(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 543 060**

(51) Int. Cl.:
F03D 7/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2009 E 09003558 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015 EP 2101058**

(54) Título: **Procedimiento y dispositivo para el giro de un componente de una planta de energía eólica**

(30) Prioridad:

12.03.2008 DE 102008013864

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.08.2015

(73) Titular/es:

NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

(72) Inventor/es:

KELLER, HARALD;
WIESE-MÜLLER, LARS-ULRICH y
VOSS, EBERHARD

(74) Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 543 060 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

Procedimiento y dispositivo para el giro de un componente de una planta de energía eólica

La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para el giro de un componente de una planta de energía eólica mediante el desplazamiento de un dispositivo de ajuste. Los dispositivos de ajuste se utilizan en plantas de energía eólica para el giro de diferentes componentes. Un ejemplo conocido es el dispositivo de ajuste de ángulo de paso de pala, mediante el que se ajusta el ángulo de paso de pala (ángulo de pitch) de las palas de rotor de la planta. En este caso, las palas de rotor se giran alrededor de su eje longitudinal. Tal dispositivo de ajuste de ángulo de paso de pala forma parte normalmente de una llamada regulación de pitch. Otro ejemplo, conocido también, son los dispositivos de ajuste acimutal, mediante los que la sala de máquinas de la planta de energía eólica se gira alrededor del eje longitudinal de la torre. Tales dispositivos de ajuste acimutal forman parte de un llamado sistema acimutal de la planta de energía eólica que tiene la función de orientar óptimamente la sala de máquinas o la góndola de la planta de energía eólica con respecto a la dirección del viento y destorcer cada cierto tiempo los cables (lazo de cables) que discurren entre la torre de la planta y la sala de máquinas. Tales sistemas acimutales son conocidos, por ejemplo, de la publicación Erich Hau, Windkraftanlagen, editorial Springer Verlag, tercera edición, página 309 y siguientes.

Por lo general, los dispositivos de ajuste presentan uno o varios accionamientos de ajuste. En el caso, por ejemplo, de los accionamientos de ajuste acimutal están previstos normalmente un engranaje planetario, un motor, por ejemplo, un motor eléctrico, y un dispositivo de freno, por ejemplo, un freno eléctrico. El piñón de salida del engranaje engrana en el dentado de una unión giratoria acimutal. Los pares de giro y las velocidades de giro se multiplican o se demultiplican en los engranajes mediante dentados. Durante el funcionamiento, los sistemas de ajuste están sometidos a cargas dinámicas cambiantes, en particular derivadas del viento incidente. En este proceso se producen elasticidades en los accionamientos que dan como resultado que los sistemas de ajuste no puedan reaccionar inmediatamente a las cargas exteriores o no puedan aplicar rápidamente un par motor requerido. La elasticidad de los engranajes depende del juego entre dientes de los engranajes dentados individuales. Mientras más engranajes dentados se utilizan para la multiplicación del engranaje y mientras mayor es el respectivo juego entre dientes, mayor es la elasticidad del engranaje. En el caso, por ejemplo, de accionamientos acimutales y en presencia de un tensado hasta el par nominal, la elasticidad puede ser de hasta diez vueltas del árbol rápido de un engranaje planetario de cuatro etapas. Durante el desplazamiento de los dispositivos de ajuste se distribuyen usualmente pares parciales pequeños también sobre la unión giratoria o el dispositivo de freno, en particular las pinzas de freno, que se utiliza para detener el sistema acimutal.

El par motor de los accionamientos de ajuste está diseñado para casos de carga alta, experimentando el dispositivo de ajuste, por ejemplo, un dispositivo de ajuste acimutal, una variación de la velocidad de giro, en particular un frenado o una aceleración, cuando se superan estos casos de carga. Asimismo, al producirse cambios en el estado operativo, específicamente parada después de marcha y marcha después de parada, se han de absorber cargas que pueden reducir el par motor/par de parada común. Estas reducciones del par se pueden deber a diferentes razones:

Si las cargas de viento exigen un cambio entre las cargas de accionamiento y las cargas de frenado, el par motor de los accionamientos de ajuste disminuye, porque los accionamientos se tienen que volver a apretar después de varias vueltas debido a las elasticidades existentes. Además, los accionamientos de ajuste, en particular los accionamientos acimutales pueden presentar una imprecisión de regulación en caso de un control electrónico mediante dispositivos de arranque suave o convertidores de frecuencia a bajas velocidades de giro, en particular durante el arranque, y, por tanto, no pueden reaccionar inmediatamente a cambios de carga. Por último, la generación del par de parada de pinzas de freno de uso convencional, que se realiza por medio de una rampa, puede durar varios segundos. Esto produce una demora en la absorción de carga mediante las pinzas de freno en los accionamientos.

Es conocido mantener un par de parada residual con un dispositivo de freno de los accionamientos de ajuste, por ejemplo, mediante una fuerza de presión de pinzas de freno correspondientes, de modo que los accionamientos se desplazan en contra de una carga básica. Durante el funcionamiento de la planta están presentes casos de carga, en los que el dispositivo de ajuste es accionado o frenado por las cargas del viento. Los pares de las cargas incidentes se distribuyen, por ejemplo, en caso de un dispositivo de ajuste acimutal, sobre los sistemas parciales accionamiento acimutal, unión giratoria y pinzas de freno de un dispositivo de freno. En un sistema acimutal convencional, los casos de carga se indican en la siguiente tabla. En particular se indica aquí también el efecto sobre el sistema acimutal con el par de parada residual de las pinzas de freno del dispositivo de freno:

“Caso de carga” del sistema acimutal	**Accionamiento acimutal**	**Pinzas de freno**	**Unión giratoria**	**Efecto sobre el sistema acimutal**
arranque con contrapar a partir del viento	accionar	parar	parar	dificultad de puesta en marcha demora de puesta en marcha El par de parada residual dificulta adicionalmente la puesta en marcha.
marcha con contrapar a partir del viento	accionar	parar	parar	velocidad de desplazamiento reducida disminución más frecuente de la velocidad de giro nominal El par de parada residual afecta el comportamiento de la velocidad de giro.
parada con contrapar a partir del viento	frenar	parar	parar	El par de parada residual apoya el proceso de parada.
arranque con par motor a partir del viento	accionar	parar	parar	El par de parada residual protege contra la superación de la velocidad de giro nominal.
marcha con par motor a partir del viento	accionar o frenar	parar	parar	El par de parada residual protege contra fluctuaciones de velocidad.
parada con par motor a partir del viento	frenar	parar	parar	El par de parada residual apoya el proceso de parada.

Una desventaja de la aplicación de un par de parada residual mediante un dispositivo de freno durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste radica en el gran desgaste del freno y, por tanto, en la necesidad de un mantenimiento periódico.

Por el documento US5.035.575A es conocido un sistema acimutal de una planta de energía eólica, en la que durante la parada del dispositivo de ajuste acimutal, dos motores de los accionamientos de ajuste se operan en sentido opuesto con un par de giro igual. De este modo se consigue un tensado del dispositivo de ajuste durante la parada. Cuando el sistema acimutal se desplaza, los dos motores giran en la misma dirección y con el mismo par de giro. Por tanto, ya no se consigue un tensado al desplazarse el dispositivo de ajuste. Por el documento DE 10358486A1 es conocido además un accionamiento acimutal para una planta de energía eólica que presenta un dispositivo hidráulico para tensar los accionamientos. En particular están previstos dos motores hidráulicos que actúan en dirección de giro contraria y con el mismo par de giro en la corona dentada de salida de una unión acimutal mediante ruedas de accionamiento correspondientes. De esta manera se debe eliminar un juego entre los componentes de accionamiento. El sistema acimutal se puede desplazar con un flujo de transporte ajustable mediante una segunda bomba conectada asimismo al circuito hidráulico. En el caso del dispositivo conocido se requiere un sistema hidráulico costoso para conseguir eliminar el juego mediante dos ruedas de accionamiento operadas en dirección de giro contraria una respecto a la otra y en contacto con una rueda dentada de salida.

Por el documento DE19920504A1 es conocida una planta de energía eólica con una sala de máquinas y un dispositivo de ajuste para ajustar la sala de máquinas, presentando el dispositivo de ajuste como accionamiento un motor asíncrono de corriente trifásica que se solicita con una corriente trifásica para un ajuste de la sala de máquinas y con una corriente continua durante el tiempo de parada de la sala de máquinas.

Por el documento DE10127102A1 es conocido un dispositivo de ajuste del estado de la técnica.

Partiendo del estado de la técnica explicado arriba, la invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento y un dispositivo del tipo mencionado al inicio, que posibiliten un tensado simple y económico del dispositivo de ajuste.

Este objetivo se consigue según la invención mediante los objetos de las reivindicaciones independientes 1 y 16. En las reivindicaciones dependientes, así como en la descripción y las figuras aparecen configuraciones ventajosas.

La invención consigue el objetivo, por una parte, con ayuda de un procedimiento para el giro de un componente de una planta de energía eólica mediante el desplazamiento de un dispositivo de ajuste, comprendiendo el dispositivo de ajuste al menos dos accionamientos de ajuste, que presentan respectivamente al menos un motor eléctrico, para desplazar el dispositivo de ajuste, y operándose el motor eléctrico al menos de uno de los al menos dos accionamientos de ajuste a una velocidad de giro distinta que el motor eléctrico al menos de otro de los al menos dos accionamientos de ajuste durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste.

La invención consigue el objetivo también mediante un dispositivo de ajuste para el giro de un componente de una planta de energía eólica mediante el desplazamiento del dispositivo de ajuste con al menos dos accionamientos de ajuste, que presentan respectivamente al menos un motor eléctrico, para desplazar el dispositivo de ajuste, presentando el dispositivo de ajuste un dispositivo de control configurado para operar el motor eléctrico al menos de uno de los al menos dos accionamientos de ajuste a una velocidad de giro distinta que el motor eléctrico al menos de otro de los al menos dos accionamientos de ajuste durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste.

Según la invención, los pares motores se distribuyen de manera diferente sobre los al menos dos accionamientos de ajuste. El par motor total requerido se aplica esencialmente mediante uno o varios accionamientos de efecto motor, contrarrestado al menos un accionamiento con un contrapar pequeño la dirección de giro nominal. De esta manera se consigue un tensado de los accionamientos entre sí. La velocidad de giro distinta del motor eléctrico de uno de los accionamientos de ajuste puede ser aquí en particular una velocidad de giro (absoluta) menor que la velocidad de giro del motor eléctrico o de los motores eléctricos del otro accionamiento de ajuste o de los otros accionamientos de ajuste. Una velocidad de giro distinta puede significar también que el valor absoluto de las velocidades de giro es igual, pero que las velocidades de giro presentan signos diferentes. En este caso, los motores eléctricos se operan entonces en una dirección de giro diferente. Debido a la diferencia de la velocidad de giro según la invención se produce un tensado de los accionamientos entre sí. En particular, el dentado de un engranaje de los accionamientos de ajuste hace contacto en una dirección contraria a la dirección de giro. De este modo se minimizan elasticidades de los accionamientos. Según la invención, se consigue un tensado suficiente de los accionamientos de ajuste entre sí de manera simple desde el punto de vista constructivo y de la técnica de control en comparación con el estado de la técnica. Este tensado está presente en particular también durante el desplazamiento de los accionamientos de ajuste. En el caso del control de accionamiento dependiente de la carga, según la invención, con tensado mutuo de los accionamientos de ajuste, al menos un accionamiento actúa con su par motor en contra del accionamiento o de los demás accionamientos de ajuste de efecto motor. Al desplazarse los dispositivos de ajuste se consigue una mayor rigidez. Además, los intervalos sin par, los llamados agujeros de par, que se originan debido a las elasticidades de los accionamientos, se reducen durante los procesos de arranque y parada. La aceleración, que experimenta, por ejemplo, una sala de máquinas de la planta cuando se originan agujeros de par, se amortigua de manera correspondiente. Se evitan también las aceleraciones, provocadas por cargas de viento, que son mayores que el par motor. Asimismo, se impiden velocidades de giro inadmisiblemente altas de los sistemas de ajuste que podrían producir, en caso contrario, daños en componentes de la planta de energía eólica.

El dispositivo de control, según la invención, está configurado para controlar individualmente los accionamientos de ajuste o los motores eléctricos, en particular con valores nominales de velocidad de giro y/o de par de giro. El par motor de los accionamientos de ajuste se puede limitar aquí a un valor límite, por ejemplo, el par máximo, para el que están diseñados los accionamientos. El dispositivo de control está configurado también para determinar cómo se distribuye todo el par motor sobre los accionamientos individuales y a cuánto asciende la velocidad de giro real del sistema de ajuste. El dispositivo de control varía aquí los valores nominales de velocidad de giro o de par de los accionamientos individuales de tal modo que el sistema de ajuste se desplaza a la velocidad de giro nominal. A partir de una solicitud de desplazamiento para el dispositivo de ajuste, el dispositivo de control puede determinar el par motor, que debe ser aplicado en total por los accionamientos, y puede distribuirlo sobre los diferentes accionamientos o sus motores eléctricos. A continuación, los motores eléctricos se controlan de manera correspondiente. El control se lleva a cabo de modo que uno o varios accionamientos actúan como impulsor (motor) y al menos un accionamiento actúa como freno (generador). El dispositivo de control puede medir el par motor aplicado realmente y regular de manera correspondiente las velocidades de giro o los pares de giro nominales de los accionamientos o motores eléctricos individuales. El dispositivo de control puede presentar un dispositivo de evaluación adecuando para la realización de estas funciones.

Los accionamientos de ajuste pueden presentar en cada caso, además del motor eléctrico, un engranaje, en particular un engranaje planetario y opcionalmente un dispositivo de freno (por ejemplo, un freno eléctrico) para detener el respectivo motor eléctrico. Los motores eléctricos pueden ser motores asíncronos (motores asíncronos de corriente trifásica) que se pueden controlar, por ejemplo, mediante convertidores de frecuencia. Los motores eléctricos presentan normalmente rotores y estatores correspondientes. La operación de los motores eléctricos en una dirección de giro determinada o a una velocidad de giro determinada significa entonces la dirección de giro y la velocidad de giro de los rotores de los motores eléctricos.

Es posible operar los motores eléctricos de los diferentes accionamientos de ajuste en una dirección de giro contraria. Sin embargo, se prefiere en particular que los motores eléctricos, operados a una velocidad de giro diferente, se operen en una dirección de giro igual. Esta configuración se basa en el conocimiento de que para un tensado efectico de los accionamientos es suficiente operar uno de los accionamientos en la misma dirección que los demás accionamientos, pero a una velocidad de giro menor. De esta manera se consigue un tensado suficiente que protege especialmente los accionamientos. Al predefinirse este tipo de velocidades de giro nominales diferentes durante el control de los motores eléctricos de los accionamientos de ajuste, uno de los motores eléctricos está, por decirlo así, retrasado con respecto a los demás motores y garantiza de esta manera el tensado. En particular hay un deslizamiento entre los motores eléctricos. En este caso, todos los motores eléctricos de todos los accionamientos de ajuste se operan en la misma dirección de giro.

Una regulación de par se realiza preferentemente de manera que el o los respectivos accionamientos de ajuste o motores eléctricos de efecto motor no superan un par de giro motor nominal y el accionamiento de ajuste o el motor eléctrico, operado a otra velocidad de giro, en particular menor, actúa sólo con una fracción del par de giro motor nominal en contra del efecto motor del o de los demás accionamientos de ajuste o motores eléctricos. De esta manera, el par de giro de efecto antagonista no puede dañar los accionamientos de ajuste y está situado en el intervalo sostenible del engranaje. Por tanto, no se han de temer afectaciones en la vida útil. Según una configuración, el accionamiento de ajuste, que presenta el motor eléctrico operado a otra velocidad de giro, en particular menor, puede aplicar durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste un par de giro, dirigido en contra del respectivo par motor del o de los demás accionamientos de ajuste, de 5 a 10% del respectivo par motor del o de los demás accionamientos de ajuste. Si cada accionamiento aplica, por ejemplo, un par nominal de 100 Nm, el motor eléctrico o el accionamiento de ajuste operado a la velocidad de giro menor puede aplicar un contrapar de 5 a 10 Nm. Según otra configuración, entre el motor eléctrico operado a otra velocidad de giro, en particular menor, y el motor eléctrico del o de los demás accionamientos de ajuste puede haber una diferencia de velocidad de giro de 20 a 100 revoluciones por minuto (rpm) respectivamente.

En principio, la invención se puede aplicar en todos los dispositivos de ajuste, en los que hay elasticidades y se desea, por tanto, un tensado. De una manera particularmente práctica, el componente puede ser, sin embargo, una sala de máquinas de la planta de energía eólica y el dispositivo de ajuste puede ser un dispositivo de ajuste acimutal. Mediante el dispositivo de ajuste se puede girar la sala de máquinas de la planta alrededor del eje longitudinal de la torre de la planta. De esta manera, el rotor de la planta puede seguir el viento y es posible destorcer cada cierto tiempo el lazo de cables entre la sala de máquinas y la torre. Es posible también que el componente sea una pala de rotor de la planta de energía eólica y que el dispositivo de ajuste sea un dispositivo de ajuste de ángulo de paso de la pala. En este caso, con el dispositivo de ajuste se puede ajustar el ángulo de paso de pala de las palas de rotor de la planta mediante el giro de las palas de rotor alrededor de su eje longitudinal.

Según una configuración, el dispositivo de ajuste puede presentar más de dos accionamientos de ajuste, en particular tres o más accionamientos de ajuste, con al menos un motor eléctrico respectivamente. Es posible entonces que los motores eléctricos de más de dos accionamientos de ajuste, en particular de todos los accionamientos de ajuste del dispositivo de ajuste, se operen durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste en la misma dirección de giro y que el motor eléctrico de al menos uno de los más de dos accionamientos de ajuste se opere a una velocidad de giro menor que los motores eléctricos de otro de los más de dos accionamientos de ajuste. En esta configuración, en particular un motor eléctrico de un accionamiento de ajuste se opera a una velocidad de giro menor que los motores eléctricos de los demás accionamientos de ajuste. Los motores eléctricos de los otros accionamientos de ajuste se pueden operar aquí a la misma velocidad de giro.

Según otra configuración, el o los motores eléctricos del o de los otros accionamientos de ajuste se pueden operar a la velocidad de giro nominal para desplazar el dispositivo de ajuste. En esta configuración, en particular los motores eléctricos de todos los accionamientos de ajuste se operan a la velocidad de giro nominal, exceptuando el motor eléctrico con la velocidad de giro menor que actúa, por tanto, como generador.

En presencia de cargas altas, que actúan en contra del movimiento de desplazamiento del dispositivo de ajuste, se puede aumentar la velocidad de giro del al menos un motor eléctrico operado a una velocidad de giro menor. En esta configuración, el motor eléctrico operado a la velocidad de giro menor, pero en la misma dirección de giro que los demás motores eléctricos, se puede operar asimismo a la velocidad de giro nominal, por ejemplo, en caso de vientos fuertes que actúan en contra de la dirección de giro, para apoyar al resto de los demás accionamientos durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste en contra del viento. El motor eléctrico, operado a la velocidad de giro menor, representa una reserva de potencia y par que se puede solicitar en caso necesario. Todo el par motor de los accionamientos del dispositivo de ajuste está diseñado de modo que todos los accionamientos juntos se pueden desplazar de manera segura con el par máximo en contra de las cargas máximas generadas. El dispositivo de control puede presentar un dispositivo medidor de carga, por ejemplo, un anemómetro. Al superarse una carga mínima, el dispositivo de control puede aumentar la velocidad de giro del motor eléctrico con efecto de frenado que produce el tensado.

Al estar detenido el dispositivo de ajuste, los motores eléctricos al menos de dos accionamientos acimutales se pueden controlar en dirección de giro contraria, pero a una velocidad de giro diferente a cero de tal modo que los accionamientos de ajuste no ejercen en total un par de giro sobre los dispositivos de ajuste. En este caso se consigue también al estar detenidos los dispositivos de ajuste un tensado y una parada del dispositivo de ajuste. Por consiguiente, se puede prescindir del freno de parada/accionamiento situado normalmente en el árbol rápido del tren de accionamiento de la planta de energía eólica, porque los accionamientos de ajuste se encuentran constantemente en el modo de seguimiento y fijan el sistema de ajuste durante la parada. En particular, los motores eléctricos de dos accionamientos de ajuste diferentes se pueden operar aquí en dirección de giro contraria, pero con el mismo par y los motores eléctricos de los demás accionamientos de ajuste no se pueden operar (velocidad de giro cero).

El tensado, según la invención, de los accionamientos de ajuste permite también que durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste no se ejerza un par de parada residual sobre el dispositivo de ajuste mediante un dispositivo de

freno. Más bien, este par de parada residual se puede sustituir por el tensado de los accionamientos. Por consiguiente, el desplazamiento del dispositivo de ajuste se desarrolla de manera amortiguada y se obtiene como resultado un desgaste reducido y una menor necesidad de mantenimiento. Además, el par motor total, que debe ser aplicado por todos los accionamientos juntos, se puede dimensionar con un valor menor que cuando se prevé un par de parada residual durante el desplazamiento. Al existir un par motor suficiente de los accionamientos de ajuste se puede incluso prescindir del dispositivo de freno que proporciona usualmente el par de parada residual (el disco de freno y las pinzas de freno en caso de un dispositivo de ajuste acimutal). Para la puesta en marcha y para fines de mantenimiento, así como en caso de un fallo de red ha de estar previsto, sin embargo, un dispositivo de bloqueo o parada para el dispositivo de ajuste. A este respecto, se han de tomar como base las cargas que actúan sobre una planta de energía eólica que se encuentra en el modo ralentí. Tal dispositivo de parada no se ha de bloquear rígidamente, si esto no es necesario por razones de seguridad, sino que se puede deslizar al superarse una carga límite. Si el dispositivo presenta un dispositivo de freno convencional, éste se puede mantener inactivo mediante el dispositivo de control durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste, por ejemplo, las pinzas de freno se pueden mantener abiertas.

Con el fin de mantener uniforme el desgaste de los accionamientos de ajuste durante su vida útil, se pueden operar de manera alterna motores eléctricos de diferentes accionamientos de ajuste a otra velocidad de giro, en particular menor. Un cambio de un accionamiento de ajuste a otro accionamiento de ajuste se puede llevar a cabo en particular después de transcurrir un tiempo parametrizable o después de conseguirse una cantidad parametrizable de procesos de desplazamiento del dispositivo de ajuste. Es posible entonces un cambio cíclico entre los accionamientos con respecto a sus funciones de frenado. Como momento de transición entre diferentes accionamientos de ajuste se puede utilizar un momento entre procesos de orientación (yaw), en el que la suma de todos los pares motores es igual a cero. Los accionamientos de ajuste pueden presentar en particular el mismo par motor a la velocidad de giro nominal de los motores eléctricos. Sin embargo, es posible también alternativamente operar sólo el mismo accionamiento o motor eléctrico a la velocidad de giro menor. Éste puede presentar, por ejemplo, un par motor menor que los demás accionamientos (principales).

El motor eléctrico, operado a una velocidad de giro menor durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste, actúa como generador debido a su retraso con respecto a los demás motores, mientras que los demás motores eléctricos tienen un efecto motor. Por tanto, según una configuración particularmente práctica, la energía obtenida por el motor eléctrico, que actúa como generador y se opera a una velocidad de giro menor, se puede alimentar a una red eléctrica de la planta de energía eólica. Con este fin puede estar previsto un dispositivo de alimentación correspondiente. En el caso de esta configuración se recupera la energía, proporcionada por el tensado de los accionamientos de ajuste, para el sistema de la planta.

El dispositivo, según la invención, puede ser adecuado para la ejecución del procedimiento según la invención.

Un ejemplo de realización de la invención se explica detalladamente a continuación por medio de dibujos. Muestran esquemáticamente:

Fig. 1 un sistema de ajuste acimutal con un dispositivo de ajuste, según la invención, de acuerdo con una primera configuración en una sección transversal;

Fig. 2 una representación del dispositivo de ajuste según la invención; y

Fig. 3 un diagrama para ilustrar el funcionamiento del dispositivo de ajuste según la invención.

Si no se indica lo contrario, los números de referencia iguales en las figuras identifican los mismos objetos. La figura 1 muestra esquemáticamente un sistema acimutal de una planta de energía eólica con un dispositivo de ajuste 16, según la invención, que en el ejemplo representado es un dispositivo de ajuste acimutal 16. Naturalmente, podría estar previsto también otro sistema de ajuste con otro dispositivo de ajuste, por ejemplo, un dispositivo de ajuste de ángulo de paso de pala. En el ejemplo mostrado, el dispositivo de ajuste 16 presenta tres accionamientos de ajuste 18 que son en este caso accionamientos de ajuste acimutal 18, de los que se puede observar uno en la figura 1. El dispositivo de ajuste 16 sirve para el giro de una sala de máquinas de una planta de energía eólica. En particular se muestra un soporte de máquina 10 de la sala de máquinas de la planta no representada en detalle. El soporte de máquina 10 soporta de manera conocida en el lado de la góndola un generador no representado y un tren de accionamiento, no representado tampoco, con el rotor de la planta de energía eólica. El soporte de máquina 10 y con éste, la sala de máquinas están montados de manera giratoria en la torre 12 representada por secciones. El giro de la sala de máquinas alrededor del eje longitudinal de la torre 12 se realiza aquí de manera conocida mediante una unión giratoria acimutal 14.

Los accionamientos acimutales 18 presentan respectivamente un motor eléctrico 20, en este caso un motor asíncrono de corriente trifásica 20, controlado de manera conocida mediante un convertidor de frecuencia no representado. El motor eléctrico 20 actúa sobre un árbol, cuyo eje de giro está identificado con el número 22. El dispositivo de ajuste 16 presenta además un engranaje planetario 24 de múltiples etapas. El motor eléctrico 20 está unido por arrastre de forma con el árbol rápido del engranaje 24 que actúa como convertidor de par de giro. El árbol

de salida lento 26 del engranaje 24 presenta un piñón 28 que engrana desde afuera en un cojinete giratorio acimutal 30 con dentado exterior. En el ejemplo representado está dispuesto en el lado exterior del cojinete acimutal 30 un disco de freno 32 rodeado parcialmente por pinzas de freno 34. Las pinzas de freno se accionan hidráulicamente en el ejemplo representado mediante una unidad hidráulica central que está dispuesta en el lado de la góndola sobre el soporte de máquina 10. El disco de freno 32 con las pinzas de freno 34 forma parte de un dispositivo de freno 31. El dispositivo de ajuste acimutal 16 presenta también un freno de parada eléctrico 36, asignado respectivamente a cada uno de los accionamientos de ajuste 18, para parar el motor asíncrono 20. El freno de parada 36 presenta un disco de freno 38 unido con el árbol rápido del engranaje 24, así como pinzas de freno 40 que actúan sobre el disco de freno 38.

Para el giro de la sala de máquinas de la planta de energía eólica, el dispositivo de ajuste acimutal 16 se desplaza al activarse los accionamientos de ajuste acimutal 18 y en particular los motores eléctricos 20 de los accionamientos acimutales 18 a una velocidad de giro determinada. Este movimiento giratorio de los motores eléctricos 20 se transforma en un movimiento más lento del árbol lento 26 mediante el engranaje planetario 24. Como resultado del movimiento del árbol 26, el piñón 28 se mueve también de manera correspondiente. Éste transmite su movimiento giratorio al dentado del cojinete acimutal 30 que engrana en el mismo. Por tanto, mediante la unión giratoria acimutal 14 se produce un giro de la sala de máquinas alrededor del eje longitudinal de la torre de planta 12.

El dispositivo de ajuste acimutal 16 presenta también un dispositivo de control 42 que mediante un cable 44 puede controlar los motores eléctricos 20 de los accionamientos de ajuste 18 del dispositivo de ajuste 16. Esto aparece representado esquemáticamente también en la figura 2. En particular, mediante el dispositivo de control 42 se pueden predefinir velocidades de giro nominales y/o pares de giro nominales para los motores eléctricos 20 de los accionamientos de ajuste 18. A este respecto, el dispositivo de control 42 puede determinar los pares motores aplicados respectivamente por los accionamientos de ajuste 18. En caso de una solicitud de desplazamiento para el sistema acimutal, el dispositivo de control 42 puede distribuir el par motor, que va a ser aplicado en total por los accionamientos acimutales 18, sobre los accionamientos 18 mediante un control individual de los motores eléctricos 20. En particular, en el ejemplo representado, los motores eléctricos 20 de dos de los tres accionamientos de ajuste 18 son controlados por el dispositivo de control 42 en la misma dirección de giro y a la misma velocidad de giro para el desplazamiento del dispositivo de ajuste acimutal. Al mismo tiempo, el motor eléctrico 20 del tercer accionamiento de ajuste 18 se opera asimismo en la misma dirección de giro que los motores eléctricos 20 de los demás accionamientos 18, pero a una velocidad de giro menor. Esto provoca que el motor eléctrico 20 operado más lentamente y con éste, el accionamiento de ajuste correspondiente 18 estén retrasados con respecto a los otros dos motores eléctricos 20 o accionamientos de ajuste 18. De esta manera se produce un tensado de los accionamientos 18 y se evita elasticidades no deseadas. Como resultado del tensado, ya no es necesario el par de parada residual aplicado en el estado de la técnica usualmente por el dispositivo de freno 31 durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste acimutal 16 mediante las pinzas de freno 34.

Asimismo, por ejemplo, durante una parada del dispositivo de ajuste 16, los motores eléctricos 20 de dos accionamientos de ajuste 18 se pueden operar en dirección de giro contraria y a la misma velocidad de giro, no accionándose el motor eléctrico 20 del tercer accionamiento de ajuste 18. En el ejemplo representado, los accionamientos de ajuste 18 ejercen el mismo par motor a la misma velocidad de giro de sus motores eléctricos 20. Con esta configuración se logra parar el sistema acimutal durante una parada del dispositivo de ajuste 16. Por esta razón, tampoco resulta necesario forzosamente el dispositivo de freno 31. No obstante, éste puede estar previsto con fines de mantenimiento y puesta en marcha.

El resultado del control, según la invención, de los accionamientos de ajuste 18 se explica por medio del diagrama representado en la figura 3. En el diagrama, el par de giro M se representa sobre el tiempo t. La curva 1 describe aquí el par motor aplicado por los tres accionamientos de ajuste 18 juntos sobre la unión giratoria acimutal. La curva 2 describe el par motor constante, aplicado en total por los dos accionamientos de ajuste 18 operados a la velocidad de giro nominal y en la misma dirección de giro. La curva 3 describe el par motor aplicado por el motor eléctrico 20 del tercer dispositivo de ajuste 18.

En la figura 3 se puede observar que el par de giro común, aplicado por los accionamientos 18 operados a la velocidad de giro nominal, es constante (curva 2). Desde el momento t=0 hasta t_1, el motor eléctrico 20 del tercer accionamiento de ajuste 18 se opera a una velocidad de giro menor que los motores eléctricos 20 de los otros dos accionamientos de ajuste 18. De manera correspondiente, mediante el motor eléctrico 20 operado más lentamente o el accionamiento de ajuste correspondiente 18 se ejerce un efecto de frenado y, por tanto, un par motor negativo M_3. El par motor, aplicado por los tres accionamientos de ajuste 18 juntos (curva 1), se reduce asimismo de manera correspondiente para M_3 entre el momento t=0 y t_1. En el momento t_1, el dispositivo de control 42 y en particular un anemómetro asignado a esté detectan fuertes cargas de viento que actúan en contra de la dirección de desplazamiento del sistema acimutal. Por tanto, para apoyar a los dos accionamientos de ajuste 18 que se desplazan a la velocidad de giro nominal, el dispositivo de control 42 aumenta la velocidad de giro del motor eléctrico 20 operado a la velocidad de giro menor. En particular, desde el momento t_1 hasta el momento t_2 tiene lugar un aumento lineal de la velocidad de giro y, por consiguiente, del par motor ejercido por este accionamiento de ajuste 18. En el momento t_3 se produce la transición del motor eléctrico correspondiente 20 del modo generador al modo motor. El par motor aplicado por todos los accionamientos juntos (curva 1) aumenta de manera correspondiente. En

el momento t_2, la velocidad de giro del motor eléctrico 20 del accionamiento de ajuste 18 operado más lentamente al inicio no sigue aumentando, sino que se mantiene a un nivel elevado constante. De manera correspondiente, el par motor aplicado por los accionamientos de ajuste 18 juntos (curva 1) se mantiene en este nivel de par elevado. De este modo se puede producir un desplazamiento seguro también en presencia de cargas de viento fuertes.

La tabla siguiente muestra a modo de ejemplo los modos de funcionamiento de los tres accionamientos de ajuste 18 en diferentes situaciones de carga:

“Caso de carga” del sistema acimutal	**Accionamiento acimutal 1**	**Accionamiento acimutal 2**	**Accionamiento acimutal 3**
arranque con contrapar a partir del viento	accionar	accionar	accionar
marcha con contrapar a partir del viento	accionar	accionar	accionar o frenar
parada con contrapar a partir del viento	frenar	frenar	accionar o frenar
arranque con par motor a partir del viento	accionar	accionar	frenar
marcha con par motor a partir del viento	accionar o frenar	accionar o frenar	frenar
parada con par motor a partir del viento	frenar	frenar	frenar

Después de transcurrir un tiempo parametrizable, el dispositivo de control 42 puede utilizar otro de los tres motores eléctricos 20 de los accionamientos de ajuste 18 para el tensado, por ejemplo, para ser operado a una velocidad de giro menor. Mediante tal cambio cíclico entre los accionamientos de ajuste 18 se consigue un desgaste uniforme durante su vida útil. Asimismo, puede estar previsto un dispositivo de alimentación, no representado en detalle, que realimenta a la red eléctrica de la planta de energía eólica la energía obtenida por el motor eléctrico 20 que se opera a la velocidad de giro menor durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste 16 y que actúa como generador.

Como resultado del tensado conseguido según la invención, la invención se puede utilizar en particular en emplazamientos de plantas sometidos a vientos fuertes y cambiantes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el giro de un componente de una planta de energía eólica mediante el desplazamiento de un dispositivo de ajuste (16), comprendiendo el dispositivo de ajuste (16) al menos dos accionamientos de ajuste (18), que presentan respectivamente al menos un motor eléctrico (20), para desplazar el dispositivo de ajuste (16), **caracterizado por que** los pares motores se distribuyen de manera diferente sobre los accionamientos de ajuste durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste (16) de tal modo que el motor eléctrico (20) al menos de uno de los al menos dos accionamientos de ajuste (18) se opera a una velocidad de giro distinta que el motor eléctrico (20) al menos de otro de los al menos dos accionamientos de ajuste (18) para tensar los accionamientos de ajuste entre sí.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los motores eléctricos (20), operados a una velocidad de giro diferente, se operan en la misma dirección de giro.

3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** entre el motor eléctrico (20) operado a otra velocidad de giro y el motor eléctrico (20) del al menos otro accionamiento de ajuste (18) hay una diferencia de velocidad de giro de 20 a 100 revoluciones por minuto (rpm).

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el componente es una sala de máquinas de la planta de energía eólica y por que el dispositivo de ajuste (16) es un dispositivo de ajuste acimutal (16).

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el componente es una pala de rotor de la planta de energía eólica y por que el dispositivo de ajuste (16) es un dispositivo de ajuste de ángulo de paso de pala.

6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 o de acuerdo con la reivindicación 2 y una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado por que** el dispositivo de ajuste (16) presenta más de dos accionamientos de ajuste (18) con al menos un motor eléctrico (20) respectivamente, operándose los motores eléctricos (20) de más de dos accionamientos de ajuste (18) en la misma dirección de giro durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste (16), operándose el motor eléctrico (20) al menos de uno de los más de dos accionamientos de ajuste (18) a una velocidad de giro menor que los motores eléctricos (20) de otro de los más de dos accionamientos de ajuste y operándose los motores eléctricos (20) de los otros accionamientos de ajuste (18) a la misma velocidad de giro.

7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 o de acuerdo con la reivindicación 2 y una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** en presencia de cargas altas, que actúan en contra del movimiento de desplazamiento del dispositivo de ajuste (16), se aumenta la velocidad de giro del al menos un motor eléctrico (20) operado a una velocidad de giro menor.

8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** al estar detenido el dispositivo de ajuste (16), los motores eléctricos (20) al menos de dos accionamientos de ajuste (18) se controlan en dirección de giro contraria, pero a una velocidad de giro diferente a cero de tal modo que los accionamientos de ajuste (18) no ejercen en total un par de giro sobre el dispositivo de ajuste (16).

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** motores eléctricos (20) de diferentes accionamientos de ajuste (18) se operan de manera alterna a la otra velocidad de giro.

10. Dispositivo de ajuste para el giro de un componente de una planta de energía eólica mediante el desplazamiento del dispositivo de ajuste (16), con al menos dos accionamientos de ajuste (18), que presentan respectivamente al menos un motor eléctrico (20), para desplazar el dispositivo de ajuste (16), **caracterizado por que** el dispositivo de ajuste (16) presenta un dispositivo de control (42) configurado para distribuir los pares motores de manera diferente sobre los accionamientos de ajuste para operar el motor eléctrico (20) al menos de uno de los al menos dos accionamientos de ajuste (18) a una velocidad de giro distinta que el motor eléctrico (20) al menos de otro de los al menos dos accionamientos de ajuste (18) durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste (16) con el fin de tensar entre sí los accionamientos de ajuste.

11. Dispositivo de ajuste de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** el dispositivo de control (42) está configurado para operar los motores eléctricos (20), operados a una velocidad de giro diferente, en la misma dirección de giro.

12. Dispositivo de ajuste de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizado por que** el dispositivo de control (42) está configurado para controlar los accionamientos de ajuste de tal modo que entre el motor eléctrico (20) operado a otra velocidad de giro y el motor eléctrico (20) del al menos otro accionamiento de ajuste (18) hay una diferencia de velocidad de giro de 20 a 100 revoluciones por minuto.

13. Dispositivo de ajuste de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por que** el componente es una sala de máquinas de la planta de energía eólica y por que el dispositivo de ajuste (16) es un dispositivo de ajuste acimutal (16).

14. Dispositivo de ajuste de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por que** el componente es una pala de rotor de la planta de energía eólica y por que el dispositivo de ajuste (16) es un dispositivo de ajuste de ángulo de paso de pala.

15. Dispositivo de ajuste de acuerdo con la reivindicación 11 o de acuerdo con la reivindicación 11 y una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado por que** el dispositivo de ajuste (16) presenta más de dos accionamientos de ajuste (18) con al menos un motor eléctrico (20) respectivamente, estando configurado el dispositivo de control (42) para operar motores eléctricos (20) de más de dos accionamientos de ajuste (18) en la misma dirección de giro durante el desplazamiento del dispositivo de ajuste (16) y para operar el motor eléctrico (20) de al menos uno de los más de dos accionamientos de ajuste (18) a una velocidad de giro menor que los motores eléctricos (20) de otro de los más de dos accionamientos de ajuste (18), y estando configurado el dispositivo de control (42) para operar los motores eléctricos (20) de los otros accionamientos de ajuste (18) a la misma velocidad de giro.

16. Dispositivo de ajuste de acuerdo con la reivindicación 11 o de acuerdo con la reivindicación 11 y una de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado por que** mediante el dispositivo de control (42) se puede aumentar la velocidad de giro del al menos un motor eléctrico (20), operado a una velocidad de giro menor, en presencia de cargas altas que actúan en contra del movimiento de desplazamiento del dispositivo de ajuste (16).

17. Dispositivo de ajuste de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 16, **caracterizado por que** el dispositivo de control (42) está configurado para controlar, al estar detenido el dispositivo de ajuste (16), los motores eléctricos (20) al menos de dos accionamientos de ajuste (18) en dirección de giro contraria, pero a una velocidad de giro diferente a cero de tal modo que los accionamientos de ajuste (18) no ejercen en total un par de giro sobre el dispositivo de ajuste (16).

18. Dispositivo de ajuste de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 17, **caracterizado por que** mediante el dispositivo de control se pueden operar motores eléctricos (20) de diferentes accionamientos de ajuste (18) de manera alterna a la otra velocidad de giro.

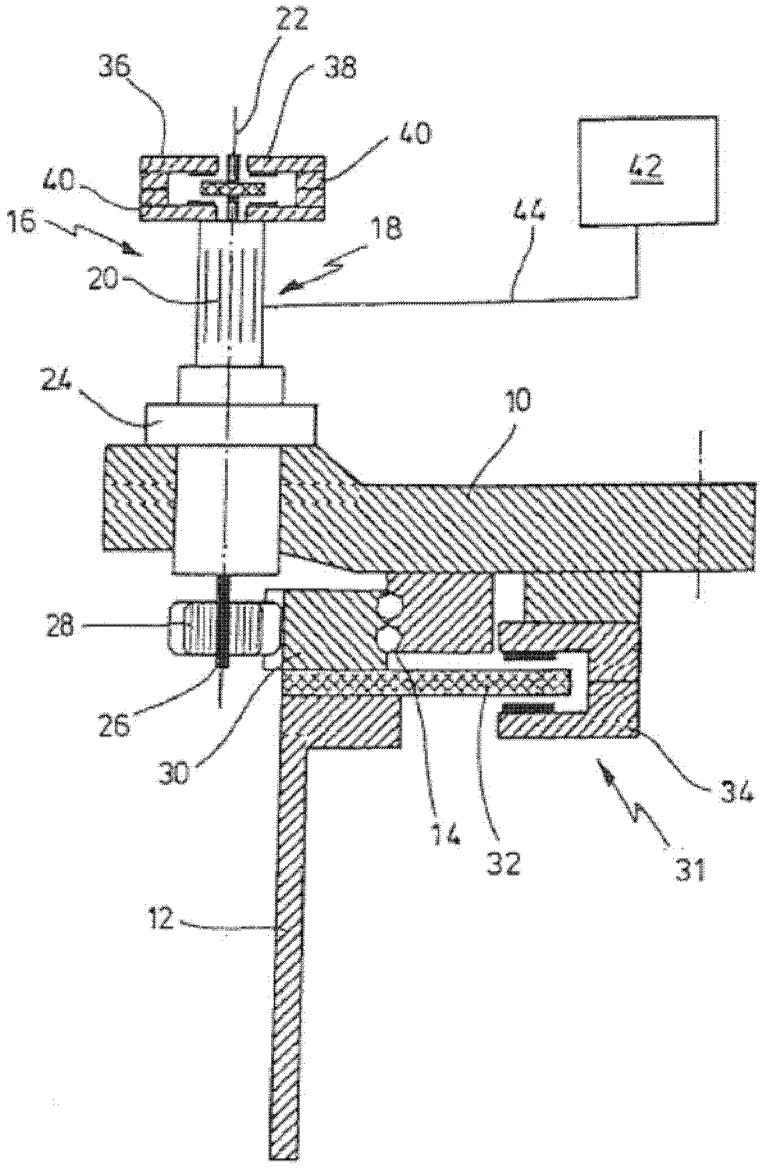

FIG. 1

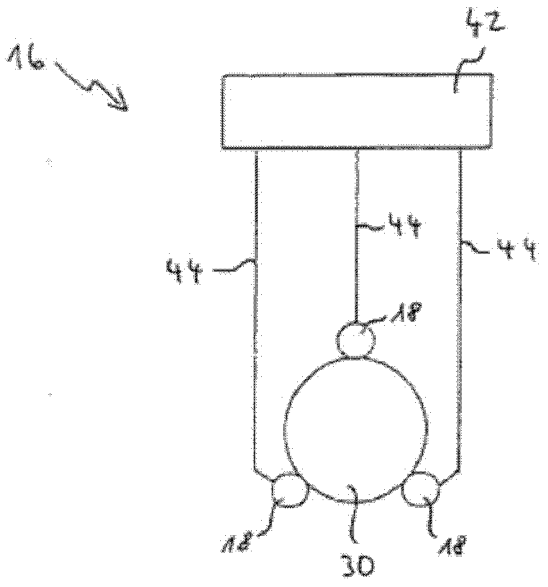

FIG. 2

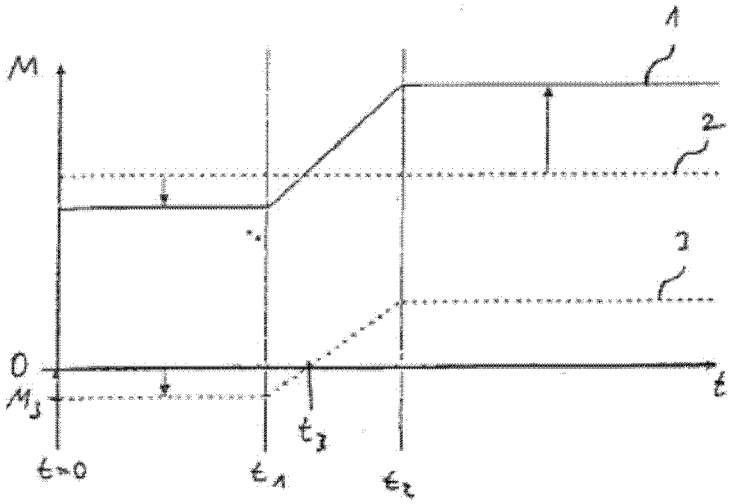

FIG. 3