflectores de aire totales 32 ya que los deflectores de aire 32 situados en la posición de las cargas aerodinámicas máximas pueden ser los más efectivos para lograr el resultado deseado (por ejemplo, reducir las cargas que actúan en el aerogenerador 2).

20 En algunas realizaciones, pueden accionarse uno o más deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento aleatoria. Por ejemplo, si habitualmente se acciona (tal como se ha descrito) uno o más deflectores de aire 32, el uno o más deflectores de aire accionados habitualmente 32 pueden experimentar ciclos de trabajo mucho más altos que otros deflectores de aire menos habituales durante la vida útil del sistema. Por lo tanto, en algunas realizaciones, uno o más controladores pueden distribuir ciclos de trabajo entre los deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento aleatoria. En tales realizaciones, una vez que el controlador determina que es necesario accionar uno o más deflectores de aire 32, puede elegirse aleatoriamente (utilizando, por ejemplo, un generador de números aleatorios u otro procedimiento conocido) uno o más deflectores de aire 32 a accionar. A modo de ejemplo, si uno o más controladores determinan, por ejemplo, que es necesario accionar tres deflectores de aire 32 para reducir las cargas en el aerogenerador 2 para las condiciones de operación actuales, el uno o más controladores pueden elegir tres deflectores de aire 32 aleatoriamente a accionar (por ejemplo, deflector de aire 32c, deflector de aire 32e, y deflector de aire 32h). En tales realizaciones, la vida útil del sistema global (por ejemplo, la pala 10 y/o el aerogenerador 2) puede extenderse ya que todos los deflectores de aire 32 pueden estar en igualdad de condiciones. Por consiguiente, ningún deflector de aire 32 experimentará, por ejemplo, un fallo prematuro debido a hiperactividad.

35 En algunas realizaciones, puede accionarse uno o más deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento de recuento de ciclos. En dichas realizaciones, uno o más controladores pueden registrar los ciclos de trabajo acumulativos para cada deflector de aire 32. En esta realización, cuando uno o más controladores determinan que es necesario accionar uno o más deflectores de aire 32, el uno o más controladores pueden hacer referencia a ciclos de despliegue acumulativos para cada deflector de aire 32 y accionar uno o más deflectores de aire 32 que tienen los ciclos de despliegue acumulativos totales más bajos. En tal realización, los deflectores de aire menos utilizados 32 se seleccionan así, y la vida útil del sistema global (por ejemplo, la pala 10 y/o el aerogenerador 2) puede extenderse.

45 En algunas realizaciones, puede combinarse más de una de las secuencias de accionamiento anteriores (por ejemplo, de la raíz a la punta, de la punta a la raíz, carga distribuida máxima, aleatoria, y/o recuento de ciclos) en una pala 10 y/o entre múltiples palas 10 del aerogenerador 2 para lograr el resultado deseado (por ejemplo, máxima producción de energía mientras se eliminan las cargas excesivas, etc.). Por ejemplo, en algunas realizaciones, puede utilizarse una combinación de secuencias de accionamiento de la raíz a la punta y de la punta a la raíz. Esto puede entenderse más fácilmente con referencia a una curva de potencia 36 del aerogenerador 2 típica tal como se representa en la figura 8. Tal como se ha descrito, debido a principios de aerodinámica bien conocidos, una fuerza de sustentación en cada pala 10 del aerogenerador 2 aumentará a medida que aumenta la velocidad del viento a través de la pala 10. Por lo tanto, al aumentar la velocidad del viento, un rotor de un aerogenerador 2 girará más rápido y producirá más energía. Sin embargo, si la velocidad del viento es demasiado elevada, puede superarse la velocidad nominal máxima del rotor del aerogenerador 2 si no se ajusta uno o más atributos del aerogenerador 2, por ejemplo, para controlar la velocidad del rotor. En consecuencia, para altas velocidades del viento, las características de las palas 10 y/o el aerogenerador 2 se regulan para mantener constante la velocidad del rotor del aerogenerador 2 (por ejemplo, a una velocidad nominal máxima o inferior), tal como se describirá más en detalle.

60 Tal como se representa en la figura 8, la curva de potencia 36 puede entenderse más fácilmente como una serie de regiones 38-46. En la región de inicio 38, las velocidades del viento son relativamente bajas. En esta región, es posible que las palas 10 no giren muy rápido, de modo que realmente se produce poca energía. Sin embargo, a medida que aumenta la velocidad del viento sobre las palas del rotor 10, el aerogenerador 2 entra en la región de velocidad variable 40. En dicha región, la velocidad de un rotor de un aerogenerador 2 variará con la velocidad del viento. Es decir, a

medida que aumenta la velocidad del viento, la fuerza de sustentación en cada pala 10 aumenta, haciendo que el rotor gire más rápido y, por lo tanto, produzca más energía. A medida que disminuye la velocidad del viento sobre las palas 10, la fuerza de sustentación en cada pala 10 disminuye de manera correspondiente, lo que hace que el rotor del aerogenerador 2 gire más lentamente y produzca así menos energía. Cuando el aerogenerador 2 está funcionando en la región de velocidad variable 40, las características del aerogenerador 2 y/o las palas 10 (por ejemplo, inclinación de las palas, accionamiento de deflectores de aire 32, etc.) pueden configurarse para maximizar la producción de energía. Es decir, debido a que el aerogenerador 2 no está funcionando a una velocidad nominal máxima, las características de las palas 10/aerogenerador 2 no se regulan para, por ejemplo, ralentizar intencionadamente el aerogenerador 2.

Sin embargo, a medida que el aerogenerador 2 entra en la región de transición/inflexión 42, las velocidades del viento son lo suficientemente elevadas como para que el aerogenerador 2 se aproxime a una velocidad nominal máxima (por ejemplo, una velocidad en la que los componentes del aerogenerador 2 pueden comenzar a fallar si ésta se supera). Como tal, en la región de transición/inflexión 42 puede alterarse una o más características de la pala 10 y/o el aerogenerador 2, de modo que se limite la velocidad del aerogenerador 2 (y, por consiguiente, la producción de energía). Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 8, la segunda derivada de la curva de potencia 36 es negativa en la región de transición/inflexión 42. Por lo tanto, aunque la velocidad del aerogenerador 2 (y, en consecuencia, la producción de energía) siga aumentando con la velocidad del viento en la región de transición/inflexión 42, lo hará a un ritmo decreciente. Esto puede deberse, por ejemplo, a uno o más controladores que alteran una o más características de la pala 10 y/o el aerogenerador 2 (por ejemplo, variar la inclinación de la pala 10, extender o retraer la parte de la punta 18, accionar uno o más deflectores de aire 32, etc.) eliminar sustentación en una o más palas 10.

Después de la región de transición/inflexión 42, el aerogenerador 2 puede entrar en una región de velocidad constante 44. En la región de velocidad constante 44, las velocidades del viento que pasa sobre las palas 10 pueden ser lo suficientemente elevadas como para alterar las características de la pala 10/aerogenerador 2 con el fin de mantener constante la velocidad del rotor (y, por lo tanto, la producción de energía) incluso si la velocidad del viento sigue aumentando. Por ejemplo, el aerogenerador 2 puede mantenerse a una velocidad del rotor máxima o inferior a la misma. Esto puede lograrse, por ejemplo, alterando una o más características del aerogenerador 2 y/o las palas 10 para, por ejemplo, eliminar la sustentación que actúa sobre las palas 10. Por ejemplo, puede alterarse la inclinación de una o más palas 10, la parte de la punta 18 puede desplegarse o retraerse, y/o puede accionarse uno o más deflectores de aire 32.

Finalmente, el aerogenerador 2 puede entrar en la región de desconexión 46 después de la región de velocidad constante 44. La región de desconexión 46 puede ser una región en la que, por ejemplo, las velocidades del viento sean tan elevadas que la velocidad del rotor del aerogenerador 2 pueda no controlarse adecuadamente (por ejemplo, mantenerse a una velocidad nominal máxima o por debajo de la misma) y, por lo tanto, se desconecte el aerogenerador 2 para evitar, por ejemplo, daños al aerogenerador 2 y/o sus componentes. Por ejemplo, alterar la inclinación de las palas 10, extender o retraer la parte de la punta 18, y/o accionar uno o más deflectores de aire 32 en la región de desconexión 46 puede ser ineficaz para mantener la velocidad del rotor a una velocidad nominal máxima o por debajo de la misma. En consecuencia, en la región de desconexión 46, el aerogenerador 2 puede desconectarse y/o bloquearse en una posición sin giro para evitar daños a sus componentes.

En algunas realizaciones, uno o más controladores pueden implementar una secuencia de accionamiento particular (tal como se ha descrito) dependiendo de en qué región de la curva de potencia 36 esté funcionando el aerogenerador 2. Por ejemplo, si un aerogenerador 2 está funcionando en la región de velocidad constante 44, los deflectores de aire exteriores 32 (por ejemplo, el deflector de aire 32i y otros cerca de la punta 37) pueden no ser efectivos debido, por ejemplo, al control de inclinación de las palas 10. En consecuencia, una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz en dicha región puede ser inapropiada puesto que, en última instancia, puede ser necesario desplegar más deflectores de aire 32 para lograr el resultado deseado (por ejemplo, reducción de carga) bajo una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz que, por ejemplo, bajo una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta. Es decir, el control de inclinación de las palas 10 puede afectar a la efectividad de los deflectores de aire 32 situados en la raíz 35 menos de lo que afecta a la efectividad de los deflectores de aire 32 situados en la punta 37. En consecuencia, para un aerogenerador 2 que funciona en la región de velocidad constante 44, uno o más controladores pueden accionar deflectores de aire utilizando, por ejemplo, una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta, tal como se ha descrito.

Sin embargo, estos deflectores de aire exteriores 32 situados cerca de la punta 37 (por ejemplo, el deflector 32i y similares) pueden ser más efectivos en, por ejemplo, la región de transición/inflexión 42 debido, por ejemplo, a la inclinación de las palas 10 u otras características del aerogenerador 2 en esa región. En consecuencia, cuando el aerogenerador 2 está funcionando en la región de transición/inflexión 42, uno o más controladores pueden accionar los deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz, tal como se ha descrito.

Además, con el fin de preservar el sistema, reducir ciclos de trabajo generales de los deflectores de aire 32, etc., puede utilizarse una o más de las secuencias de accionamiento descritas en combinación. Por ejemplo, un controlador puede, por ejemplo, emplear una combinación de secuencias de accionamiento de la raíz a la punta y de la punta a la raíz. En tal realización, el controlador puede determinar primero las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidad del viento, velocidad del rotor, cargas que actúan sobre las palas 10 y/o componentes del aerogenerador 2, etc.) y determinar una secuencia de activación apropiada para emplearse en consecuencia. Por ejemplo, en respuesta a la determinación de que el aerogenerador está funcionando, por ejemplo, en la región de velocidad variable 40, uno o más controladores pueden no accionar ningún deflector de aire 32 (para, por ejemplo, lograr una potencia de salida máxima para la velocidad del viento dada). Sin embargo, si aumentan los vientos y el aerogenerador comienza a funcionar, por ejemplo, en la región 42 de transición/inflexión de la curva de potencia 36, el controlador puede accionar los deflectores de aire 32 de acuerdo con una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz. Tal como se ha descrito anteriormente, debido, por ejemplo, al control de inclinación de las palas 10 y otras características del aerogenerador 2 en esta región, los deflectores de aire más exteriores 32 pueden ser más efectivos en esta región, haciendo apropiada una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz. Sin embargo, si la velocidad del viento aumentara, causando que el aerogenerador 2 funcione en la región de velocidad constante 44 de la curva de potencia 36, el uno o más controladores pueden cambiar al uso de una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz. Nuevamente, debido, por ejemplo, al control de inclinación de las palas 10 y/u otras características del aerogenerador 2 que funcionan en la región de velocidad constante 44, los deflectores de aire exteriores 32 pueden ser menos efectivos en esta región, lo que hace que una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta sea más apropiada. En tal realización, el ciclo de trabajo para cada uno de los deflectores de aire 32 puede ser relativamente igual durante la vida útil del sistema dado que, por ejemplo, en ciertas condiciones de funcionamiento, puede utilizarse deflectores de aire interiores 32 y, en otras, puede utilizarse deflectores de aire exteriores 32.

Puede utilizarse cualquiera de las otras secuencias de accionamiento descritas anteriormente en combinación para lograr beneficios similares. Por ejemplo, en algunas realizaciones, puede combinarse una secuencia de accionamiento aleatoria con una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta y/o una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz. Por ejemplo, en realizaciones del aerogenerador 2 en las que cada una de las palas 10 comprende una pluralidad de deflectores de aire 32, puede emplearse una secuencia de accionamiento aleatoria en menos de todas las palas 10, con una secuencia de accionamiento diferente (por ejemplo, de la raíz a la punta, de la punta a la raíz, carga distribuida máxima, etc.) empleada en el resto de las palas 10.

Por ejemplo, y tal como se ha descrito anteriormente, mediante el uso de una secuencia de accionamiento aleatoria, los ciclos de trabajo pueden ser aproximadamente iguales entre cada deflector de aire 32 durante la vida útil del sistema. Sin embargo, para algunas condiciones de funcionamiento, un accionamiento aleatorio de los deflectores de aire 32 en todas las palas 10 a la vez puede ser, por ejemplo, demasiado caótico y/o dar lugar a malos resultados (por ejemplo, reducción de carga inferior a la deseada, poca potencia desarrollada, mayores ciclos de trabajo para el sistema general, etc.). En tales realizaciones, emplear, por ejemplo, una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta, de la punta a la raíz o carga de distribución máxima en una o más palas 10 del sistema puede estabilizar el sistema y, en consecuencia, conducir a los resultados deseados (por ejemplo, disminución de cargas, disminución de ciclos de trabajo, aumento de producción de energía, etc.). Por consiguiente, en algunas realizaciones, menos de todas las palas 10 pueden emplear una secuencia de accionamiento aleatoria, empleando la(s) pala(s) restante(s) 10, por ejemplo, una de las otras secuencias de accionamiento descritas (por ejemplo, de la raíz a la punta, de la punta a la raíz, carga distribuida máxima, etc.). Además, el controlador puede girar la pala 10 que emplea cada secuencia (por ejemplo, girar pala 10 de la pluralidad de palas 10 que utiliza una secuencia de accionamiento distinta de accionamiento aleatorio) de modo que todavía puedan obtenerse los beneficios de un accionamiento aleatorio (por ejemplo, ciclos de trabajo aproximadamente iguales entre cada deflector de aire 32) en todo el sistema.

En algunas realizaciones, una secuencia de accionamiento de recuento cíclico puede combinarse, por ejemplo, con secuencias de accionamiento de la raíz a la punta, de la punta a la raíz y/o carga de distribución máxima de manera similar. Por ejemplo, para menos de todas las palas 10 puede emplearse una secuencia de accionamiento de recuento de ciclos (para, por ejemplo, distribuir aproximadamente ciclos de trabajo entre cada deflector de aire 32) mientras que para el resto de las palas 10 puede emplearse cualquiera de las otras las secuencias de accionamiento descritas para, por ejemplo, estabilizar el sistema. Al igual que con la combinación de una o más palas 10 que emplean una secuencia de accionamiento aleatoria y el resto de palas que emplean una secuencia de accionamiento diferente, la secuencia de accionamiento empleada en cada pala 10 en esta realización (por ejemplo, secuencia de accionamiento de recuento de ciclos frente a otra secuencia de accionamiento) puede girar para, por ejemplo, lograr los beneficios de todo el sistema del uso de procedimientos de accionamiento de recuento de ciclos, tal como se ha descrito.

En otras realizaciones, puede alternarse una secuencia de accionamiento de recuento de ciclos y/o aleatoria en una pala 10 determinada con una o más secuencias de accionamiento diferentes (por ejemplo, de la raíz a la punta, de la punta a la raíz, carga distribuida máxima, etc.) para, por ejemplo, distribuir ciclos de trabajo entre cada deflector de aire incluido 32. Por ejemplo, en algunas realizaciones, puede emplearse una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta en una pala 10 y, una vez estabilizada, la pala 10 puede cambiar a, por ejemplo, una secuencia de

accionamiento de recuento de ciclos. En otras realizaciones, puede emplearse una secuencia de accionamiento de carga distribuida máxima en una pala 10 y, una vez estabilizada, la pala 10 puede cambiar, por ejemplo, a una secuencia de accionamiento aleatoria. En consecuencia, los ciclos de trabajo relativos de cada deflector de aire 32 pueden seguir siendo aproximadamente iguales.

5 Las combinaciones anteriores de secuencias de accionamiento específicas se dan sólo con fines ilustrativos. Un experto en la materia, a partir de esta descripción, reconocerá que puede combinarse cualquiera de las secuencias de accionamiento descritas anteriormente para obtener resultados beneficiosos similares.

10 Aunque cada una de las secuencias de accionamiento descritas anteriormente se ha descrito en relación con una secuencia de accionamiento basada en las palas (por ejemplo, uno o más deflectores de aire 32 accionados en una pala 10 determinada), puede emplearse cualquiera de los sistemas de accionamiento descritos como secuencia de accionamiento basada en un rotor. Por ejemplo, en lugar de determinar cuántos deflectores de aire 32 deben accionarse en una sola pala 10 en respuesta a condiciones de operación determinadas y utilizar después una secuencia de accionamiento particular en esa pala 10 tal como se ha descrito, en algunas realizaciones puede determinarse un número total de deflectores de aire 32 que se requiera accionar en un rotor como un todo y puede utilizarse después una o más de las secuencias de accionamiento anteriores respecto a ese rotor como un todo.

15 A modo de ejemplo, uno o más controladores pueden determinar, a partir de las condiciones de funcionamiento detectadas (por ejemplo, por un acelerómetro, sensor de diferencial de presión diferencial, sensor de velocidad, etc.) que es necesario accionar uno o más deflectores de aire 32 para llevar las cargas que actúan sobre el aerogenerador 2 y/o una velocidad del rotor del aerogenerador 2 a un nivel aceptable. En consecuencia, el uno o más controladores pueden determinar un número total de deflectores de aire a accionar para el rotor del aerogenerador 2 en su conjunto. Por ejemplo, el uno o más controladores pueden determinar que es necesario accionar siete deflectores de aire totales 32 para lograr un resultado deseado (por ejemplo, llevar el rotor a una velocidad aceptable). En consecuencia, el uno o más controladores pueden accionar siete deflectores de aire 32 utilizando cualquiera de los procedimientos de accionamiento descritos basados en el rotor.

20 Por ejemplo, si el uno o más controladores acciona los siete deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento de la raíz a la punta, éste puede accionar los siete deflectores de aire más interiores 32 respecto al rotor en su conjunto. Por lo tanto, el uno o más controladores pueden accionar, por ejemplo, deflectores de aire 32a, 32b y 32c en la pala representada 10 en la figura 7, junto con los dos deflectores de aire más interiores 32 de cada una de las otras dos palas 10 (mostrado parcialmente en la figura 7). En otro ejemplo, si el uno o más controladores acciona los siete deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento de la punta a la raíz, éste puede accionar los siete deflectores de aire más exteriores 32 respecto al rotor en su conjunto. Por lo tanto, el uno o más controladores pueden accionar, por ejemplo, deflectores de aire 32g, 32h y 32i en la pala representada 10 en la figura 7, junto con los dos deflectores de aire más exteriores 32 en cada una de las otras dos palas 10 (mostrado parcialmente en la figura 7).

35 En otro ejemplo, si el uno o más controladores acciona los siete deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento aleatoria, éste puede accionar siete deflectores de aire 32 aleatorios en todo el sistema de rotor. Por lo tanto, una de las palas 10 puede tener, por ejemplo, un deflector de aire 32 accionado en cualquier posición aleatoria a lo largo de su longitud, otra de las palas 10 puede tener, por ejemplo, dos deflectores de aire 32 accionados en cualquier posición aleatoria a lo largo de su longitud, y otra de las palas 10 puede tener, por ejemplo, cuatro deflectores de aire 32 accionados en cualquier posición aleatoria a lo largo de su longitud.

40 De manera similar, en algunas realizaciones, el uno o más controladores pueden accionar los siete deflectores de aire 32 utilizando una secuencia de accionamiento de recuento de ciclos. En tales realizaciones, el uno o más controladores pueden, por ejemplo, determinar los siete deflectores de aire 32 de todos los deflectores de aire 32 incluidos en el aerogenerador 2 que han sido menos accionados acumulativamente. Por ejemplo, en la figura 7, si cada una de las dos palas 10 mostradas parcialmente comprende de manera similar nueve deflectores de aire 32 como con la pala 10 mostrada completamente, entonces el uno o más controladores en esta realización pueden determinar los siete deflectores de aire 32 de los veintisiete deflectores de aire totales 32 que han sido menos accionados y, en consecuencia, accionar cada uno de esos siete para lograr el resultado deseado.

45 Para cualquiera de las secuencias de accionamiento descritas (por ejemplo, de la raíz a la punta, de la punta a la raíz, carga distribuida máxima, aleatoria, recuento de ciclos, etc.), y para sistemas de accionamiento basados en las palas o el rotor, cada deflector de aire 32 accionado puede tener una altura máxima (por ejemplo, una altura desde uno de lado de baja presión 26 o lado de alta presión 24 hasta el borde del deflector de aire accionado 32 tal como se indica por "h" en la figura 4) diferente de otros deflectores de aire 32 dispuestos en cualquiera de las palas 10. Por ejemplo, volviendo a la figura 7, el deflector de aire 31a puede tener una altura máxima diferente, por ejemplo, de la del deflector de aire 32e. En algunas realizaciones, cada deflector de aire puede tener una altura máxima igual, por ejemplo, a un cierto porcentaje de una longitud de cuerda correspondiente ("c" en la figura 4) en la posición de la posición de la pala

10 donde se encuentra situado el deflector de aire 32. En consecuencia, debido a que la longitud de la cuerda puede variar a lo largo de la longitud de la pala 10 (por ejemplo, puede ser más larga en una posición del deflector de aire 32a que en una posición del deflector de aire 32e), también puede variar la altura máxima de cada deflector de aire 32 a lo largo de la longitud de la pala 10 (por ejemplo, el deflector de aire 32a puede tener una altura máxima mayor que, por ejemplo, el deflector de aire 32e).

Además, en cualquiera de las secuencias de accionamiento descritas (por ejemplo, de la raíz a la punta, de la punta a la raíz, carga distribuida máxima, aleatoria, recuento de ciclos, etc.) y para sistemas de accionamiento basados en las palas o bien en el rotor, cada deflector de aire 32 accionado puede configurarse para ser accionado a una altura variable. Por ejemplo, el actuador 30 de cada deflector de aire 32 puede ser tal que cada deflector de aire 32 pueda accionarse a una altura máxima o cualquier fracción de la misma. Por consiguiente, dependiendo de, por ejemplo, una posición en la envergadura de un deflector de aire 32 particular, las condiciones de funcionamiento determinadas del aerogenerador 2, y/o un resultado deseado accionando uno o más deflectores de aire 32, el uno o más controladores pueden accionar cada deflector de aire a una altura variable. En tales realizaciones, este accionamiento más sutil (por ejemplo, altura variable) puede dar como resultado, por ejemplo, un mejor rendimiento de control. Por ejemplo, a través de un accionamiento de altura variable, uno o más controladores pueden lograr, por ejemplo, una mayor reducción de carga con menos pérdida de potencia.

En algunas realizaciones, los deflectores de aire 32 pueden accionarse de acuerdo con un sistema de accionamiento distribuido. Por ejemplo, en algunas realizaciones, cada pala 10 puede comprender múltiples deflectores de aire (por ejemplo, deflectores de aire 32a-32i tal como se representa en la figura 7) comprendiendo cada deflector de aire 32 un sensor correspondiente (por ejemplo, diferencial de presión, acelerómetro, velocidad, etc.) y/o un controlador (no se muestra). En tales realizaciones, el controlador correspondiente de un deflector de aire particular 32 puede leer una medición del sensor correspondiente y determinar en consecuencia una fracción de accionamiento para ese deflector de aire particular (por ejemplo, un accionamiento entre 0 y 100%). Por ejemplo, cada controlador puede determinar las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, velocidad del viento, aceleración, carga aerodinámica, etc.) en la posición de un deflector de aire correspondiente 32 (según, por ejemplo, una lectura del sensor dispuesto en esa posición) y accionar ese deflector de aire 32 si es necesario, por ejemplo, para reducir la carga.

Además, y tal como se ha descrito, el deflector de aire 32 puede ser capaz de ser accionado a una altura variable. Por lo tanto, un controlador correspondiente a un deflector de aire específico 32 puede determinar, para algunas condiciones de funcionamiento, que no sea necesario accionar el deflector de aire 32 y, por lo tanto, el deflector de aire 32 se accionará al 0% de su altura máxima. Para otras condiciones de funcionamiento, el controlador correspondiente a un deflector de aire específico 32 puede determinar que es necesario accionar el deflector de aire 32, pero no completamente y, por lo tanto, el controlador puede accionar el deflector de aire 32, por ejemplo, a una fracción de su altura máxima (por ejemplo, un 50%). Para otras condiciones de funcionamiento, el controlador correspondiente a un deflector de aire específico 32 puede determinar que es necesario accionar el deflector de aire 32 a una altura máxima y, por lo tanto, el controlador puede accionar el deflector de aire 32 a su altura máxima (por ejemplo, el 100%). Los sistemas que emplean dicho accionamiento distribuido, en algunas realizaciones, pueden tener una mayor fiabilidad que otros sistemas (por ejemplo, sistemas que no utilizan un sensor y/o controlador en cada deflector de aire 32) ya que, si falla una combinación de controlador/deflector de aire 32, otra combinación de controlador/sensor/deflector de aire 32 todavía puede funcionar.

Los procedimientos y características que se mencionan aquí pueden implementarse adicionalmente a través de cualquier cantidad de medios legibles por ordenador que puedan almacenar instrucciones legibles por ordenador. Ejemplos de medios legibles por ordenador que pueden utilizarse incluyen RAM, ROM, EEPROM, memoria flash, u otra tecnología de memoria, CD-ROM, DVD u otro almacenamiento en disco óptico, cassetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento magnético y similares.

Si bien se muestran sistemas y procedimientos ilustrativos tal como se describen aquí incorporando diversos aspectos de la presente invención, los expertos en la materia entenderán que la invención no se limita a estas realizaciones. Los expertos en la materia pueden introducir modificaciones, particularmente a la luz de las indicaciones anteriores. Por lo tanto, la descripción debe considerarse ilustrativa en lugar de restrictiva de la presente invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para accionar dispositivos de gestión de cargas en un perfil aerodinámico (10), comprendiendo el procedimiento:
- determinar, mediante un dispositivo de control de un perfil aerodinámico, condiciones de funcionamiento en un perfil aerodinámico (10);
 10 determinar, mediante el dispositivo de control de un perfil aerodinámico, una serie de dispositivos de gestión de cargas (28) que se han de accionar de acuerdo con las condiciones de funcionamiento, en el que el número de dispositivos de gestión de cargas que se han de accionar es menor que la totalidad de una pluralidad de dispositivos de gestión de cargas; y
 15 accionar, mediante el dispositivo de control de un perfil aerodinámico, la serie de dispositivos de gestión de cargas (28) de acuerdo con una secuencia de accionamiento para accionar el número de dispositivos de gestión de cargas (28);
 20 caracterizado por determinar, mediante el dispositivo de control de un perfil aerodinámico, un recuento de ciclos que indica cuántas veces se ha accionado previamente cada uno de la pluralidad de dispositivos de gestión de cargas (28), en el que la secuencia de accionamiento es una secuencia de accionamiento de recuento de ciclos tal que el accionamiento de la serie de dispositivos de gestión de cargas comprende accionar un dispositivo de gestión de cargas (28) que tiene un recuento de ciclos mínimo de los recuentos de ciclos determinados.
- 25 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la pluralidad de dispositivos de administración de cargas (28) están configurados para ser accionados a alturas variables, y en el que accionar la serie de dispositivos de administración de cargas (28) comprende accionar un primer dispositivo de administración de cargas a una altura diferente de segundo dispositivo de gestión de cargas.
- 30 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que determinar las condiciones de funcionamiento en el perfil aerodinámico (10) comprende determinar una carga aerodinámica que actúa sobre el perfil aerodinámico (10) en una posición de cada uno de la pluralidad de dispositivos de gestión de cargas (28).
- 35 4. Procedimiento para accionar dispositivos de gestión de cargas (28) sobre palas (10) de un aerogenerador (2), caracterizado por el hecho de que los dispositivos de gestión de cargas son preferiblemente deflectores (32), comprendiendo el procedimiento:
- determinar, mediante un dispositivo de control de las palas, condiciones de funcionamiento del aerogenerador; y
 40 para cada pala de una pluralidad de palas del aerogenerador: determinar, mediante el dispositivo de control de las palas, una serie de dispositivos de gestión de cargas que se han de accionar en la pala de acuerdo con las condiciones de funcionamiento, en el que la serie de dispositivos de gestión de cargas a accionar es menor que todos los de una pluralidad de dispositivos de gestión de cargas en la pala; determinar, mediante el dispositivo de control de las palas, una secuencia de accionamiento para accionar la serie de dispositivos de gestión de cargas en la pala; y accionar, mediante el dispositivo de control de las palas, la serie de dispositivos de gestión de cargas de acuerdo con la secuencia de accionamiento determinada;
 45 caracterizado por el hecho de que, para una primera pala de la pluralidad de palas del aerogenerador, dicha determinación de una secuencia de accionamiento comprende determinar, mediante el dispositivo de control de las palas, un recuento de ciclos que indica cuántas veces se ha accionado previamente cada uno de la pluralidad de dispositivos de gestión de cargas, en el que la secuencia de accionamiento para la primera pala es una secuencia de accionamiento de recuento de ciclos de manera que el accionamiento de la serie de dispositivos de gestión de cargas comprende accionar un dispositivo de gestión de cargas que tiene un recuento de ciclos mínimo de los recuentos de ciclos determinados.
- 50 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que la secuencia de accionamiento para la primera pala de la pluralidad de palas difiere de la secuencia de accionamiento para una segunda pala de la pluralidad de palas.
- 55 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que la secuencia de accionamiento para la primera pala (10) es la secuencia de accionamiento de recuento de ciclos que se emplea en menos de todas las palas y la secuencia de accionamiento para la segunda pala (10) es una secuencia de la raíz a la punta de manera que el accionamiento del número de dispositivos de gestión de cargas para la segunda pala (10) comprende accionar la serie de dispositivos de gestión de cargas más interiores (32a-32d).
- 60 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que la secuencia de accionamiento para la primera pala (10) es la secuencia de accionamiento de recuento de ciclos que se emplea en menos de todas las palas y la secuencia de accionamiento para la segunda pala (10) es una secuencia de la punta a la raíz de manera

que el accionamiento del número de dispositivos de gestión de cargas para la segunda pala (10) comprende accionar la serie de dispositivos de administración de cargas más interiores (32a-32d).

- 5 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que la pluralidad de dispositivos de administración de cargas (28) están configurados para ser accionados a alturas variables, y en el que accionar el número de dispositivos de administración de cargas comprende accionar un primer dispositivo de administración de cargas a una altura diferente de un segundo dispositivo de administración de cargas.

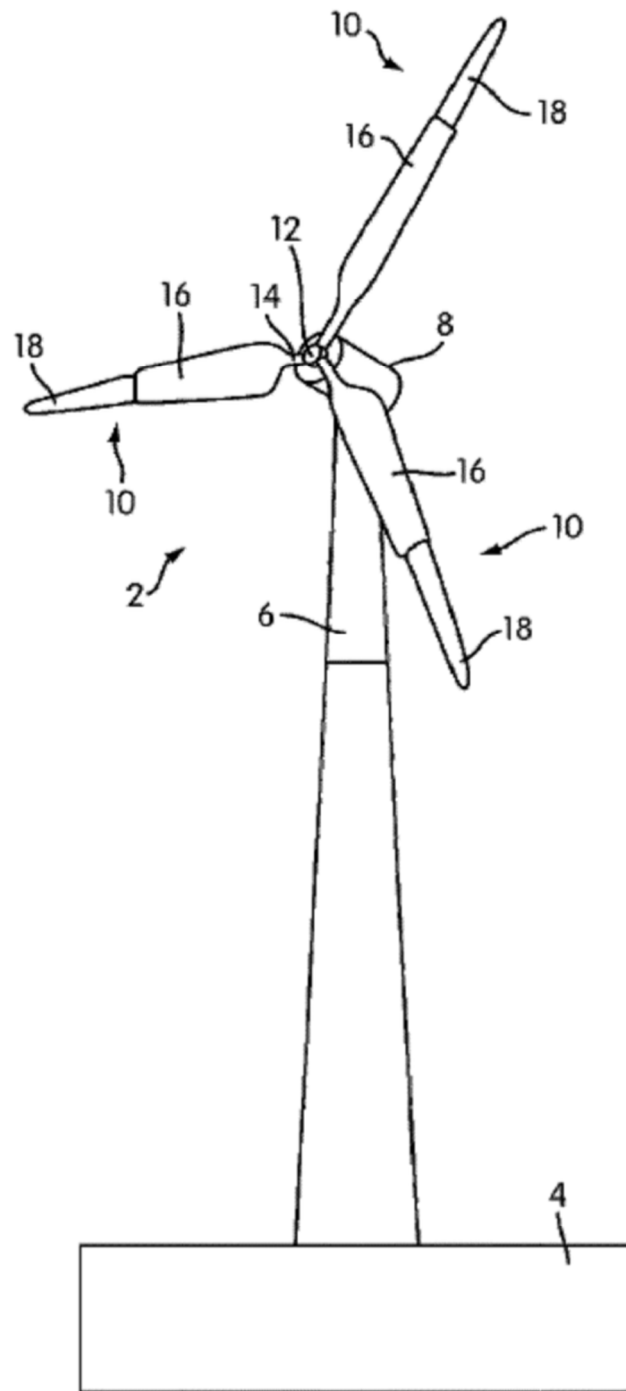


FIG. 1

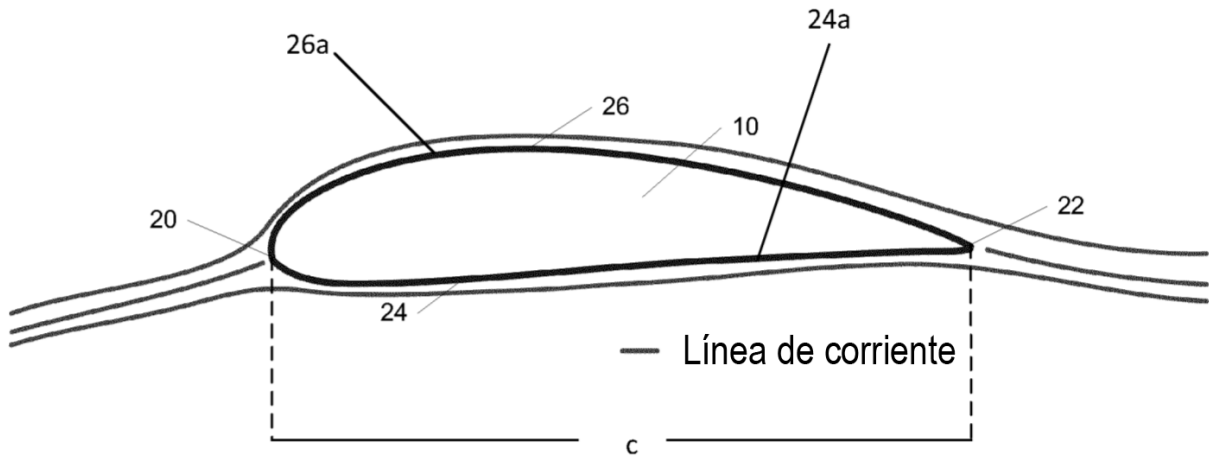


FIG. 2

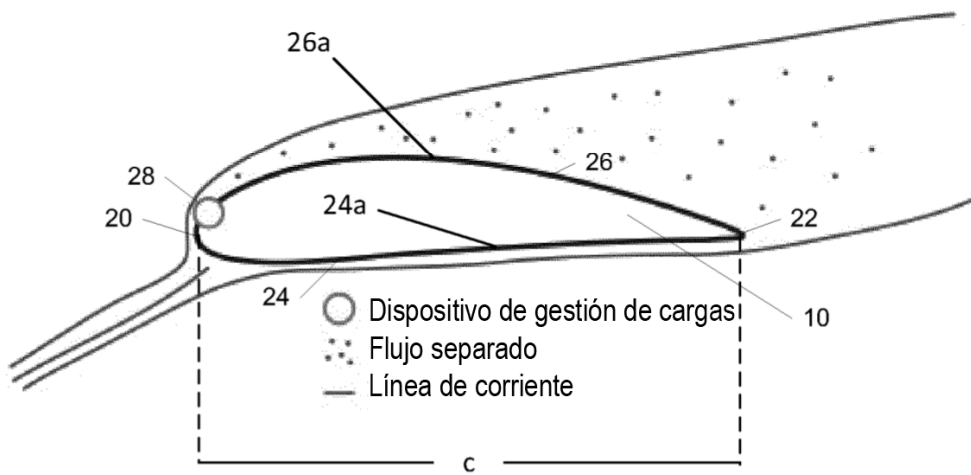


FIG. 3

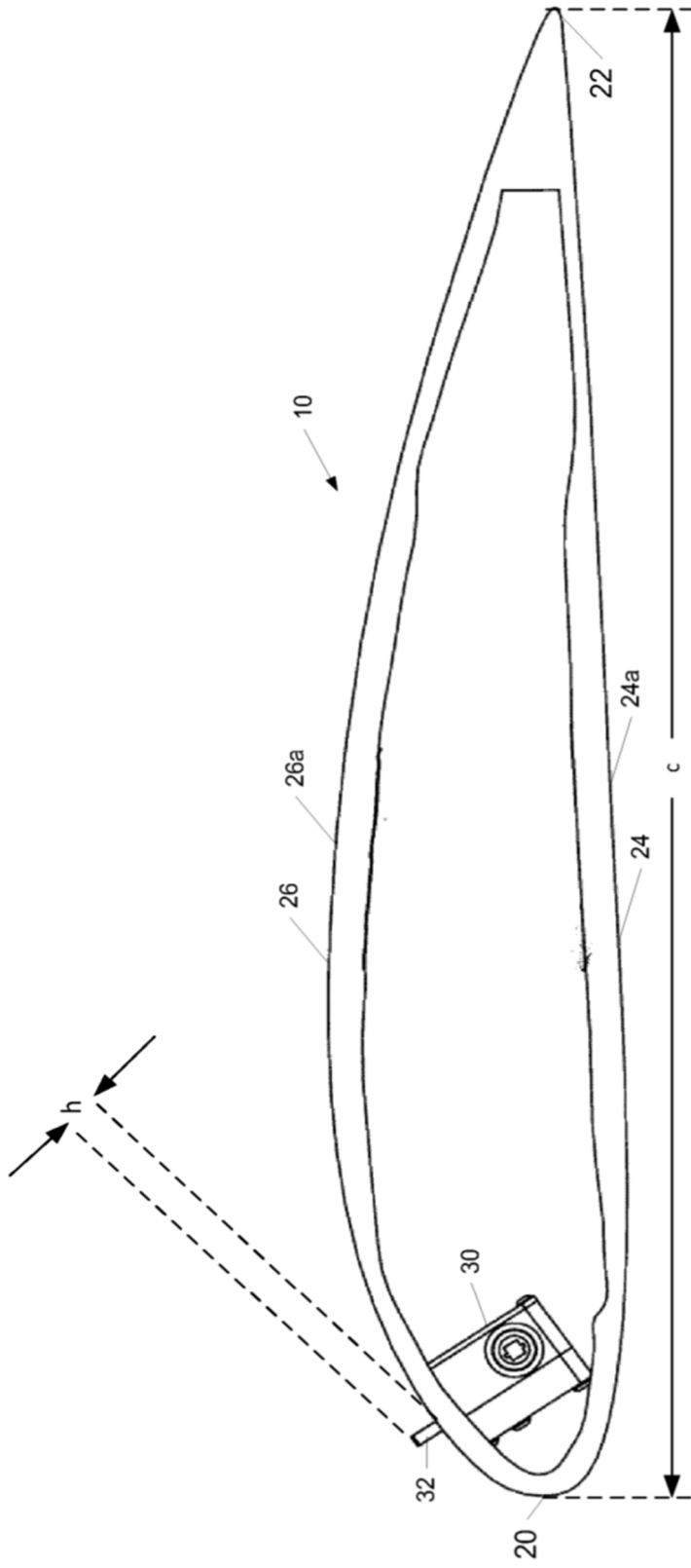


FIG. 4

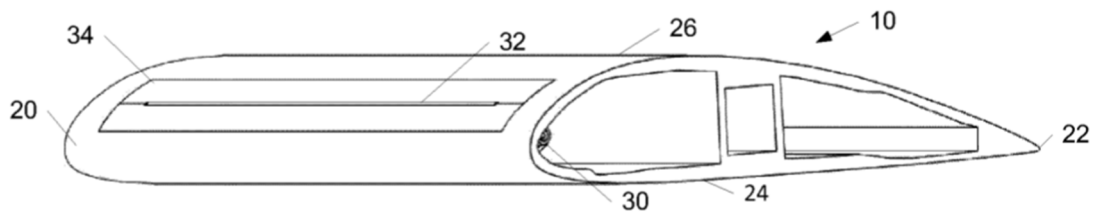


FIG. 5

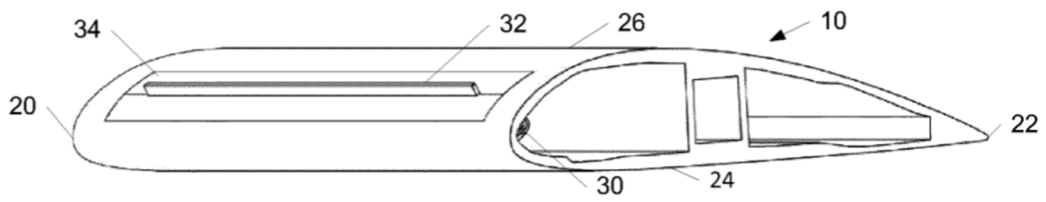


FIG. 6

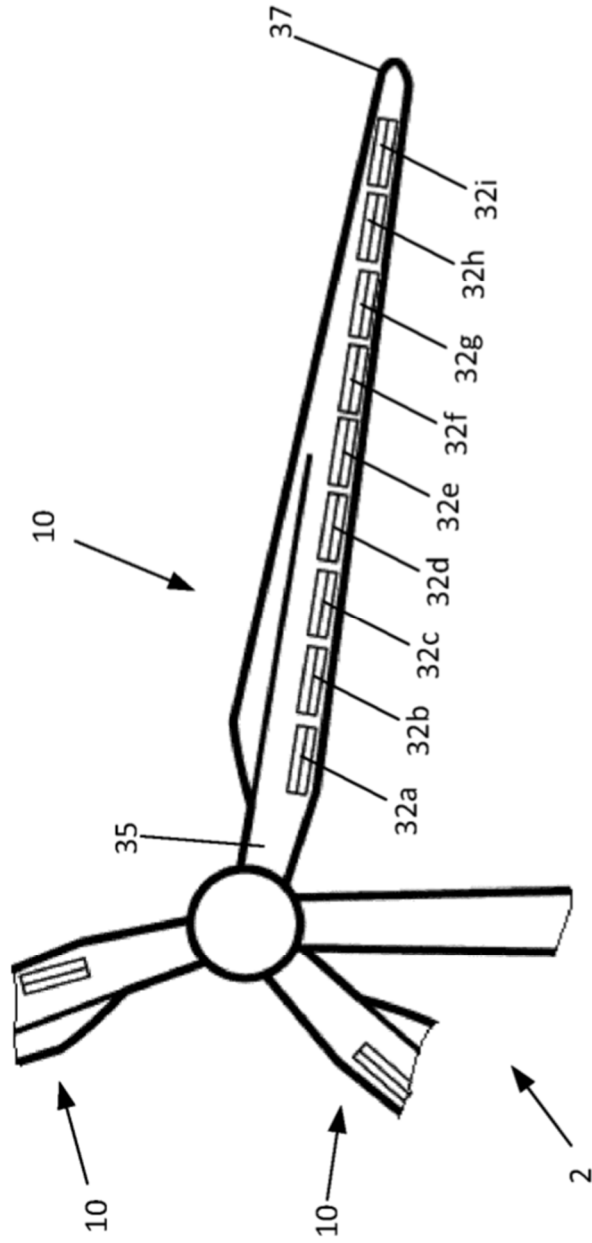


FIG. 7

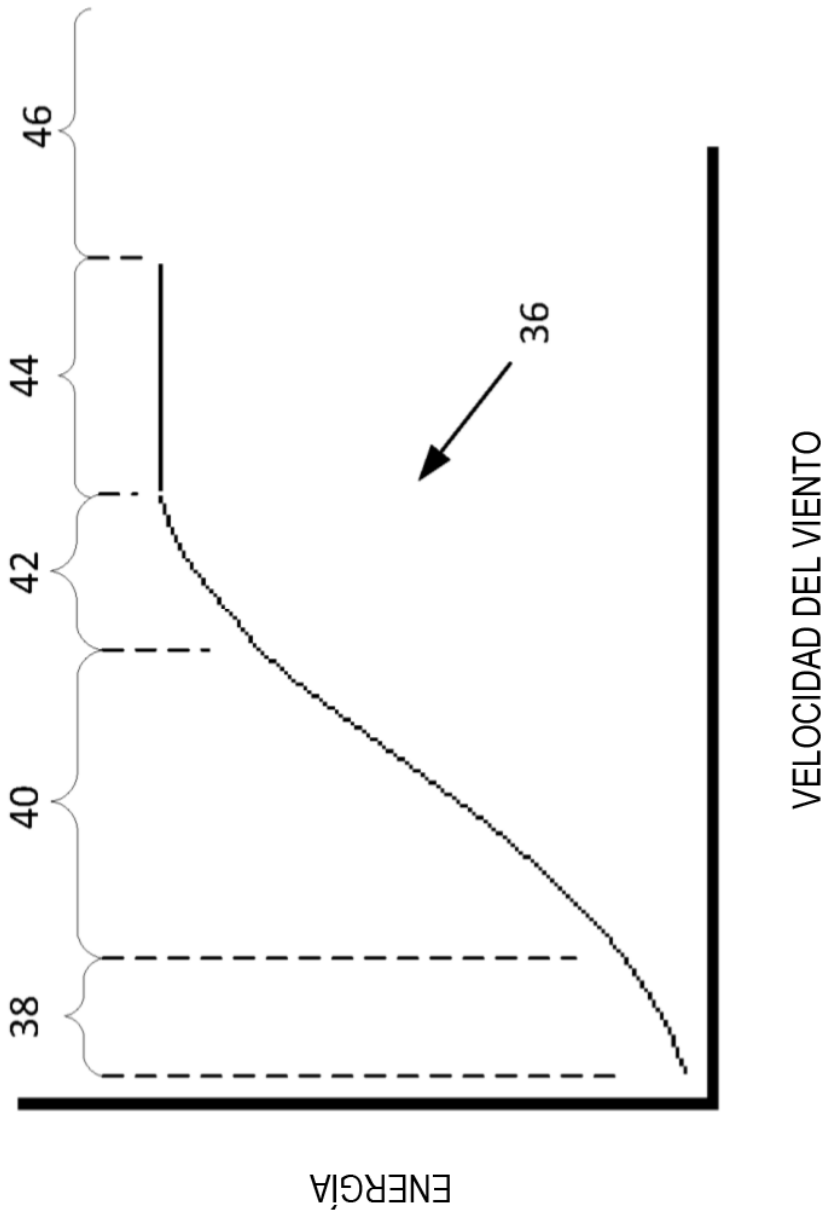


FIG. 8

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

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

Documentos de patentes citados en la descripción

- 10 • US 6902370 B [0006] [0021] • EP 2128385 A [0008]
• US 8267654 B [0007] • US 2012141268 A [0008]