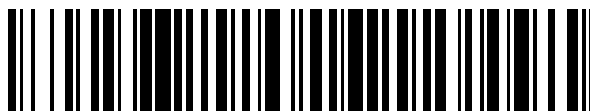


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 496 176**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2009** **E 09150486 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.07.2014** **EP 2080902**

54 Título: **Sistema de velocidad de paso controlada**

30 Prioridad:

18.01.2008 US 16227

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

18.09.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

NIES, JACOB JOHANNES;
ACHENBACH, PATRICK;
ROGALL, PETER;
BRAICKS, ALEX y
RIEKEN, STEFAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 496 176 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN**Sistema de velocidad de paso controlada**

La presente solicitud versa, en general, acerca de una turbina eólica que tiene un rotor con una primera pala del rotor y un sistema de control del paso. Además, la presente solicitud versa acerca de un controlador para controlar un ángulo de paso de al menos una pala del rotor de una turbina eólica. Finalmente, la presente solicitud versa acerca de un procedimiento de control de una velocidad de paso de una pala del rotor de una turbina eólica.

En caso de una situación de emergencia, por ejemplo la desconexión de la red de distribución eléctrica, se tiene que detener una turbina eólica tan rápido como sea posible. Por lo tanto, las palas del rotor de una turbina eólica son giradas desde una posición de trabajo hasta una posición en bandolera. Para este fin se utilizan sistemas de paso de emergencia. A menudo, no se controla la velocidad de rotación, dado que en muchas situaciones de emergencia un controlador del paso no recibe energía y, por lo tanto, no se encuentra en funcionamiento. La velocidad deseada para hacer girar la pala del rotor desde una posición operativa hasta una posición en bandolera es obtenida fundamentalmente para reducir la salida de energía tan rápido como sea posible, no para reducir las cargas de la turbina resultantes de esta acción. Por ejemplo, si se hacen girar demasiado rápido las palas del rotor desde la posición operativa hasta la posición de seguridad o en bandolera, el rotor sigue girando con una velocidad relativamente elevada cuando las palas del rotor son llevadas hasta la posición en bandolera. En este caso, se pueden crear fuerzas elevadas que aspiran el rotor en la dirección del viento, por lo que se puede dañar la turbina eólica. Por lo tanto, en turbinas eólicas antecedentes la velocidad de paso está fijada o limitada, de forma que se eviten tales fuerzas elevadas. Estas velocidades fijas de paso son normalmente muy reducidas, por ejemplo 8° por segundo. Dado que en el momento del diseño y de la construcción de la turbina eólica, no se conocen evidentemente las circunstancias de situaciones de emergencia, las velocidades fijas de paso son independientes de las condiciones del viento y satisfacen los escenarios del caso más desfavorable. Para limitar la velocidad de paso, los sistemas de paso de emergencia contienen a menudo un sistema de frenado de seguridad.

Otros sistemas conocidos de paso de emergencia están dotados de dispositivos de almacenamiento de energía, por ejemplo, acumuladores, baterías o condensadores. Los dispositivos de almacenamiento de energía alimentan el controlador del paso durante una interrupción del servicio de la red de distribución eléctrica y permiten una rotación de la pala del rotor desde la posición operativa hasta la posición en bandolera. Si se utilizan acumuladores o condensadores, son cargados durante una operación normal de la turbina eólica.

Además, realizaciones específicas de sistemas conocidos de emergencia tienen una conexión eléctrica directa entre los dispositivos de almacenamiento de energía y un motor de paso que acciona la pala del rotor. En este caso la velocidad de paso no está controlada dado que la velocidad del sistema de paso depende del par de contratorsión que tiene que superar y el estado de carga de almacenamiento de energía/rendimiento del dispositivo de almacenamiento de energía, por ejemplo la batería o el acumulador.

El documento EP 1 707 807 da a conocer procedimientos y aparatos para una conversión de energía de control del paso en un generador de turbina eólica.

El documento DE 197 20 025 describe un accionador para colocar angularmente las palas del rotor en centrales de energía eólica.

Sin embargo, se definen diversos aspectos y realizaciones de la presente invención por medio de las reivindicaciones adjuntas.

Según la presente solicitud, el paso de una pala del rotor de una turbina eólica es una rotación de la pala del rotor en torno a su eje longitudinal.

Son evidentes diversos aspectos, ventajas y características de la presente invención a partir de las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 ilustra una turbina eólica;

la Fig. 2 ilustra de forma esquemática distintos ángulos de paso de una pala del rotor de una turbina eólica;

la Fig. 3 ilustra de forma esquemática un sistema de control del paso según una realización de la presente invención; y

la Fig. 4 ilustra de forma esquemática un sistema de control del paso de una realización adicional.

Se hará referencia ahora en detalle a las diversas realizaciones de la invención, de las cuales se ilustran uno o más ejemplos en las figuras. Se proporciona cada ejemplo a modo de explicación de la invención, y no se pretende que sea una limitación de la invención. Por ejemplo, se pueden utilizar las características ilustradas o descritas como parte de una realización en otras realizaciones, o junto con las mismas, para producir una realización adicional. Se concibe que la presente invención incluya tales modificaciones y variaciones.

La Fig. 1 muestra una turbina eólica 100 con una torre 110, una góndola 120, un cubo 130 conectado a la góndola 120 y un rotor con tres palas 140 del rotor. La góndola 120 está montada en la torre 110 de la turbina eólica 100 y puede ser girada en torno a un eje vertical para colocar el rotor en una posición óptima con respecto al viento. Las palas 140 del rotor están conectadas al cubo. La turbina eólica 100 también puede incluir menos o más palas 140 del rotor, por ejemplo una única pala del rotor, dos palas del rotor o cuatro o más palas 140 del rotor. El rotor eólico de la turbina eólica incluye las palas 140 del rotor y el cubo 130. Hay dispuesto un generador (no mostrado) en la góndola. El generador está conectado al cubo 130 directamente o por medio de una caja de engranajes. La turbina eólica 100 funciona como sigue para transformar energía cinética del viento en energía eléctrica: el viento es un flujo de aire que incide sobre las palas 140 de rotor del rotor y obliga al rotor a girar en torno a su eje horizontal. Esta rotación es transferida al generador que transforma la rotación mecánica en una corriente eléctrica. La corriente eléctrica es suministrada a la red de distribución eléctrica o red eléctrica.

Cada pala 140 del rotor es giratoria en torno a su eje longitudinal para colocar las palas 140 del rotor con un ángulo específico de paso. La rotación máxima en torno al eje longitudinal de la pala durante la operación de la turbina eólica define un intervalo de paso de la pala 140 del rotor. En la Fig. 2, se muestran cuatro ángulos distintos de paso. En una posición A de 0°, se coloca la pala 140 del rotor de forma que presente sustentación, una componente de la cual acciona el rotor. La sustentación depende de la dirección relativa del viento, que es la dirección resultante del viento y del flujo de aire debida a la rotación del rotor. La sustentación es siempre perpendicular a la dirección relativa del viento. Una segunda posición operativa es la posición B. Es decir, se escoge la posición de la pala 140 del rotor para limitar la sustentación y, por lo tanto, limitar el par y el empuje. La posición operativa B puede variar dependiendo de las condiciones del viento. En la posición operativa B, el viento imparte un par sobre el rotor, de forma que el rotor gira en la dirección T de rotación. Por lo tanto, en las posiciones operativas A y B, la energía cinética del viento es transformada en energía de rotación. El generador transforma la energía de rotación en energía eléctrica que es suministrada luego a la red de distribución eléctrica. Bajo algunas condiciones, la posición de 0° también puede ser una posición operativa. Además, se puede girar la pala 140 del rotor hasta una posición D en bandolera. En la posición D en bandolera, se reduce la velocidad del rotor debido a una resistencia aerodinámica elevada de la pala en la dirección T de rotación. Se debe hacer notar que la posición D en bandolera también puede tener otra posición distinta de una posición de exactamente 90°. En la posición D en bandolera la pala 140 del rotor no crea ninguna energía de rotación debido a las fuerzas aerodinámicas creadas por un viento entrante. Además, la posición de 90° puede ser distinta de la posición en la que no se produce par sobre el rotor, lo que tendrá como resultado una velocidad de inactividad de 0 rpm (ningún movimiento). La diferencia entre las dos posiciones puede ser del orden de 0° a 5°. De hecho, la posición en bandolera es la posición en la que la pala 140 del rotor tiene que ser girada en casos de situaciones de parada de emergencia. Por lo tanto, no se acelera el rotor sino que se desacelera, dado que, en la dirección W del viento la pala 140 del rotor esencialmente no presenta resistencia aerodinámica. Un paso continuamente variable puede operar con un ángulo de paso entre 0 y 90 grados en el que la posición estacionaria o en bandolera representa la posición en la que la pala 140 del rotor de la turbina eólica está girada sustancialmente alejándola del viento. El intervalo de paso en este ejemplo es de 90°, en concreto desde la posición A de 0° hasta la posición D en bandolera. Son posibles otros intervalos de paso, por ejemplo, puede que no se adapte la pala 140 del rotor para que alcance la posición de 0°, o la posición D en bandolera no sea exactamente una posición de 90°.

Entre la posición operativa B y la posición estacionaria o D en bandolera, la pala 140 del rotor tiene una posición neutral C en la que se establece un equilibrio de fuerzas de rotación en torno al eje longitudinal de la pala 140 del rotor, como se explicará a continuación. Las fuerzas del viento empujan a la pala del rotor hasta la posición D en bandolera, de forma que, como resultado, un motor de paso tiene que accionar la pala del rotor contra la fuerza del viento hasta la posición operativa B y bien el motor de paso u otro dispositivo retiene o bloquea la pala en la posición operativa. Además, en un caso en el que la turbina eólica 100 está colocada óptimamente con respecto al viento, es decir, el eje horizontal de rotación del rotor eólico es paralelo a la dirección W del viento, y cuando el rotor eólico está girando, una corriente de aire opuesta a la dirección T de rotación ejerce fuerzas de rotación sobre la pala del rotor hasta la posición A de 0°. La posición neutral C es la posición en la que los pares en torno al eje longitudinal de la pala 140 del rotor debido a la fuerza del viento y las fuerzas de la corriente de aire se neutralizan entre sí, en otras palabras que los pares en torno al eje longitudinal de la pala 140 del rotor están equilibrados. Se debe hacer notar que la posición neutral C puede ser distinta de una posición de la pala del rotor en la que el rotor ya no obtiene energía del viento. Esto puede depender de la superficie aerodinámica de la pala 140.

Si el rotor eólico se encuentra inmóvil y las palas se encuentran en la posición D en bandolera, un motor hace girar la pala 140 del rotor desde la posición D en bandolera hasta la posición operativa B contra las fuerzas del viento que intentan volver a empujar la pala 140 del rotor hasta la posición D en bandolera. Si el rotor se encuentra girando y las palas del rotor tienen que ser llevadas desde la posición operativa B hasta la posición D en bandolera y no se utilizan otros dispositivos de regulación, por ejemplo un freno, las fuerzas del viento empujan a la pala hasta la posición neutral C. Para el movimiento adicional desde la posición neutral C hasta la posición D en bandolera, el motor de paso hace girar la pala del rotor contra las fuerzas de la corriente de aire.

Si el rotor eólico se encuentra girando y la pala 140 del rotor se encuentra en la posición D en bandolera, las fuerzas de la corriente de aire empujan a la pala del rotor desde la posición D en bandolera hasta la posición neutral C. Para

el movimiento adicional desde la posición neutral C hasta la posición operativa B, el motor de paso hace girar la pala del rotor contra las fuerzas del viento.

Por lo tanto, sin frenos ni motores de paso para controlar el paso de la pala del rotor, la pala del rotor siempre debería girar hasta la posición neutral C. Se debe hacer notar que la posición neutral C, al igual que la posición operativa B, dependen de la fuerza del viento en el emplazamiento en el que está construida la turbina eólica 100.

Una vez que un controlador de cualquier forma es parte del sistema de paso de emergencia, se puede utilizar el controlador para optimizar la posición angular de paso y la velocidad durante el transcurso de una situación de emergencia. En primer lugar, se puede utilizar un perfil predefinido de velocidad de paso. Sin embargo, esto supone que se puede establecer una correlación con el comportamiento óptimo con antelación.

La Fig. 3 muestra un dibujo esquemático de un sistema 200 de control del paso. Un sistema 200 de control del paso también puede tener más piezas que no se muestran en el dibujo en aras de la sencillez. Además, solo se muestra una pala 140 de rotor. El sistema 200 de control del paso puede controlar el paso de una o más palas 140 del rotor, por ejemplo dos, tres, o más palas de la turbina eólica 100. La pala 140 del rotor puede ser girada en torno a su eje longitudinal en un intervalo de paso desde aproximadamente 0° hasta aproximadamente 90°, que ya ha sido expuesto con respecto a la Fig. 2. Hay asociado un motor 210 de paso con cada pala 140 del rotor para ajustar el ángulo de paso. El ángulo de paso puede ser cualquier posición dentro del intervalo de paso. Se debe hacer notar que también es posible asociar varios motores 210 de paso con una única pala 140 del rotor, por ejemplo dos o tres motores 210 de paso. En una realización típica, el o los motores 210 de paso están dispuestos en el cubo 130.

En caso de perder la conexión con la red de distribución eléctrica u otra situación de emergencia, la turbina eólica 100 puede no recibir energía eléctrica de la red de distribución eléctrica para llevar a cabo las acciones de emergencia, entre las cuales figura el cambio de paso de la pala 140 del rotor hasta la posición D. Para mantener la operación del sistema de control del paso durante tal interrupción del servicio de la red de distribución eléctrica, se debe suministrar energía a un controlador 220 del sistema 200 de control del paso, por ejemplo un controlador lógico programable (PLC). La energía eléctrica necesaria para alimentar el controlador 220 del paso durante situaciones de emergencia está almacenada generalmente en un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, por ejemplo, un acumulador 230, ultracondensadores o supercondensadores. Mientras esté disponible, se carga el acumulador 230 con electricidad de la red de distribución eléctrica o por medio de una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS). Se debe hacer notar que la fuente de alimentación de emergencia para el controlador 220 puede ser una distinta que para el sistema de accionamiento para el paso, por ejemplo el o los motores 210 de paso. Por ejemplo, la fuente de alimentación de emergencia para el controlador 220 puede ser un condensador, como un ultracondensador o un supercondensador, y la fuente de alimentación de emergencia para el sistema de accionamiento puede ser un resorte como se explicará aquí a continuación.

Según una realización, el motor 210 de paso está adaptado para funcionar como un generador. Como se ha explicado ya con respecto a la Fig. 2, se puede hacer que la pala 140 del rotor gire desde la posición operativa B hasta la posición neutral C únicamente por medio de las fuerzas del viento. Una parte de esa energía utilizada para hacer girar la pala 140 del rotor puede ser transformada en energía eléctrica por medio del motor 210 de paso. Por lo tanto, se puede suministrar corriente eléctrica producida por el motor 210 de paso al controlador 220 para alimentar el controlador 220. En una realización adicional, la energía producida puede ser utilizada para cargar un acumulador 230. Cuando se opera el motor como un generador, el motor imparte un par de contratorsión contra el par de accionamiento ejercido sobre el motor por medio de la pala del rotor. Eso significa, en ese caso, que el motor trabaja como un freno, reduciendo, de esta manera, la velocidad de paso. En otras palabras, el par de contratorsión del generador actúa como un par de frenado reduciendo la velocidad de paso de la pala del rotor. Se puede utilizar este efecto para controlar la velocidad de paso de la pala 140 del rotor entre la posición operativa B y la posición neutral C.

Además, el controlador 220 de paso puede regular la velocidad de paso utilizando el motor 210 como un generador que descarga la energía eléctrica sobrante en un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, por ejemplo el acumulador 230 o un acumulador específico para un motor 210 de paso o cualquier otro dispositivo adecuado de almacenamiento. Además, se puede utilizar la electricidad para proporcionar energía a otro sistema de paso de emergencia, por ejemplo un motor de paso de otra pala de rotor del rotor. Además, en una realización específica, la energía eléctrica puede volver a ser suministrada a la red 215 de energía eléctrica. Finalmente, en una realización adicional, la electricidad puede ser suministrada en una carga de volcado, una resistencia eléctrica o un módulo de frenado. Además, se puede utilizar una combinación de varias de las cargas expuestas, o de todas ellas, en una realización. En una realización adicional, la electricidad generada puede ser utilizada para alimentar y mover los frenos de las puntas de la pala 140 del rotor o de otras palas de rotor del rotor. Se podría variar la carga eléctrica en un modo típico, de forma que el par de frenado inducido por el motor 210 y, por lo tanto, la velocidad de paso puedan ser controlados entre la posición operativa B y la posición neutral C. Se debe hacer notar que, en una realización típica, el motor 210 de paso puede no funcionar como un freno en el intervalo angular completo entre la posición operativa B y la posición neutral C, pero únicamente en una parte del intervalo angular entre la posición operativa B y la posición neutral C.

Además, se debe hacer notar que el motor también puede ser operado como un generador en el caso de un rotor eólico giratorio cuando las palas se encuentran en la posición en bandolera. En esta situación, la corriente de aire obliga a las palas del rotor hasta la posición neutral, y se puede operar el motor de paso en el modo de generador durante la rotación de la pala desde la posición D en bandolera hasta la posición neutral C.

5 En una realización típica, la pala 140 puede ser accionada desde la posición A de 0° o la posición operativa B hasta la posición D en bandolera por medio de uno o más resortes 240. El resorte 240 podría ser un resorte helicoidal, un resorte helicoidal, un resorte neumático o una combinación de los anteriores. Además, se podrían utilizar otros dispositivos para almacenar energía mecánica en vez de un resorte. Por lo tanto, en caso de una situación de emergencia, si se corta la electricidad de la red 215 de distribución eléctrica, la pala 140 del rotor podría volver, no obstante, hasta la posición D en bandolera para detener el rotor sin la necesidad de utilizar el motor 210 de paso para accionar de forma activa la pala 140 del rotor durante el movimiento completo de paso entre la posición operativa B y la posición D en bandolera. Durante la rotación de la pala desde la posición operativa B hasta la posición D en bandolera, la energía almacenada en el resorte 240 acciona la pala 140 del rotor y, por lo tanto, también el motor 210 de paso. El motor 210 puede ser operado ahora como un generador, de forma que genere energía para proporcionar energía eléctrica a las cargas, como se ha descrito ya anteriormente, por ejemplo para cargar los acumuladores con la energía sobrante. Simultáneamente, el par de contratorción o freno del motor 210 de paso operado como un generador reduce la velocidad de paso de la pala, de forma que el motor 210 de paso haga de freno.

20 En una realización típica de la turbina eólica se controla la velocidad de paso dependiendo de una señal de un sensor.

En una realización adicional, si el resorte está pretensado en la posición D en bandolera, o se encuentra en la misma, el motor 210 de paso puede producir energía eléctrica durante el movimiento completo desde la posición operativa B hasta la posición D en bandolera. Se debe hacer notar que, en una realización adicional, el motor 210 de paso puede no hacer de freno en un intervalo completo entre la posición neutral C y la posición en bandolera, sino solo en una parte del intervalo entre la posición neutral C y la posición D en bandolera. Esto depende de la dimensión y de la disposición del resorte 240. En una realización típica, el resorte 240 está ubicado en el cubo 130.

30 En el caso de que el controlador 220 de paso ya no se encuentre activo, bien debido a una falta de potencia proporcionada por la red 215 de distribución eléctrica, el acumulador 230 o el motor 210 de paso, el sistema 200 de control del paso puede incluir un freno, por ejemplo, un freno centrífugo, que limita la velocidad de paso de la pala 140 del rotor, normalmente si el sistema de paso está siendo accionado por medio de resortes 240. Además, en una realización en una posición de 90°, la pala 140 se encuentra bloqueada, de forma que se limita una rotación adicional en torno al eje longitudinal de la pala 140. Por lo tanto, el bloqueo evita una rotación adicional en la operación normal de la turbina eólica.

35 En una realización adicional, el controlador está adaptado adicionalmente para conectar eléctricamente el motor que opera en el modo generador a un acumulador, un segundo motor para ajustar un ángulo de paso de una segunda pala del rotor, o una carga de volcado.

En situaciones de frenado de emergencia, la pala 140 del rotor tiene que ser girada desde su posición operativa B hasta la posición D en bandolera tan rápido como sea posible. Pero, si el paso ha pasado por la posición neutral C, se ejercen fuerzas de succión sobre el cubo 130 traccionando el cubo en una dirección opuesta a la dirección del viento W. Estas fuerzas pueden dañar o incluso destruir la turbina eólica 100 si son demasiado elevadas. Por lo tanto, durante el procedimiento de desaceleración del rotor eólico, es importante controlar la velocidad de paso. En consecuencia, el sistema 200 de control del paso tiene al menos un sensor 250 que está conectado a un controlador 230. En una realización específica, el valor medido del sensor puede ser una variable controlada del proceso. Por ejemplo, el sensor 250 es un sensor de vibración ubicado en la pala 140 del rotor, en el cubo 130, en la góndola 120 o en la parte superior de la torre. En una realización típica de la presente solicitud de patente, el sensor 250 incluye al menos un acelerómetro, en particular un acelerómetro para detectar un movimiento oscilante. El acelerómetro puede estar ubicado en el cubo 130 cerca de la base de la pala de dicha pala 140 del rotor. Estos acelerómetros pueden medir la fuerza de succión ejercida sobre el rotor de la turbina eólica 100. Según otra realización, el sensor 250 puede incluir un sensor de posición y de velocidad para el rotor, un sensor de esfuerzo o de deformación en componentes estructurales, por ejemplo, la pala 140 del rotor, un rodamiento de la pala, el cubo 130, el eje, estructuras o la torre 110. Según realizaciones adicionales, el sensor 250 puede adaptarse para medir la velocidad del viento o la dirección del viento. En una realización típica, el sensor 240 puede ser un sensor de velocidad de rotación del rotor, un sensor para medir la posición del rotor, un sensor que mide el ángulo de paso de al menos una pala de rotor. Además, un controlador de turbina puede proporcionar una señal al controlador del paso, dado que se pueden retransmitir otras señales directa o indirectamente por medio del controlador de turbina. Estos datos pueden ser datos históricos, datos reales de predicciones basados en datos históricos.

Las señales de uno o más sensores 250 son utilizadas por el controlador 230 para controlar la velocidad de paso de la pala 140 del rotor o de todas las palas 140 del rotor. Por ejemplo, si se utilizan acelerómetros oscilantes como sensores 250 para producir una señal de realimentación, la velocidad de paso puede estar limitada a un valor, de

forma que se limiten las cargas para las que están diseñados los componentes de la turbina eólica 100, por ejemplo para evitar un sobreesfuerzo de la estructura de la torre.

Por lo tanto, en una primera estrategia de control se utiliza la señal de realimentación del anterior sensor 250 para controlar la velocidad de paso.

- 5 Además, el controlador 220 del paso puede utilizar una segunda estrategia de control en la que se utilizan mapas de un comportamiento previsto de la turbina o de componentes de la turbina, tales como el par, fuerzas, movimiento (aproximación más cercana a la torre), velocidad y aceleración para un control. Estas variables pueden ser objeto de correlación dependiendo de variables operativas como ángulos de paso, velocidad del rotor y posición, par, potencia. Por ejemplo, a una pala en la posición de las 6 se le puede cambiar el paso a una mayor velocidad que a una pala en la posición de las 12, dado que el empuje es una función de la velocidad del viento y, por lo tanto, una función de la altura del suelo. La velocidad y la dirección del viento en la historia reciente (segundos, minutos), la temperatura del aire en la historia reciente, establecen valores para turbinas individuales (por ejemplo, altitud, densidad de elasticidad por altitud y temperatura), y parámetros de configuración de la turbina. En una realización adicional, el controlador 220 puede tener en cuenta una predicción de las señales a corto plazo.
- 10
- 15 En vez de o además de la señal del sensor, el controlador 230 del sistema 200 de control del paso puede utilizar una entrada procedente del controlador de la turbina a través de la cual se pueden retransmitir directa o indirectamente otras señales.

- El controlador del paso también puede utilizar la siguiente tercera estrategia de control que utiliza perfiles predefinidos de posición establecida proporcionados por el PLC maestro de la turbina. Por lo tanto, la acción del controlador 220 de paso puede controlar al acelerómetro por sí solo, al igual que al PLC maestro de la turbina por sí solo o a una combinación de ambos.
- 20

- Las estrategias de control expuestas anteriormente pueden ser utilizadas por sí solas o en combinación. Además, las palas 140 del rotor de un rotor eólico pueden ser controladas por separado por medio del controlador 220, dado que, por ejemplo, la velocidad del viento puede diferir para una pala del rotor durante la rotación del rotor. Por lo tanto, puede hacerse girar a las distintas palas 140 del rotor del mismo rotor independientemente en torno a sus ejes longitudinales hasta la posición D en bandolera. Para mantener reducidas las cargas, se pueden hacer girar las palas del rotor de forma simétrica en torno a sus ejes longitudinales. Eso significa que las palas del rotor deberían tener todos aproximadamente el mismo ángulo de paso todo el tiempo. Por lo tanto, cada uno de los controladores independientes para cada pala del rotor puede tener en cuenta el ángulo de paso de las otras palas del rotor. Esto solo puede hacerse cuando el rotor ya no acelera. Siempre que el rotor se encuentre acelerando o a una velocidad demasiado elevada del rotor, todas las palas deberían ir tan rápido como sea posible hasta la posición en bandolera.
- 25
- 30

En una realización adicional, también se puede regular el par del rotor eólico dependiendo de los valores suministrados por el sensor 250. Con ese fin, el sensor 250 o el controlador 220 puede estar conectado a un controlador de la turbina eólica, normalmente ubicado en la góndola.

- 35 En una realización adicional, se puede utilizar un sistema mecánico de paso. La Fig. 4 muestra tal sistema 300 de control del paso. Entonces, se acciona la pala 140 del rotor por medio de un accionador hidráulico o neumático 310. El accionador hidráulico o neumático 310 puede estar ubicado en la góndola 120 o en el rotor 130. El accionador hidráulico puede ser un accionador bidireccional, de forma que pueda hacer girar activamente la pala del rotor en torno a su eje longitudinal desde la posición D en bandolera hasta la posición de 0° y, si es necesario, hacer girar activamente la pala desde la posición de 0° o la posición operativa hasta la posición D en bandolera, por ejemplo desde una posición D en bandolera hasta una posición operativa B. En un caso de un accionador neumático o hidráulico unidireccional 310, el accionador puede actuar contra un resorte 320 que obliga a las palas del rotor hasta la posición en bandolera para llevar a cabo una parada del rotor o hasta una posición en la que el rotor ya no obtiene energía del viento. El accionador hidráulico o neumático 310 está conectado por medio de una válvula 330 a un depósito 340. El depósito 340 puede ser un depósito a presión en el caso de un accionador neumático o un depósito hidráulico con una burbuja de nitrógeno. Un controlador 350 del paso controla la válvula 350 dependiendo de una señal de un sensor 360 del paso, de forma que se establezca correctamente el paso. En un caso de un procedimiento de parada, por ejemplo una operación de parada de emergencia, la energía eólica puede ser transformada en una energía mecánica y almacenada en el depósito 340. Como ya se ha explicado para la realización con un sistema de paso con el motor 210 mostrado en la Fig. 3, el viento obliga a la pala del rotor desde una posición operativa, por ejemplo la posición A de 0° o la posición operativa B, en la dirección de la posición en bandolera, además de la fuerza ejercida por el resorte 320. La válvula 330 está adaptada para guiar una presión del fluido generada por el resorte 320 y/o el viento sobre la pala del rotor en el accionador al interior del depósito. Por lo tanto, en el depósito se aumenta la presión del aire en el caso de un sistema neumático de paso o se aumenta la presión de la burbuja de nitrógeno en el caso de un sistema hidráulico de paso. Esta energía mecánica almacenada puede ser utilizada posteriormente, si hay que variar el paso de la pala del rotor desde la posición D en bandolera hasta una posición operativa. En una realización específica, se puede integrar el resorte 320 en el accionador hidráulico o neumático 310.
- 40
- 45
- 50
- 55

- Una ventaja de la realización con un sistema de paso accionado por un resorte es que no hay necesidad de distinguir entre una operación de emergencia y un modo automático controlado. Solo cuando falla el controlador 220 del paso, se deja de regular la operación de emergencia. Mientras el controlador 220 de paso esté en funcionamiento, siempre hay activo un modo de control de la posición y de la velocidad y el modo de operación de emergencia no solo está en “espera activa”. Por lo tanto, diversas realizaciones tienen la ventaja de que las cargas ejercidas sobre los componentes estructurales de la turbina eólica pueden ser reducidas en algunos casos de carga. Por lo tanto, se pueden utilizar componentes de menor coste. La situación de emergencia también puede ser activada por un maquinista que pulse un botón de parada de emergencia. Al proporcionar una realimentación a este controlador, se puede diseñar un control más independiente de la configuración.
- 5
- 10 La presente descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir que cualquier experto en la técnica realice y utilice la invención. Aunque se ha descrito la invención en términos de diversas realizaciones específicas, los expertos en la técnica reconocerán que la invención puede ser puesta en práctica con una modificación dentro del alcance de las reivindicaciones. Especialmente, se pueden combinar entre sí características mutuamente no excluyentes de las realizaciones descritas anteriormente. El
- 15 alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (100) que tiene un rotor con una primera pala (140) del rotor que tiene un eje longitudinal y un sistema (200, 300) de control del paso con un primer sistema (210, 310) de accionamiento operable en un modo activo para generar una fuerza para ajustar un ángulo de paso de la primera pala del rotor, en la que el primer sistema (210, 310) de accionamiento es operable, además, en un modo pasivo en el que el sistema (210, 310) de accionamiento ejerce un par de contratorsión contra la dirección de giro, haciéndose girar la pala (140) del rotor por medio de otra fuerza distinta de la fuerza del sistema (210, 310) de accionamiento, y en la que el sistema (200, 300) de control del paso está adaptado para variar el par de contratorsión del sistema (210, 310) de accionamiento para controlar la velocidad angular del movimiento del paso de la primera pala (140).
2. La turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el sistema de accionamiento es un motor (210), estando adaptado el motor (210) para ser operado como un generador eléctrico para generar una corriente eléctrica.
3. La turbina eólica según la reivindicación 2, en la que el sistema de control del paso comprende un controlador (220) para controlar dicho ángulo de paso, en la que dicho sistema (200) de control del paso está adaptado de forma que una corriente generada por el primer motor eléctrico (210) cuando es operado como un generador es suministrada al controlador del sistema de control del paso, a una carga de volcado, de forma que la corriente generada por el primer motor pueda ser descargada en la carga de volcado, a un dispositivo (230) de almacenamiento de energía eléctrica o a una red de distribución eléctrica.
4. La turbina eólica según una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el rotor comprende, además, una segunda pala (140) del rotor y el sistema (200, 300) de control del paso comprende un segundo sistema de accionamiento para ajustar un ángulo de paso de la segunda pala del rotor, en la que el sistema (200, 300) de control del paso está adaptado, además, para suministrar la energía generada por el primer sistema de accionamiento cuando es accionado por la pala del rotor, al segundo sistema de accionamiento del mismo tipo.
5. La turbina eólica según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la primera pala (140) está conectada a un resorte (240, 320) adaptado para hacer girar la primera pala del rotor en torno a su eje longitudinal.
6. La turbina eólica según la reivindicación 5, en la que la primera pala (140) del rotor está adaptada para ser girada en torno a su eje longitudinal en un intervalo de paso desde una posición operativa (A, B) hasta una posición (D) en bandolera y viceversa, en la que el resorte (240) está dispuesto de forma que almacene energía mecánica cuando se haga girar la primera pala en una dirección desde la posición en bandolera hasta la posición operativa.
7. Un procedimiento de control de una velocidad de paso de una pala (140) del rotor de una turbina eólica (100), comprendiendo la turbina eólica al menos un sistema (210, 310) de accionamiento para ajustar un ángulo de paso de dicha pala del rotor, estando adaptado el sistema de accionamiento para operar en un modo activo, en el que el sistema de accionamiento genera una fuerza para hacer girar la pala del rotor en torno a su eje longitudinal, y en un modo pasivo, en el que el sistema de accionamiento ejerce un par de contratorsión contra la dirección de rotación, siendo girada la pala del rotor por otra fuerza distinta de la fuerza del sistema de accionamiento, en el que se controla la velocidad del paso al operar el sistema de accionamiento en dicho modo pasivo cuando se cambia el paso de la pala (140) del rotor desde una primera posición hasta una segunda posición, y controlando el par de contratorsión para controlar la velocidad angular de la pala del rotor en el movimiento de rotación.
8. El procedimiento según la reivindicación 7, en el que la velocidad de paso se controla dependiendo de una señal de un sensor (250).
9. El procedimiento según la reivindicación 7 u 8, en el que se mueve la pala (140) del rotor desde la primera posición hasta la segunda posición por medio del viento o por medio de un resorte (320).

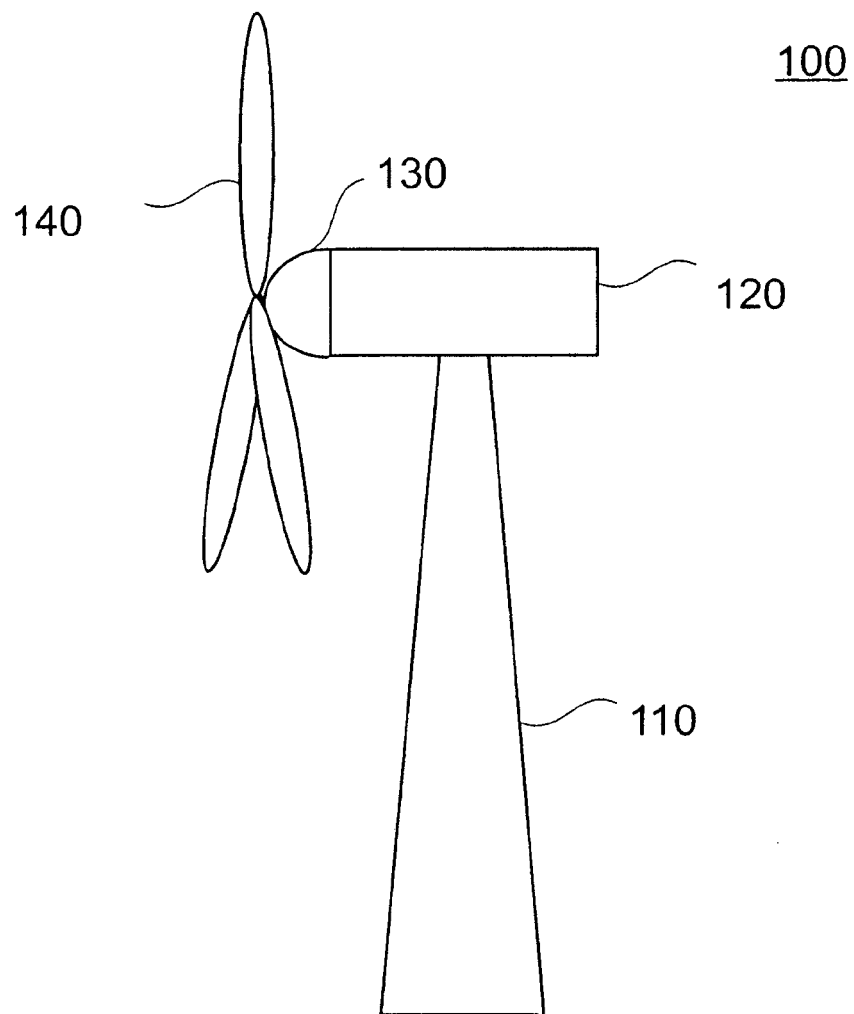


Fig. 1

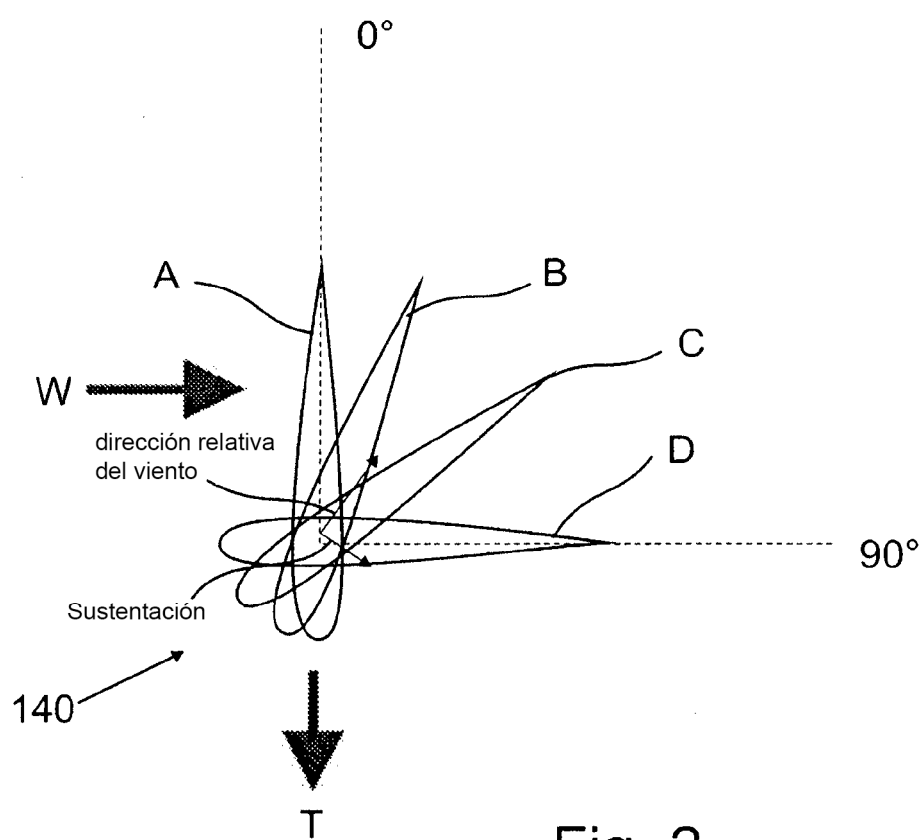


Fig. 2

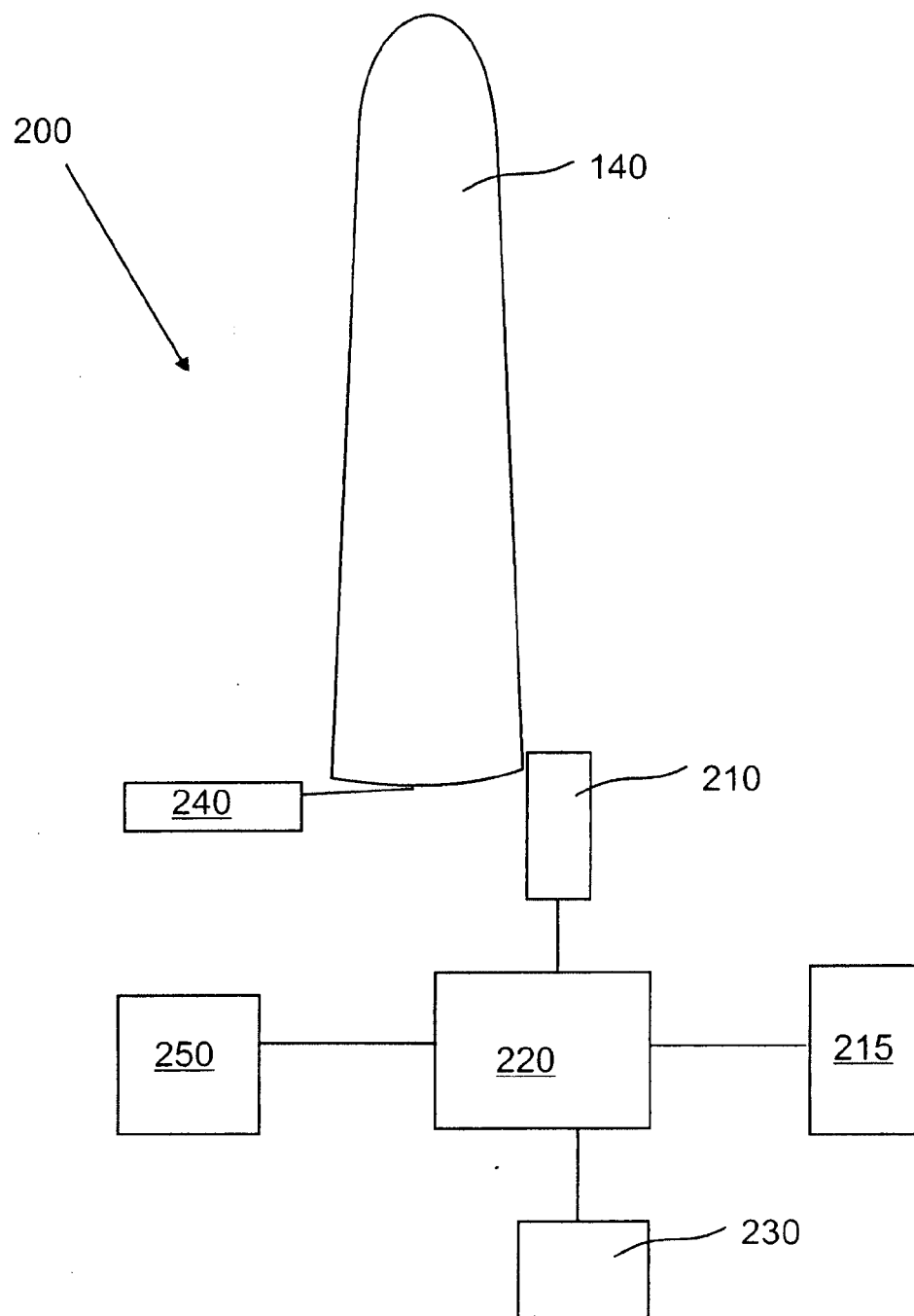


Fig. 3

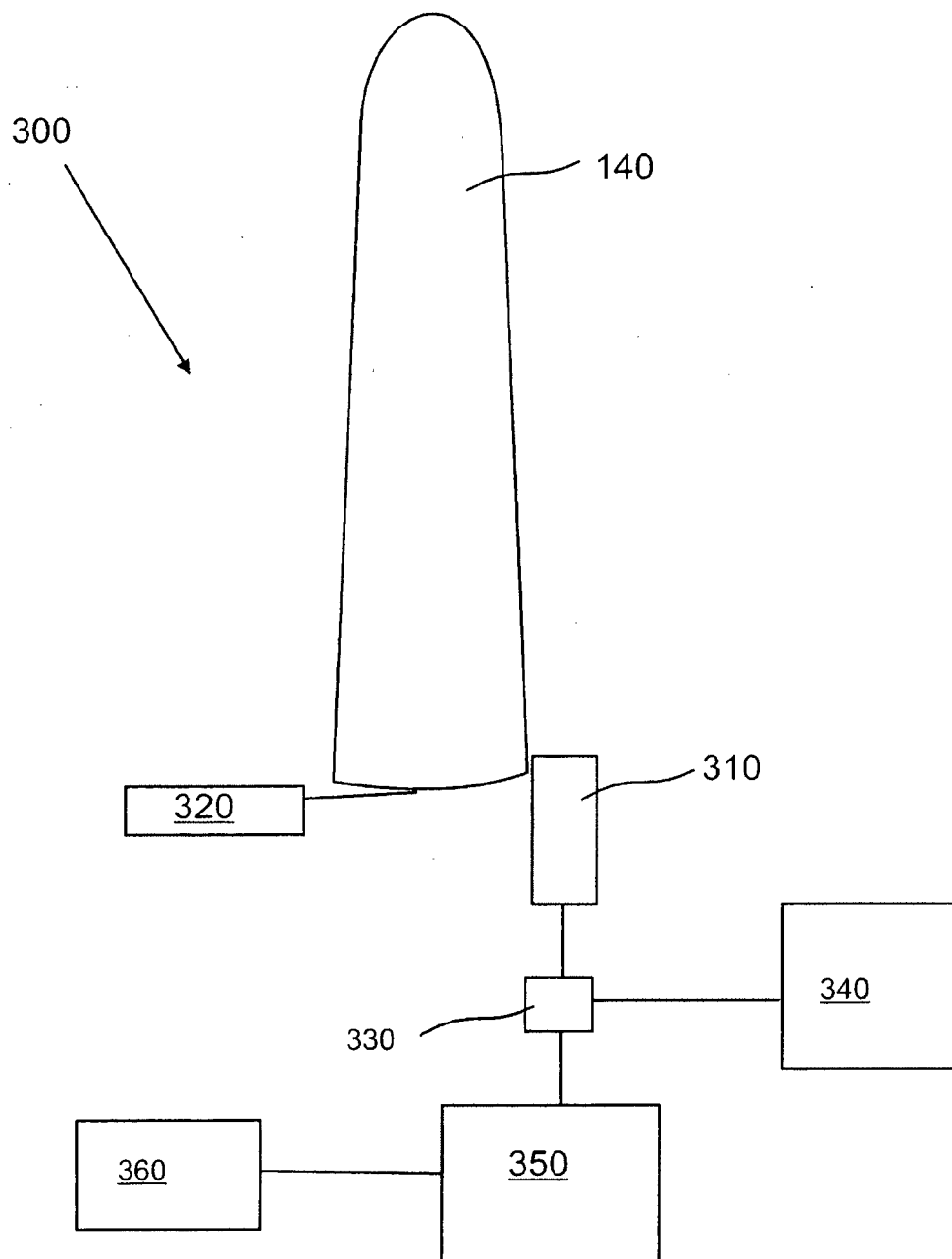


Fig. 4