

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 559**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

F03D 1/02 (2006.01)

F03D 1/04 (2006.01)

F03D 80/60 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2021** **E 21382372 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2024** **EP 4083413**

54 Título: **Fuente de alimentación de respaldo para turbinas eólicas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.01.2025

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA
S.L. (100.00%)
C/ Roc Boronat, 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**PALOMARES RENTERO, PEDRO;
MEDINA DIAZ, ALIO;
GARCIA MOLINA, VÍCTOR MANUEL y
SANTACRUZ RODRIGUEZ, XAVIER**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 994 559 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

Fuente de alimentación de respaldo para turbinas eólicas

5 [0001] La presente divulgación se refiere a turbinas eólicas y, más en particular, se refiere a fuentes de alimentación de respaldo para turbinas eólicas. La presente divulgación se refiere además a procedimientos y sistemas que usan pequeñas turbinas eólicas integradas en una góndola de una turbina eólica a gran escala.

Antecedentes

10 [0002] Las turbinas eólicas modernas se usan comúnmente para suministrar electricidad a la red eléctrica. Las turbinas eólicas de esta clase comprenden, en general, una torre y un rotor dispuesto en la torre. El rotor, que típicamente comprende un buje y una pluralidad de palas, se pone en rotación bajo la influencia del viento sobre las palas. Dicha rotación genera un par de torsión que se transmite normalmente a través de un eje de rotor a un generador, directamente o bien a través de una multiplicadora. De esta manera, el generador produce electricidad que se puede suministrar a la red eléctrica.

15 [0003] El buje de turbina eólica se puede acoplar de forma rotatoria a una parte frontal de la góndola. El buje de turbina eólica se puede conectar a un eje de rotor y, a continuación, el eje de rotor se puede montar de forma rotatoria en la góndola usando uno o más rodamientos de eje de rotor dispuestos en un bastidor en el interior de la góndola. La góndola es una carcasa dispuesta en la parte superior de una torre de turbina eólica que contiene y protege, por ejemplo, la multiplicadora (si está presente) y el generador y, dependiendo de la turbina eólica, otros componentes, tales como un convertidor de potencia y sistemas auxiliares. El documento KR 2015 0045188 A divulga una turbina eólica que comprende una góndola con un sistema de suministro de aire que usa aire descargado del sistema de enfriamiento para proporcionar enfriamiento adicional e incrementar la eficacia. El documento JP 2008 309122 A divulga una turbina eólica que comprende una góndola con un eyector que recoge aire desde una entrada hacia un difusor, donde el aire del interior de la góndola se mezcla con aire de la entrada y fluye fuera de la góndola.

20 [0004] Una turbina eólica puede comprender una pluralidad de sistemas auxiliares que dependen de una fuente de alimentación para su funcionamiento. Dichos sistemas auxiliares pueden incluir uno o más sistemas de *pitch* para rotar las palas a lo largo de sus ejes longitudinales y también pueden incluir un sistema de orientación para rotar la góndola alrededor de un eje longitudinal de la torre para alinear la góndola y el rotor de turbina eólica con la dirección del viento entrante. Otros sistemas auxiliares incluyen dispositivos de comunicación (para comunicar un estado de una turbina eólica a un centro de control), sistemas de aire acondicionado, luces, bombas de lubricación, balizas y muchos otros.

25 [0005] Cuando una turbina eólica está funcionando y entregando potencia eléctrica a la red, dichos sistemas auxiliares pueden recibir potencia para su funcionamiento desde su conexión a la red eléctrica. Por ejemplo, un transformador de tensión principal de una turbina eólica se puede conectar a una red eléctrica, por ejemplo, la red eléctrica de un parque eólico. Un transformador de tensión auxiliar se puede conectar para reducir la tensión de la potencia entregada desde la red para el suministro a los sistemas auxiliares.

30 [0006] Puede suceder que durante la vida útil de una turbina eólica, una turbina eólica se desconecte temporalmente de la red eléctrica. Por ejemplo, un fallo de la turbina eólica o un fallo de la red pueden dar como resultado una situación en la que la turbina eólica se desconecta de la red. La turbina eólica no puede entregar potencia a la red, ni los sistemas auxiliares pueden recibir potencia de la red. Es conocido proporcionar fuentes de alimentación de respaldo para abordar dichas situaciones. Por ejemplo, se pueden proporcionar supercondensadores o baterías para asegurarse de que al menos los sistemas auxiliares más críticos (por ejemplo, balizas, sistemas de comunicación, el controlador de turbina eólica) puedan continuar funcionando incluso si la turbina eólica está desconectada de la red durante un período de tiempo más largo. También es conocido proporcionar, por ejemplo, un generador diésel o paneles solares para proporcionar fuente de alimentación de respaldo a una turbina eólica.

35 [0007] Cuando una turbina eólica se puede conectar a la red eléctrica de nuevo es necesario preparar varios sistemas y requieren, por ejemplo, calentarse antes de poder arrancar de nuevo. Es posible que la turbina eólica no esté necesariamente alineada con la dirección del viento predominante en el momento del arranque. Por lo tanto, es posible que sea necesario activar el sistema de orientación de la turbina eólica antes del arranque real de la turbina eólica.

40 [0008] Incluso si se proporcionan fuentes de alimentación de respaldo, las baterías y los supercondensadores pueden no ser suficientes para proporcionar potencia, por ejemplo, durante una semana o dos semanas de desconexión. Es posible que se requiera energía o potencia adicional para el calentamiento antes de reanudar el funcionamiento. Incluso si fuera viable proporcionar fuentes de alimentación de respaldo durante períodos de tiempo más largos, el coste implicado puede ser prohibitivo.

Breve explicación

5 [0009] En un aspecto de la presente divulgación, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica comprende una torre, una góndola montada en la torre, un rotor de turbina eólica con una pluralidad de palas y un generador de turbina eólica acoplado de forma operativa con el rotor de turbina eólica. La turbina eólica comprende además uno o más convertidores auxiliares de energía eólica integrados en la góndola. Los convertidores auxiliares de energía eólica están configurados para convertir la energía mecánica de los convertidores auxiliares de energía eólica en energía eléctrica. Además, los convertidores auxiliares de energía eólica están configurados para proporcionar al menos una parte de la energía eléctrica de los convertidores auxiliares de energía eólica a un sistema auxiliar de la turbina eólica y/o a un elemento de almacenamiento de energía.

10 [0010] De acuerdo con este aspecto, se proporciona una turbina eólica que puede proporcionar potencia eléctrica a sistemas auxiliares de una turbina eólica incluso cuando una turbina eólica está desconectada de una red eléctrica durante un período de tiempo más largo. En la góndola están integrados convertidores auxiliares de energía eólica para generar la potencia eléctrica para dichos sistemas auxiliares. Por lo tanto, si hay viento disponible para el arranque de la turbina eólica, se puede usar el mismo viento para alimentar sistemas auxiliares en preparación para el arranque de la turbina eólica.

15 [0011] Por integrados en la presente divulgación se ha de entender en el presente documento que los convertidores auxiliares de energía eólica están dispuestos al menos parcialmente en el interior de la góndola o a lo largo de una pared de la carcasa de góndola. Los convertidores auxiliares de energía eólica pueden estar cubiertos al menos parcialmente, por ejemplo, por un techo, cubierta o camisa de la góndola y, por tanto, pueden ser invisibles desde el exterior de la góndola.

20 [0012] En ejemplos, el plano de rotor de los convertidores auxiliares de energía eólica puede ser sustancialmente paralelo a una parte local (techo o paredes laterales) de la góndola. Es decir, el plano de rotor puede ser sustancialmente paralelo a la parte o porción de la góndola donde está dispuesto el convertidor auxiliar de energía eólica. Por ejemplo, para un convertidor auxiliar de energía eólica (o turbina eólica "más pequeña") dispuesto con un techo de la góndola, el plano de rotor puede ser sustancialmente horizontal.

25 [0013] En otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona un procedimiento que comprende usar el viento que fluye dentro de una camisa de una góndola para provocar un flujo de aire a través de uno o más convertidores auxiliares de energía eólica dispuestos con la góndola. El procedimiento comprende además convertir la energía mecánica del convertidor auxiliar de energía eólica en energía eléctrica y proporcionar al menos una parte de la energía eléctrica de los convertidores auxiliares de energía eólica a un sistema auxiliar de la turbina eólica y/o a un elemento de almacenamiento de energía.

Breve descripción de los dibujos

30 [0014]

La figura 1 ilustra esquemáticamente una vista en perspectiva de un ejemplo de una turbina eólica;

35 la figura 2 ilustra una vista interna simplificada de un ejemplo de la góndola de la turbina eólica de la figura 1;

40 las figuras 3A - 3D ilustran esquemáticamente un ejemplo de una turbina eólica que incluye una pluralidad de convertidores auxiliares de energía eólica; y

45 la figura 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo de cómo se puede suministrar potencia eléctrica a los sistemas auxiliares de una turbina eólica.

Descripción detallada de los ejemplos

50 [0015] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, de los que uno o más ejemplos se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no como 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 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 como vienen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

55 [0016] La FIG. 1 es una vista en perspectiva de un ejemplo de una turbina eólica 10. En el ejemplo, 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 ejemplo, la turbina eólica 10 incluye una torre 100 que se extiende desde un sistema de soporte 14 en un suelo 12, una góndola 16 montada en la torre 100 y un rotor 18 que está acoplado a la góndola

16. La figura 1 representa específicamente una turbina eólica terrestre, pero la presente divulgación también se refiere a turbinas eólicas marinas.

[0017] El rotor 18 incluye un buje 20 rotatorio y al menos una pala de rotor 22 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje 20. En el ejemplo, el rotor 18 tiene tres palas de rotor 22. En un modo de realización alternativo, el rotor 18 incluye más o menos de tres palas de rotor 22. La torre 100 se puede fabricar de acero tubular para definir una cavidad (no mostrada en la figura 1) entre un sistema de soporte 14 y la góndola 16 dispuesta en un extremo superior 102 de la torre 100. En un modo de realización alternativo, la torre 100 es cualquier tipo adecuado de torre que tenga cualquier altura adecuada. De acuerdo con una alternativa, la torre puede ser una torre híbrida que comprenda una porción hecha de hormigón y una porción de acero tubular. Además, la torre puede ser una torre de celosía parcial o completa.

[0018] Las palas de rotor 22 están espaciadas alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para posibilitar que la energía cinética se transfiera del viento para convertirse en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Las palas de rotor 22 se engranan al buje 20 acoplando una porción de raíz de pala 24 al buje 20 en una pluralidad de regiones de transferencia de carga 26. Las regiones de transferencia de carga 26 pueden tener una región de transferencia de carga de buje y una región de transferencia de carga de pala (ninguna mostrada en la figura 1). Las cargas inducidas en las palas de rotor 22 se transfieren al buje 20 por medio de las regiones de transferencia de carga 26.

[0019] En ejemplos, las palas de rotor 22 pueden tener una longitud que varía de aproximadamente 15 metros (m) a aproximadamente 90 m o más. Las palas de rotor 22 pueden tener cualquier longitud adecuada que posibilite que la turbina eólica 10 funcione como se describe en el presente documento. Por ejemplo, los ejemplos no limitantes de longitudes de pala incluyen 20 m o menos, 37 m, 48,7 m, 50,2 m, 52,2 m o una longitud que sea mayor de 91 m. Cuando el viento golpea las palas de rotor 22 desde una dirección del viento 28, el rotor 18 rota alrededor de un eje de rotor 30. A medida que las palas de rotor 22 rotan y se someten a fuerzas centrífugas, las palas de rotor 22 también se someten a diversas fuerzas y momentos. Como tales, las palas de rotor 22 se pueden desviar y/o rotar desde una posición neutra, o no desviada, a una posición desviada.

[0020] Además, un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 22, es decir, un ángulo que determina una orientación de las palas de rotor 22 con respecto a la dirección del viento, se puede cambiar por un sistema de *pitch* 32 para controlar la carga y potencia generada por la turbina eólica 10 ajustando una posición angular de al menos una pala de rotor 22 en relación con los vectores de viento. Se muestran los ejes de *pitch* 34 de las palas de rotor 22. Durante el funcionamiento de la turbina eólica 10, el sistema de *pitch* 32 puede cambiar, en particular, un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 22 de modo que el ángulo de ataque de (porciones de) las palas de rotor se reduzca, lo que facilita la reducción de una velocidad de rotación y/o facilita una entrada en pérdida del rotor 18.

[0021] En el ejemplo, un *pitch* de pala de cada pala de rotor 22 se controla individualmente por un controlador de turbina eólica 36 o por un sistema de control de *pitch* 80. De forma alternativa, el *pitch* de pala para todas las palas de rotor 22 se puede controlar simultáneamente por dichos sistemas de control.

[0022] Además, en el ejemplo, a medida que cambia la dirección del viento 28, se puede rotar una dirección de orientación de la góndola 16 alrededor de un eje de orientación 38 para situar las palas de rotor 22 con respecto a la dirección del viento 28.

[0023] En el ejemplo, el controlador de turbina eólica 36 se muestra como centralizado dentro de la góndola 16, sin embargo, el controlador de turbina eólica 36 puede ser un sistema distribuido por toda la turbina eólica 10, en el sistema de soporte 14, dentro de un parque eólico, y/o en un centro de control remoto. El controlador de turbina eólica 36 incluye un procesador 40 configurado para realizar los procedimientos y/o etapas descritos en el presente documento. Además, muchos de los demás componentes descritos en el presente documento incluyen un procesador.

[0024] Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no se limita a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como ordenador, sino que se refiere ampliamente a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables, y estos términos se usan de manera intercambiable en el presente documento. Se debe entender que un procesador y/o un sistema de control también pueden incluir memoria, canales de entrada y/o canales de salida.

[0025] La FIG. 2 es una vista en sección ampliada de una porción de la turbina eólica 10. En el ejemplo, la turbina eólica 10 incluye la góndola 16 y el rotor 18 que se acopla de forma rotatoria a la góndola 16. Más específicamente, el buje 20 del rotor 18 se acopla de forma rotatoria a un generador eléctrico 42 situado dentro de la góndola 16 por el eje principal 44, una multiplicadora 46, un eje rápido 48 y un acoplamiento 50. En el ejemplo, el eje principal 44 está dispuesto al menos parcialmente coaxial a un eje longitudinal (no mostrado) de la góndola 16. Una rotación del eje principal 44 acciona la multiplicadora 46 que posteriormente acciona el eje rápido 48 traduciendo el movimiento de rotación relativamente lento del rotor 18 y del eje principal 44 en un movimiento de rotación

relativamente rápido del eje rápido 48. Este último se conecta al generador 42 para generar energía eléctrica con la ayuda de un acoplamiento 50. Además, se pueden disponer un transformador 90 y/o electrónica, conmutadores y/o inversores adecuados en la góndola 16 para transformar energía eléctrica generada por el generador 42 que tenga una tensión de entre 400 V a 1000 V en energía eléctrica que tenga tensión media (10 - 35 KV). Dicha energía eléctrica se conduce por medio de cables de alimentación 160 desde la góndola 16 hasta la torre 100.

[0026] La multiplicadora 46, el generador 42 en el transformador 90 se pueden soportar por un bastidor de estructura de soporte principal de la góndola 16, opcionalmente realizado como un bastidor principal 52. La multiplicadora 46 puede incluir una carcasa de multiplicadora que se conecta al bastidor principal 52 por uno o más brazos de par de torsión 103. En el ejemplo, la góndola 16 también incluye un rodamiento de soporte delantero 60 principal y un rodamiento de soporte posterior 62 principal. Además, el generador 42 se puede montar en el bastidor principal 52 desacoplando los medios de soporte 54, en particular, para evitar que las vibraciones del generador 42 se introduzcan en el bastidor principal 52 y, de este modo, provoquen una fuente de emisión de ruido.

[0027] Opcionalmente, el bastidor principal 52 está configurado para llevar toda la carga provocada por el peso del rotor 18 y los componentes de la góndola 16 y por las cargas del viento y de rotación y, además, para introducir estas cargas en la torre 100 de la turbina eólica 10. El eje de rotor 44, el generador 42, la multiplicadora 46, el eje rápido 48, el acoplamiento 50 y cualquier dispositivo de sujeción, soporte y/o fijación asociado incluyendo, pero sin limitarse a, el soporte 52, y el rodamiento de soporte delantero 60 y el rodamiento de soporte posterior 62, a veces se denominan tren de potencia 64.

[0028] La góndola 16 también puede incluir un mecanismo de accionamiento de orientación 56 que se puede usar para rotar la góndola 16 y, de este modo, también el rotor 18 alrededor del eje de orientación 38 para controlar la perspectiva de las palas de rotor 22 con respecto a la dirección del viento 28.

[0029] Para situar la góndola 16 apropiadamente con respecto a la dirección del viento 28, la góndola 16 también puede incluir al menos un sistema de medición meteorológica que puede incluir una veleta y un anemómetro. El sistema de medición meteorológica 58 puede proporcionar información al controlador de turbina eólica 36 que puede incluir la dirección del viento 28 y/o la velocidad del viento. En el ejemplo, el sistema de *pitch* 32 está dispuesto al menos parcialmente como un conjunto de *pitch* 66 en el buje 20. El conjunto de *pitch* 66 incluye uno o más sistemas de accionamiento de *pitch* 68 y al menos un sensor 70. Cada sistema de accionamiento de *pitch* 68 está acoplado a una respectiva pala de rotor 22 (mostrada en la figura 1) para modular el ángulo de *pitch* de una pala de rotor 22 a lo largo del eje de *pitch* 34. Solo uno de los tres sistemas de accionamiento de *pitch* 68 se muestra en la figura 2.

[0030] En el ejemplo, el conjunto de *pitch* 66 incluye al menos un rodamiento de *pitch* 72 acoplado al buje 20 y a una respectiva pala de rotor 22 (mostrada en la FIG. 1) para rotar la respectiva pala de rotor 22 alrededor del eje de *pitch* 34. El sistema de accionamiento de *pitch* 68 incluye un motor de accionamiento de *pitch* 74, una multiplicadora de accionamiento de *pitch* 76 y un piñón de accionamiento de *pitch* 78. El motor de accionamiento de *pitch* 74 está acoplado a la multiplicadora de accionamiento de *pitch* 76 de modo que el motor de accionamiento de *pitch* 74 imparte fuerza mecánica a la multiplicadora de accionamiento de *pitch* 76. La multiplicadora de accionamiento de *pitch* 76 está acoplada al piñón de accionamiento de *pitch* 78 de modo que el piñón de accionamiento de *pitch* 78 se rota por la multiplicadora de accionamiento de *pitch* 76. El rodamiento de *pitch* 72 está acoplado al piñón de accionamiento de *pitch* 78 de modo que la rotación del piñón de accionamiento de *pitch* 78 provoca una rotación del rodamiento de *pitch* 72.

[0031] El sistema de accionamiento de *pitch* 68 está acoplado al controlador de turbina eólica 36 para ajustar el ángulo de *pitch* de una pala de rotor 22 tras recibir una o más señales desde el controlador de turbina eólica 36. En el ejemplo, el motor de accionamiento de *pitch* 74 es cualquier motor adecuado accionado por potencia eléctrica y/o un sistema hidráulico que posibilita que el conjunto de *pitch* 66 funcione como se describe en el presente documento. De forma alternativa, el conjunto de *pitch* 66 puede incluir cualquier estructura, configuración, disposición y/o componentes adecuados, tales como, pero sin limitarse a, cilindros hidráulicos, resortes y/o servomecanismos. En determinados modos de realización, el motor de accionamiento de *pitch* 74 se acciona por la energía extraída de una inercia de rotación del buje 20 y/o una fuente de energía almacenada (no mostrada) que suministra energía a los componentes de la turbina eólica 10.

[0032] El conjunto de *pitch* 66 también incluye uno o más sistemas de control de *pitch* 80 para controlar el sistema de accionamiento de *pitch* 68 de acuerdo con señales de control del controlador de turbina eólica 36, en caso de situaciones prioritarias específicas y/o durante la sobrevelocidad del rotor 18. En el ejemplo, el conjunto de *pitch* 66 incluye al menos un sistema de control de *pitch* 80 acoplado de forma comunicativa a un respectivo sistema de accionamiento de *pitch* 68 para controlar el sistema de accionamiento de *pitch* 68 independientemente del controlador de turbina eólica 36. En el ejemplo, el sistema de control de *pitch* 80 está acoplado al sistema de accionamiento de *pitch* 68 y a un sensor 70. Durante el funcionamiento normal de la turbina eólica 10, el controlador de turbina eólica 36 puede controlar el sistema de accionamiento de *pitch* 68 para ajustar un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 22.

[0033] De acuerdo con un modo de realización, un generador de potencia 84, que comprende, por ejemplo, una batería, condensadores eléctricos o un generador eléctrico accionado por la rotación del buje 20, está dispuesto en o dentro del buje 20 y está acoplado al sensor 70, el sistema de control de *pitch* 80 y al sistema de accionamiento de *pitch* 68 para proporcionar una fuente de potencia a estos componentes. En el ejemplo, el generador de potencia 84 proporciona una fuente de potencia continua al conjunto de *pitch* 66 durante el funcionamiento de la turbina eólica 10. En un modo de realización alternativo, el generador de potencia 84 proporciona potencia al conjunto de *pitch* 66 solo durante un evento de pérdida de potencia eléctrica de la turbina eólica 10. El evento de pérdida de potencia eléctrica puede incluir pérdida o caída de red de potencia, mal funcionamiento de un sistema eléctrico de la turbina eólica 10 y/o fallo del controlador de turbina eólica 36. Durante el evento de pérdida de potencia eléctrica, el generador de potencia 84 funciona para proporcionar potencia eléctrica al conjunto de *pitch* 66 de modo que el conjunto de *pitch* 66 pueda funcionar durante el evento de pérdida de potencia eléctrica.

[0034] En el ejemplo, el sistema de accionamiento de *pitch* 68, el sensor 70, el sistema de control de *pitch* 80, los cables y el generador de potencia 84 se sitúan cada uno en una cavidad 86 definida por una superficie interior 88 del buje 20. En un modo de realización alternativo, dichos componentes se sitúan con respecto a una superficie exterior del buje 20 y se pueden acoplar, directa o indirectamente, a la superficie exterior.

[0035] Las figuras 3A - 3D ilustran esquemáticamente un ejemplo de una turbina eólica que incluye una pluralidad de convertidores auxiliares de energía eólica. La figura 3A ilustra esquemáticamente un conducto de aire que suministra flujo de aire hacia los convertidores de energía eólica. La figura 3B ilustra una sección transversal en vista superior cerca de la parte superior de la góndola. La figura 3C ilustra una pluralidad de convertidores auxiliares de energía eólica dispuestos cerca de la parte superior de la góndola. La figura 3D ilustra esquemáticamente una vista en sección transversal en un plano vertical longitudinal (arriba a la izquierda), una vista en sección transversal en un plano vertical transversal (arriba a la derecha) y una vista superior en sección transversal. Todos los ejemplos de la presente divulgación se pueden usar tanto en turbinas eólicas marinas como terrestres y parques eólicos.

[0036] En un aspecto de la presente divulgación, se proporciona una turbina eólica 10 que comprende una torre 100, una góndola 16 montada en la torre 100 y un rotor de turbina eólica 18 con una pluralidad de palas 22. La turbina eólica comprende además un generador de turbina eólica 42 acoplado de forma operativa con el rotor de turbina eólica 18. La turbina eólica 10 comprende además uno o más convertidores auxiliares de energía eólica 140 dispuestos con la góndola 16. Los convertidores auxiliares de energía eólica 140 se muestran integrados en la góndola.

[0037] En este ejemplo, los convertidores auxiliares de energía eólica 140 pueden formar parte del techo de la góndola. Los convertidores auxiliares de energía eólica 140 de este ejemplo pueden tener un plano de rotor que es sustancialmente paralelo a una parte de la góndola a la que están fijados.

[0038] El generador de turbina eólica 42 se puede considerar en el presente documento como el generador principal de la turbina eólica. El generador principal está configurado para convertir la energía mecánica del rotor de turbina eólica en energía eléctrica. La energía eléctrica se puede entregar a la red eléctrica, por ejemplo, a través de un convertidor electrónico de potencia y un transformador de tensión principal. El rotor 18 se puede montar de forma rotatoria con respecto a (un bastidor dispuesto en el interior) de la góndola 16 (véase, por ejemplo, la figura 1).

[0039] Los convertidores auxiliares de energía eólica 140 también se accionan por un flujo de aire y también comprenden un rotor con palas o paletas para rotar cuando se accionan por un flujo de aire. Sin embargo, los convertidores auxiliares de energía eólica 140 son mucho más pequeños que el rotor de turbina eólica. Los convertidores auxiliares de energía eólica se pueden configurar para accionar un generador (auxiliar) correspondiente. La energía eléctrica proporcionada por el generador auxiliar no está destinada a entregarse a la red eléctrica. Más bien, la energía eléctrica proporcionada por los generadores auxiliares se puede proporcionar a elementos de almacenamiento de energía y también, en particular, a sistemas auxiliares. Dichos sistemas auxiliares pueden incluir sistemas de calentamiento, sistemas de refrigeración, balizas, dispositivos de comunicación, sistemas de *pitch*, un sistema de orientación y otros. Los términos convertidores auxiliares de energía eólica y turbinas eólicas más pequeñas se usan en el presente documento de manera intercambiable.

[0040] En el ejemplo de la figura 3, los convertidores auxiliares de energía eólica 140 están cubiertos por una camisa 120 de una góndola. Una camisa se puede formar por cualquier tipo de cubierta o recubrimiento adecuado. A este respecto, se puede considerar que la góndola tiene un doble techo. Un primer techo de la góndola cierra una carcasa interior de la góndola. El segundo techo está formado por una camisa. Entre el primer y el segundo techo, se pueden disponer canales de viento 150. En otros ejemplos, la góndola puede tener una pared lateral doble, en la que se pueden disponer canales de viento 150 entre las dos paredes laterales.

[0041] En ejemplos, se pueden proporcionar uno o más canales de viento 150 entre una camisa 120 y el resto de la góndola. En el ejemplo de la figura 3, los canales de viento 150 pueden tener una entrada 152 y una salida 154. La entrada 152 puede formar una entrada para el canal de viento con una sección transversal que disminuye gradualmente hacia adentro, es decir, las dimensiones del canal de viento 150 disminuyen desde un punto de

entrada hacia una porción central 156 del canal de viento 150. La salida 154 puede formar una salida del canal de viento con una sección transversal que se incrementa gradualmente, es decir, las dimensiones del canal de viento con una sección transversal que se incrementa gradualmente, es decir, desde una porción central 156 del canal de viento hasta un punto de salida.

5

[0042] En el ejemplo de la figura 3, los convertidores auxiliares de energía eólica 140 no se accionan directamente por el flujo de viento a través del canal de viento 150, aunque en otros ejemplos este puede ser el caso. La sección transversal variable del canal de viento significa que cuando el viento fluye a través del canal de viento 150, la velocidad del viento se incrementa en la porción más estrecha del canal de viento. El incremento de la velocidad del viento significa que, debido al principio de Bernoulli, la presión estática en la porción (más) estrecha del canal de viento es menor. La reducción en la presión de fluido que resulta cuando un fluido fluye a través de una sección estrechada (o de estrangulamiento) de un canal también es conocido como efecto Venturi.

10

[0043] La turbina eólica 10 puede incluir un conducto de aire 124, o un sistema de flujo de aire que se extiende desde una entrada 122 hasta una salida, o una pluralidad de salidas. La(s) salida(s) se puede(n) disponer en la góndola. La entrada se puede disponer con la torre de la turbina eólica. En otros ejemplos, la entrada se puede disponer en una localización diferente de la turbina eólica, por ejemplo, a diferente altura de la torre, con o en la pieza de transición, con la góndola o en otro lugar. Entre la entrada 122 y la(s) salida(s) están dispuestos uno o más convertidores auxiliares de energía eólica 140. En el ejemplo de la figura 3, los convertidores auxiliares de energía eólica 140 están configurados para accionarse por un flujo de aire desde el interior de la góndola hacia el exterior de la góndola. A medida que el aire fluye a través del conducto de aire 124, puede proporcionar refrigeración en diferentes partes de la turbina eólica.

15

20

[0044] Siguiendo el ejemplo de la figura 3A, el conducto de aire se puede extender desde la parte inferior de la torre de turbina eólica hasta la góndola. El conducto de aire se puede extender además a lo largo de un extremo trasero (a sotavento) de la góndola en el canal vertical 127. En este ejemplo, se puede disponer una válvula 128 en el canal vertical 127 para controlar el caudal a través del conducto de aire y/o una vía a través del conducto de aire. En otros ejemplos, el conducto de aire se puede disponer a lo largo o en las proximidades de determinados componentes que pueden requerir refrigeración, tales como, por ejemplo, los componentes eléctricos.

25

30

[0045] En el ejemplo representado, el conducto de aire se extiende a continuación hacia adelante (hacia un lado a barlovento de la góndola) en una parte sustancialmente horizontal 141 del conducto de aire. A lo largo de la parte sustancialmente horizontal 141, se pueden disponer múltiples accesos a los convertidores auxiliares de energía eólica.

35

[0046] Como se puede observar más fácilmente en la figura 3D, a medida que el viento fluye a través del canal de viento 150, se crea una baja presión en un lado del convertidor auxiliar de energía eólica 140 debido al efecto Venturi mencionado anteriormente. Se puede establecer un flujo de aire desde un acceso 142 hasta una salida del convertidor 140. El flujo de aire hacia el acceso 142 puede provenir del interior de la turbina eólica. La salida del convertidor 140 se puede formar por la porción central 156 del canal de viento 150.

40

[0047] El flujo de aire, en este ejemplo, desde el interior de la góndola hacia el exterior de la góndola se puede provocar, por tanto, por un efecto Venturi. A medida que el aire fluye a través del convertidor auxiliar de energía eólica 140, el convertidor se pone en rotación. El convertidor auxiliar de energía eólica 140 se puede acoplar de forma operativa a un generador auxiliar para convertir la energía mecánica del convertidor 140 en energía eléctrica.

45

[0048] Aunque el flujo de aire a través del convertidor de energía eólica 140 se puede accionar principalmente por el efecto Venturi, se puede proporcionar un flujo adicional mediante un efecto chimenea de la torre de turbina eólica. Se puede disponer una entrada del conducto de aire 124 en o cerca de la parte inferior de la turbina eólica para mejorar este efecto chimenea. El efecto chimenea es el movimiento de aire dentro y fuera de edificios, chimeneas o torres, como resultado de la flotabilidad del aire. La flotabilidad se puede producir debido a una diferencia en la densidad del aire resultante de, por ejemplo, diferencias de temperatura y humedad.

50

[0049] En algunos ejemplos, el conducto de aire puede comprender una o más válvulas 128 para controlar el flujo de aire en el conducto de aire y, en particular, una vía dentro del conducto de aire. En el presente documento se puede considerar una válvula como cualquier elemento o dispositivo que regula, dirige o controla el flujo de un fluido. Se pueden usar una o más válvulas para dirigir aire a uno o más de los convertidores auxiliares de energía eólica y lejos de otros convertidores auxiliares de energía eólica. Pasar por alto algunos de los convertidores auxiliares o concentrar el flujo de aire hacia algunos de los convertidores auxiliares puede depender, por ejemplo, de las condiciones del viento y, en particular, de la dirección del viento entrante predominante.

55

60

[0050] En ejemplos, uno o más de los convertidores auxiliares de energía eólica están dispuestos con una pared lateral de la góndola. Con referencia a la figura 3B, se pueden disponer uno o más de los convertidores 140 con una primera pared lateral 16A de la góndola. Se pueden disponer convertidores adicionales 140 con la pared lateral opuesta 16B de la góndola. El número de convertidores dispuestos con cada una de las paredes laterales 16A, 16B puede ser diferente o puede ser el mismo. Todavía con referencia a la figura 3B, se pueden disponer uno o

65

más convertidores auxiliares de energía eólica 140 cerca de una parte posterior 16C (extremo corriente abajo) de la góndola. Además, se pueden disponer uno o más convertidores auxiliares de energía eólica 140 cerca de una parte frontal 16D (un extremo corriente arriba) de la góndola.

5 **[0051]** Los convertidores auxiliares de energía eólica pueden formar parte de la(s) pared(es) lateral(es) y/o del techo de la góndola.

[0052] Dependiendo de las condiciones del viento predominantes, una selección de los convertidores auxiliares de energía eólica puede estar operativa, mientras que otros no.

10 **[0053]** También se pueden usar válvulas para evitar el flujo de aire en el canal. Es decir, si se considera innecesario el funcionamiento de los convertidores auxiliares de energía eólica (por ejemplo, cuando la turbina eólica está conectada normalmente a la red), entonces se puede interrumpir su funcionamiento cerrando una o más válvulas en el canal de flujo de aire.

15 **[0054]** Se pueden disponer filtros u otros sistemas de purificación en la entrada 122 o a lo largo del canal de aire 124.

20 **[0055]** Con referencia a la figura 3C, uno o más de los convertidores auxiliares de energía eólica se pueden disponer en o cerca de la parte superior de la góndola. La góndola 16 puede formar una carcasa que protege componentes tales como el generador, el convertidor electrónico de potencia y la multiplicadora (si están presentes). La camisa 120 puede estar desplazada de la carcasa principal de la góndola para proporcionar el flujo de viento entre la camisa 120 y la carcasa principal.

25 **[0056]** En ejemplos, los convertidores auxiliares de energía eólica comprenden un generador auxiliar y un convertidor electrónico conectado al generador auxiliar. El generador auxiliar puede estar integrado en el impulsor de los convertidores auxiliares de energía eólica.

30 **[0057]** En ejemplos alternativos, el flujo de aire que acciona los convertidores auxiliares de energía eólica se dispone desde un acceso de los convertidores auxiliares de energía eólica hasta una salida de los convertidores auxiliares de energía eólica, en los que el acceso y la salida de los convertidores auxiliares de energía eólica están dispuestos en el exterior de la góndola. Es decir, en estos ejemplos, el flujo de aire que acciona el/los convertidor(es) auxiliar(es) de energía eólica no se dispone desde el interior de la turbina eólica (y en particular la góndola) hasta el exterior de la turbina eólica. En algunos de estos ejemplos, al menos una parte del flujo de aire se puede recircular desde la salida de los convertidores auxiliares de energía eólica hasta el acceso.

35 **[0058]** En algunos ejemplos, los convertidores auxiliares de energía eólica se pueden configurar para funcionar como un motor para accionar un flujo de aire. En una posible implementación, los convertidores auxiliares de energía eólica se pueden accionar selectivamente como motores, es decir, un generador auxiliar conectado a un convertidor auxiliar de energía eólica puede actuar como un motor para accionar el convertidor auxiliar de energía eólica como ventiladores. En los momentos cuando no se requiere producción de energía a partir de los convertidores auxiliares de energía eólica y existe la necesidad de refrigeración o refrigeración aumentada en algunas partes de la turbina eólica, se puede establecer un flujo de aire de refrigeración adicional accionando los convertidores auxiliares de energía eólica como ventiladores. Se puede proporcionar un sistema de control para controlar las válvulas en el conducto de aire y para accionar selectivamente los convertidores auxiliares de energía eólica. El flujo de aire puede ser una combinación del efecto Venturi, efecto chimenea y succión mencionados anteriormente proporcionados por los convertidores auxiliares de energía eólica.

40 **[0059]** En un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un procedimiento para proporcionar potencia a un sistema auxiliar de una turbina eólica 10. El procedimiento comprende viento que fluye dentro de una camisa de una góndola 16 para provocar un flujo de aire a través de uno o más convertidores auxiliares de energía eólica 140 dispuestos con la góndola 16. El procedimiento comprende además convertir la energía mecánica de los convertidores auxiliares de energía eólica 140 en energía eléctrica y proporcionar al menos una parte de la energía eléctrica de los convertidores auxiliares de energía eólica 140 a un sistema auxiliar de la turbina eólica y/o a un elemento de almacenamiento de energía.

45 **[0060]** En ejemplos, el flujo de aire a través de los uno o más convertidores auxiliares de energía eólica puede ser sustancialmente perpendicular al flujo de viento que provoca el flujo de aire.

50 **[0061]** En ejemplos, un procedimiento de este tipo se puede llevar a cabo de forma continua, incluyendo durante el funcionamiento normal. En otros ejemplos, un procedimiento de este tipo se puede llevar a cabo cuando se detecta que se ha perdido la conexión con la red eléctrica. Por ejemplo, un controlador de turbina eólica o un controlador de parque eólico puede tomar una determinación de este tipo. En respuesta a una desconexión de la red, uno o más de los convertidores auxiliares de energía eólica se pueden volver operativos. Por ejemplo, un controlador de turbina eólica puede controlar las válvulas a lo largo del canal de aire dentro de la turbina eólica para que se abran y permitan el flujo de aire hacia los correspondientes convertidores auxiliares de energía eólica.

- 5 [0062] La figura 4 ilustra esquemáticamente un ejemplo de cómo se puede suministrar potencia eléctrica a los sistemas auxiliares de una turbina eólica. La figura 4 ilustra una pluralidad de convertidores auxiliares de energía eólica ("turbinas eólicas más pequeñas") 140. Un generador auxiliar 148 está conectado de forma operativa con cada una de estas turbinas más pequeñas. El generador auxiliar 148 puede producir potencia de CA o CC. Un convertidor 146 puede convertir la potencia de CA o CC entregada por los generadores 148 en potencia de CC para entregarse a la barra colectora de CC 160.
- 10 [0063] En estos ejemplos, una única barra colectora de CC 160 puede ser común a todos los convertidores auxiliares de energía eólica 140. Desde la barra colectora de CC 160, se puede proporcionar una parte de la energía eléctrica a sistemas auxiliares. Algunos de los sistemas auxiliares 169 pueden requerir fuente de alimentación de CA. Un inversor de CC/CA 166 puede convertir potencia de CC de la barra colectora de CC 160 en potencia de CA para los sistemas auxiliares 169. Algunos de los sistemas auxiliares 168 pueden requerir potencia de CC, que se puede entregar directamente desde la barra colectora de CC 160.
- 15 [0064] En funcionamiento normal, se puede garantizar la potencia a la barra colectora de CC desde la red eléctrica 200, que puede ser una red de parque eólico. Se puede disponer un convertidor de CA/CC 210 entre la red eléctrica 200 y la barra colectora de CC 160.
- 20 [0065] En algunos ejemplos, el procedimiento puede comprender proporcionar otra parte de la energía eléctrica de los convertidores auxiliares de energía eólica 140 a un elemento de almacenamiento de energía. Como se ilustra en la figura 4, una turbina eólica puede incluir uno o más supercondensadores ("ultracondensadores") 172 y/o una o más baterías 174. Los supercondensadores 172 y las baterías pueden formar una fuente de alimentación de respaldo para algunos de los sistemas auxiliares. Cuando se pierde la conexión con la red eléctrica, los supercondensadores 172, las baterías 174 u otros elementos de almacenamiento de energía pueden proporcionar potencia a los sistemas auxiliares al menos durante algún tiempo. Con los sistemas y procedimientos como se describe en el presente documento, se puede reducir la cantidad de almacenamiento de energía necesaria para garantizar el funcionamiento continuo de sistemas auxiliares importantes debido al suministro de energía procedente de los convertidores auxiliares de energía eólica. Como se señala anteriormente, el suministro de energía puede ser potencialmente continuo en toda la operación y/o selectivo en caso de desconexión de la red.
- 25 [0066] Cuando los convertidores auxiliares de energía eólica 140 están operativos, parte de la potencia eléctrica de los convertidores auxiliares de energía eólica 140 se puede desviar hacia los elementos de almacenamiento de energía.
- 30 [0067] Como se muestra en la figura 4, se pueden disponer múltiples elementos protectores (fusibles, interruptores y otros) en el circuito eléctrico representado en la figura 4.
- 35 [0068] En otro aspecto de la presente divulgación, se proporciona una turbina eólica, que comprende una góndola dispuesta en la parte superior de una torre de turbina eólica, un rotor de turbina eólica con una pluralidad de palas acopladas de forma operativa a un generador principal y uno o más sistemas auxiliares. La turbina eólica puede comprender además un primer convertidor auxiliar de energía eólica dispuesto con la góndola, en la que el primer convertidor auxiliar de energía eólica está acoplado de forma operativa con un generador auxiliar. El generador auxiliar está configurado para proporcionar potencia eléctrica a uno o más de los sistemas auxiliares cuando la turbina eólica se desconecta de una red eléctrica.
- 40 [0069] En algunos ejemplos, las turbinas eólicas más pequeñas se pueden configurar para accionarse por un flujo de aire desde el interior de la góndola hacia el exterior de la góndola.
- 45 [0070] En algunos ejemplos, el flujo de aire desde el interior de la góndola hacia el exterior de la góndola se puede provocar por un efecto Venturi de un flujo de viento dentro de una camisa de la góndola. En ejemplos, se puede proporcionar un canal de flujo de aire entre una entrada de la turbina eólica y una salida en la góndola, y en los que la entrada está dispuesta en la torre de la turbina eólica.
- 50 [0071] En algunos ejemplos, la turbina eólica puede comprender además baterías y/o supercondensadores para proporcionar potencia eléctrica a los sistemas auxiliares.
- 55 [0072] Dentro del alcance de la presente divulgación, los convertidores auxiliares de energía eólica pueden tener una variedad de conformaciones y tamaños. En algunos ejemplos, se pueden usar turbinas Wells bidireccionales. En algunos ejemplos, los convertidores auxiliares de energía eólica pueden depender del efecto Venturi. En otros ejemplos, los convertidores auxiliares de energía eólica se pueden accionar directamente por un flujo de viento. En ejemplos, el rotor de los convertidores auxiliares de energía eólica puede ser, por ejemplo, de 50 cm a 2 metros de diámetro. En ejemplos, el número de convertidores auxiliares de energía eólica puede estar entre 2 y 20 y, más específicamente, entre 4 y 10. La potencia nominal de los convertidores auxiliares de energía eólica dependerá del área de sección transversal del convertidor y de la velocidad de flujo nominal a través del convertidor.
- 60
- 65

[0073] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo los modos de realización preferentes, 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 se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos se les ocurran a los expertos en la técnica.

5

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (10) que comprende:
5 una torre (100);
una góndola (16) montada en la torre (100);
un rotor de turbina eólica (18) con una pluralidad de palas (22); y
10 un generador de turbina eólica (42) acoplado de forma operativa con el rotor de turbina eólica (18), y que comprende además
15 uno o más convertidores auxiliares de energía eólica (140) integrados en la góndola (16),
caracterizada por que los uno o más convertidores auxiliares de energía eólica (140) están configurados para convertir la energía mecánica del convertidor auxiliar de energía eólica (140) en energía eléctrica y, además, configurados para proporcionar al menos una parte de la energía eléctrica de los convertidores auxiliares de energía eólica (140) a un sistema auxiliar de la turbina eólica y/o a un
20 elemento de almacenamiento de energía.
2. La turbina eólica de la reivindicación 1, en la que uno o más de los convertidores auxiliares de energía eólica están cubiertos por una camisa (120) de la góndola.
- 25 3. La turbina eólica de la reivindicación 1 o 2, en la que un flujo de aire que acciona uno o más de los convertidores auxiliares de energía eólica (140) se provoca por un efecto Venturi.
4. La turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en la que el flujo de aire que acciona los convertidores auxiliares de energía eólica se dispone desde el interior de la góndola hasta el exterior de la
30 góndola (16).
5. La turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en la que se proporciona un conducto de aire entre una entrada (122) de la turbina eólica y una salida de la góndola.
- 35 6. La turbina eólica de la reivindicación 5, en la que la entrada (122) está dispuesta con la torre (100) de la turbina eólica (10).
7. La turbina eólica de la reivindicación 5 o 6, en la que el conducto de aire comprende una o más válvulas (128) para controlar el flujo de aire y, opcionalmente, para controlar una vía del flujo de aire en el interior del
40 conducto de aire.
8. La turbina eólica de la reivindicación 3, en la que el flujo de aire que acciona los convertidores auxiliares de energía eólica (140) se dispone desde un acceso de los convertidores auxiliares de energía eólica hasta una salida de los convertidores auxiliares de energía eólica, en la que el acceso y la salida de los convertidores
45 auxiliares de energía eólica están dispuestos en el exterior de la góndola y, opcionalmente, en la que al menos una parte del flujo de aire se recircula desde la salida de los convertidores auxiliares de energía eólica hasta el acceso.
9. La turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, en la que uno o más de los convertidores auxiliares de energía eólica (140) están dispuestos en o cerca de la parte superior de la góndola (16) y/o con una pared lateral de la góndola.
- 50 10. La turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, en la que los convertidores auxiliares de energía eólica (140) comprenden un generador auxiliar (148) y un convertidor electrónico (146) conectado al generador auxiliar (148).
- 55 11. La turbina eólica de la reivindicación 10, en la que los generadores auxiliares (148) de los convertidores auxiliares de energía eólica (140) están conectados a una barra colectora de CC común (160).
- 60 12. La turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, que comprende además uno o más elementos de almacenamiento de energía y, opcionalmente, en la que los elementos de almacenamiento de energía están configurados para recibir potencia eléctrica desde los convertidores auxiliares de energía eólica.
- 65 13. La turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12, en la que los convertidores auxiliares de energía eólica están configurados para funcionar como un motor para accionar un flujo de aire.

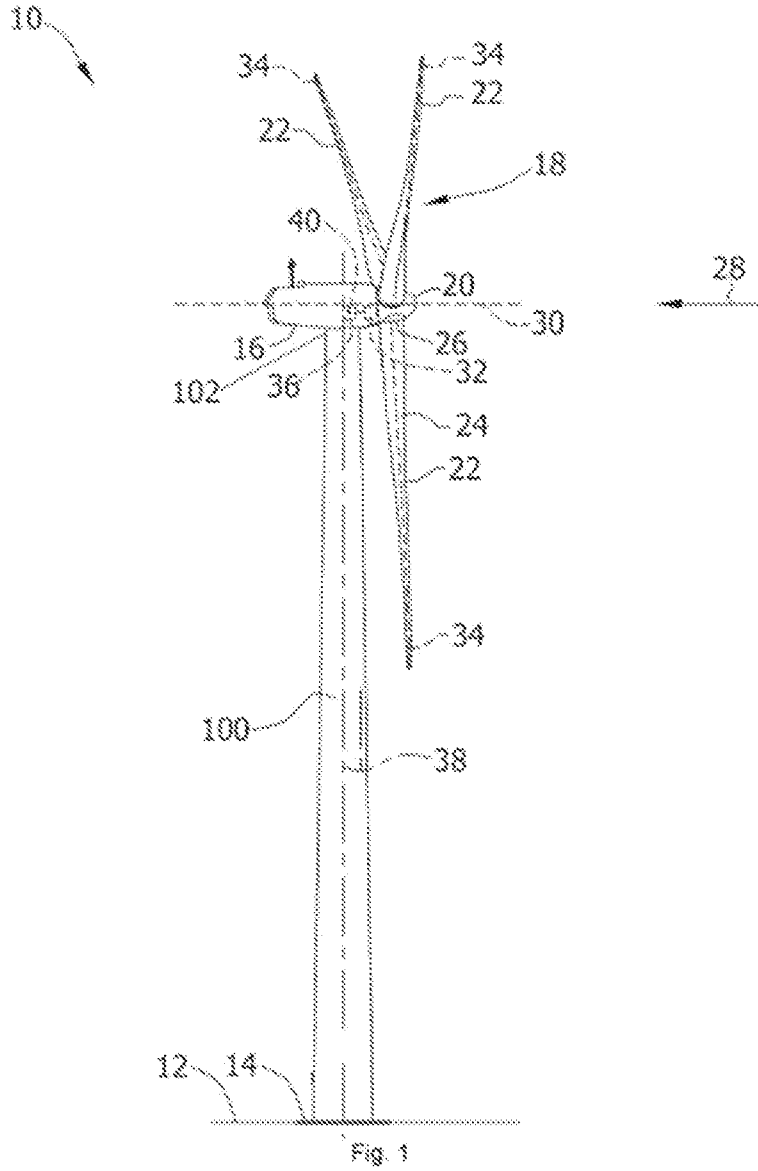
14. Un procedimiento que comprende:

5 usar el viento que fluye dentro de una camisa de una góndola (16) para provocar un flujo de aire a través de uno o más convertidores auxiliares de energía eólica (140) dispuestos con la góndola (16);

 caracterizado por convertir la energía mecánica del convertidor auxiliar de energía eólica (140) en energía eléctrica; y

10 proporcionar al menos una parte de la energía eléctrica de los convertidores auxiliares de energía eólica (140) a un sistema auxiliar de la turbina eólica y/o a un elemento de almacenamiento de energía.

15. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende controlar un flujo de aire a través de un canal de aire dentro de la torre de turbina eólica (100) a los convertidores auxiliares de energía eólica (140).



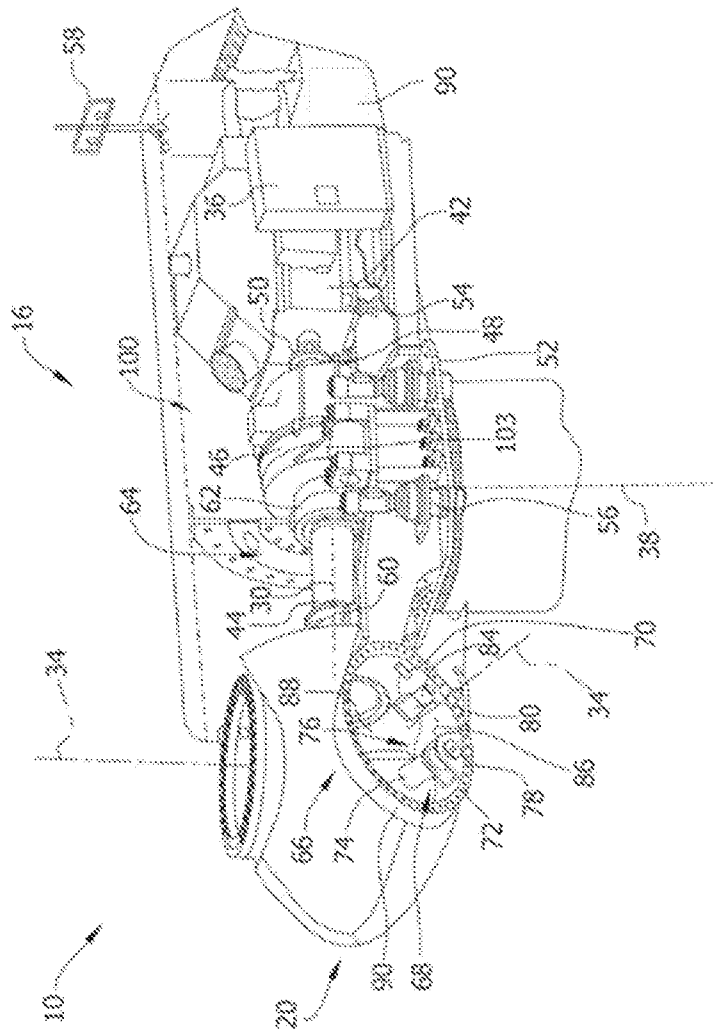


FIG. 2

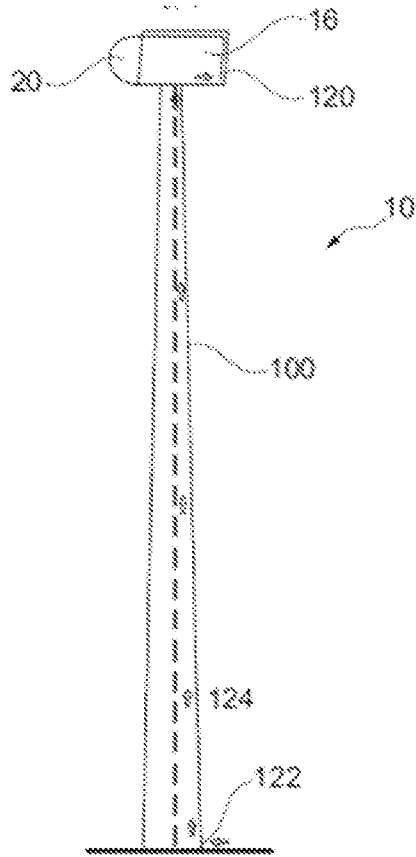


Fig. 3A

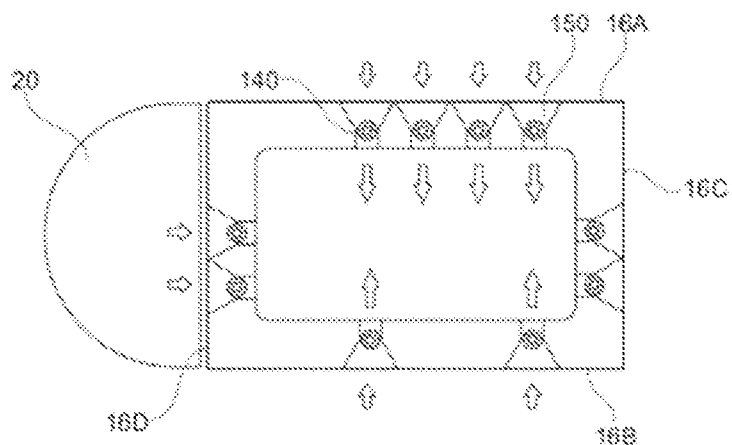


Fig. 3B

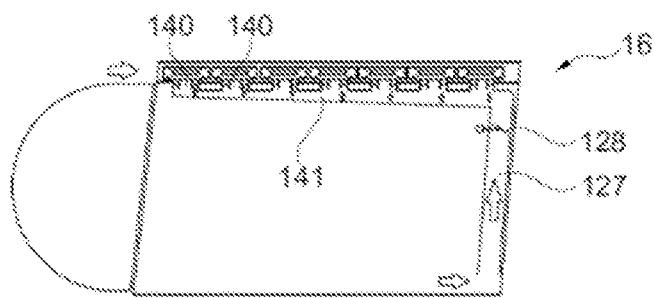


Fig 3C

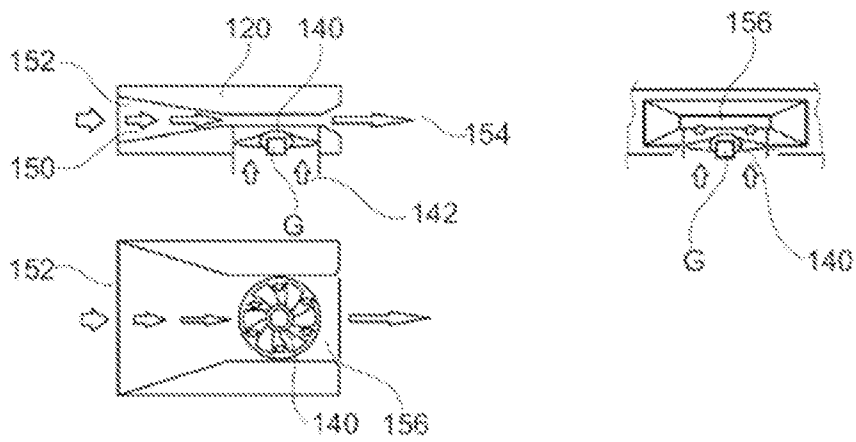


Fig 3D

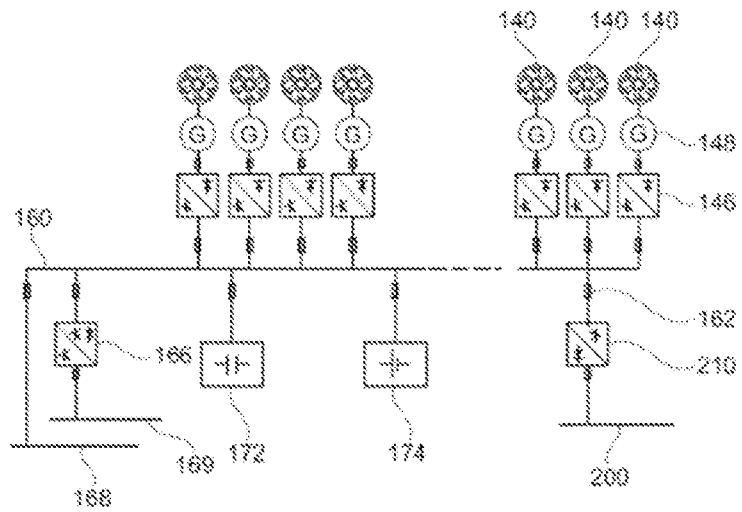


Fig 4