



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 168**

51 Int. Cl.:
F03D 7/02 (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)
F03D 9/00 (2006.01)
F03D 9/02 (2006.01)
F03D 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07014850 .7**
96 Fecha de presentación : **28.07.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1895157**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.03.2008**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un alternador sincrónico y un engranaje de superposición.**

30 Prioridad: **31.08.2006 DE 10 2006 040 929**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.07.2011

73 Titular/es: **NORDEX ENERGY GmbH**
Bornbarch 2
22848 Norderstedt, DE

72 Inventor/es: **Nitzpon, Joachim y**
Woldmann, Thomas-Paul

74 Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 363 168 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 para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un alternador sincrónico y un engranaje de superposición.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un alternador sincrónico y un engranaje de superposición.

10 En un artículo resumen "Instalaciones de energía eólica con número de revoluciones variable con un engranaje de superposición de regulación eléctrica" de P. Caselitz y col., del grupo de conferencias "DEWEK '92", pág. 171-175, se presenta el uso de engranajes de superposición de regulación eléctrica para el funcionamiento de instalaciones de energía eólica con número de revoluciones variable. Caselitz y col. describen que en este concepto, la variación del número de revoluciones no se realiza en la parte eléctrica sino en la parte mecánica de la instalación. Para ello se emplea un engranaje de superposición, tal y como se emplea también, por ejemplo, en una división de par. El engranaje de superposición dispone de un tercer eje, a través del cual se puede variar la relación del número de revoluciones entre el rotor y el generador en la instalación de energía eólica. La relación entre los números de revoluciones de los tres ejes se puede resumir como sigue:

$$20 \quad i_1 \omega_R - i_2 \omega_C - \omega_G = 0 ,$$

en donde i_1 e i_2 son las relaciones de multiplicación predeterminadas de forma constructiva y ω_R es el número de revoluciones del rotor, ω_C el número de revoluciones en el tercer eje del engranaje de superposición y ω_G el número de revoluciones del generador. Para el accionamiento del tercer eje del engranaje de superposición se emplea por lo general un accionamiento eléctrico. Caselitz y col. proponen el uso de una máquina asíncrona alimentada por convertidor estático con rotor de jaula de ardilla.

De la ecuación anterior es directamente comprensible que con el generador superpuesto con un número de revoluciones ω_G constante se puede compensar una velocidad variable del rotor $\omega_R(t)$ debido a, por ejemplo, cambios en las condiciones del viento y otras condiciones límite, mediante la adaptación del número de revoluciones en el tercer eje, en donde aquí se puede aplicar un par de fuerzas al generador a través del tercer eje, o ser aplicado en el tercer eje a través del rotor.

Del documento DE10361443B4 se conoce una instalación de energía eólica que presenta un generador de número de revoluciones constante acoplado a la red. Para el control de la instalación de energía eólica en el régimen de carga parcial está previsto un regulador con tres planos de regulación. En el primer plano de regulación el rotor eólico acciona un eje de entrada de un engranaje de división de par. En una ramificación de potencia está previsto un convertidor de ajuste hidrodinámico con difusor y álabe director. También está previsto un elemento de reacción en una ramificación de potencia, que provoca un retorno de potencia a través de la otra ramificación de potencia hacia el engranaje de división de par. Como ventajas para esta conformación de una instalación de energía eólica se indica una regulación mejorada en una instalación de energía eólica con un engranaje de superposición.

Del documento DE10357292B4 se conoce un procedimiento para el control de la cadena cinemática de una instalación de energía eólica con control del número de revoluciones, en donde el control del número de revoluciones se realiza mediante un engranaje de división de par y un convertidor de ajuste hidrodinámico. El convertidor de ajuste hidrodinámico comprende una rueda de bomba, una rueda de turbina y un elemento ajustable de reacción y permite de este modo una regulación con control del número de revoluciones de la instalación de energía eólica con número de revoluciones constante para el generador eléctrico.

Del documento EP1283359A1 se conoce una instalación de energía eólica con un engranaje de superposición. El eje de regulación para el ajuste de la relación de multiplicación en el engranaje de superposición se acciona mediante una máquina eléctrica, para mantener constante el número de revoluciones en el generador o dentro de un intervalo determinado. La máquina eléctrica puede estar accionada para ello tanto mediante un generador como mediante un motor.

El objeto de la invención es el de ofrecer un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica que evite averías en la red y/o una sobrecarga de componentes individuales de la cadena cinemática en la conexión del alternador sincrónico.

Según la invención, el objetivo se resuelve mediante un procedimiento de las características de la reivindicación 1. Conformaciones ventajosas representan los objetos de las reivindicaciones dependientes.

El procedimiento según la invención sirve para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un alternador sincrónico y un engranaje de superposición. El engranaje de superposición está conectado entre un eje del rotor y un eje del generador. Asimismo está prevista una unidad de accionamiento, a través de la cual se puede aplicar un par de fuerzas desde la unidad de accionamiento al eje del generador. Según la invención, antes de

superponer el generador, la unidad de accionamiento acciona el mismo hasta que el generador haya alcanzado su número de revoluciones nominal. Solo una vez alcanzado el número de revoluciones nominal, posiblemente después de realizar un ajuste fino del número de revoluciones nominal, se conecta el generador a la red. En el procedimiento según la invención se produce de este modo una superposición suave, en la que se evitan variaciones de tensión e impulsos parásitos de alta intensidad.

En una conformación preferida, la unidad de accionamiento está acoplada con el engranaje de superposición. Ventajosamente, la unidad de accionamiento también puede servir como unidad de regulación, que asume durante el funcionamiento la regulación del número de revoluciones / par de fuerzas. El engranaje de superposición está conectado en esta conformación con el eje del rotor como eje de entrada y con el eje del generador como eje de salida, en donde la unidad de accionamiento puede aplicar un par de fuerzas sobre el eje del generador a través de un eje adicional.

En un perfeccionamiento preferido, el rotor se encuentra detenido durante el proceso de superposición. Cuando la unidad de accionamiento también sirve como unidad de regulación y está conectada al tercer eje del engranaje de superposición, el puente del engranaje de superposición se apoya sobre el rotor, de tal forma que existe un par de fuerzas.

En una conformación alternativa, el rotor dispone de un número de revoluciones distinto de cero durante la superposición del generador. Por lo tanto puede existir un par de fuerzas en el eje del rotor y con ello en el eje de entrada del engranaje de superposición. En esta constelación se realiza preferentemente un control del funcionamiento de la instalación de energía eólica en el que el número de revoluciones del rotor se mantiene constante. En un control de funcionamiento de este tipo, la unidad de accionamiento, que también se utiliza como unidad de regulación, proporciona únicamente el par de fuerzas necesario a través del engranaje de superposición para alcanzar el número de revoluciones nominal. Alternativamente también es posible que el par de fuerzas existente en el eje del rotor se desacople del eje del generador a través del engranaje de superposición y llevar de este modo al generador hasta el número de revoluciones nominal deseado exclusivamente a través de una unidad de accionamiento, que puede estar, por ejemplo, directamente acoplada al generador.

En una conformación preferida, el rotor se encuentra detenido durante el proceso de superposición. Alternativamente es posible que el rotor disponga de un número de revoluciones distinto de cero durante el proceso de superposición, pero que funcione sin potencia. Para ello se realiza preferentemente un control del funcionamiento de la instalación de energía eólica que controla el rotor para mantener el número de revoluciones constante.

En una conformación preferida, inmediatamente antes de la superposición del generador, se realiza un ajuste fino del número de revoluciones del generador, que evite variaciones de tensión en la red.

A continuación se describe más detalladamente la invención sobre la base de unos ejemplos.

Se muestra:

fig. 1 una vista esquemática de una instalación de energía eólica con engranaje de superposición,

fig. 2 una vista esquemática de un engranaje de superposición con una unidad de accionamiento alimentada por red,

fig. 3 un engranaje de superposición con un convertidor hidrostático y un motor auxiliar en conexión con el alternador sincrónico, y

fig. 4 un engranaje de superposición con un convertidor hidrodinámico y un motor auxiliar adicional en conexión con el alternador sincrónico.

La fig. 1 muestra un rotor 10 que recoge un par de fuerzas del viento. El par de fuerzas del rotor 10 se transmite a un engranaje de superposición 14 a través de su eje de rotor 12. El engranaje de superposición 14 dispone de un eje de salida 16, que está acoplado a un alternador sincrónico. El tercer eje 20 del engranaje de superposición 14 está acoplado a un motor 22. Con respecto al flujo de los pares de fuerzas en el engranaje de superposición aplica que el par de fuerzas existente en el generador se compone del par de fuerzas de entrada en el engranaje de superposición 14 y el par de fuerzas del motor 22 aplicado adicionalmente a través del tercer eje 20, o, en un caso especial, el par de fuerzas extraído al engranaje de superposición 14 a través del eje 20. En esta última conformación se divide el par de fuerzas que entra en el engranaje de superposición.

Como generador 18 está previsto un alternador sincrónico, conectado con una unidad de excitación 24. No está representado, pero es absolutamente posible un circuito intermedio de corriente continua, a través del cual fluya la potencia generada hacia la red.

Una unidad central de mando 26 controla tanto el motor 22 como la unidad de excitación 24. La unidad de mando 26

5 controla, por ejemplo, un convertidor de corriente 28 para el motor 22, para aplicar el par / número de revoluciones correspondiente al engranaje de superposición 14. Para ello, tanto el motor como el convertidor de corriente son componentes de la unidad de accionamiento. La unidad de mando 26 también controla la unidad de excitación 24 para el alternador sincrónico. La empresa de suministro eléctrico, representada esquemáticamente como 30, puede indicar a la unidad de mando 26 unas señales de mando correspondientes.

10 En el procedimiento según la invención se sincroniza el alternador sincrónico 18 antes de una superposición de la instalación de energía eólica a la red. Para ello se acciona el eje del generador mediante el motor 22 a través del engranaje de superposición. El número de revoluciones se aumenta hasta alcanzar el número de revoluciones nominal del alternador sincrónico. El rotor 10 apoya el tercer eje del engranaje de superposición 14 a través del puente. Desaparecen las posibles variaciones del número de revoluciones que pudieran aparecer, por ejemplo, al retener directamente y/o frenar directamente el rotor, esto es, cuando éste se encuentra detenido.

15 La figura 2 muestra en una vista esquemática un rotor 30, cuyo eje está acoplado con un engranaje principal 32. El engranaje principal 32 está acoplado con el eje de entrada de un engranaje de superposición 34. El engranaje de superposición 34 dispone de un eje de regulación 36, accionado mediante un motor eléctrico 44. El engranaje de superposición representado está conformado como un engranaje planetario de tres ejes. Para ello, el eje de accionamiento 38 actúa sobre el puente. El eje de salida 40 se corresponde con el eje satélite y la corona del engranaje con el eje de regulación 36. El eje de salida 40 está conectado de forma fija con respecto al número de revoluciones con un alternador sincrónico 42. El eje de regulación es accionado a través del motor 44, que se controla a través de un convertidor de frecuencia 46. En este caso, el motor eléctrico 44 y el convertidor de frecuencia 46 son componentes de la unidad de accionamiento. Tal y como se puede observar en la fig. 2, el motor eléctrico 44 también se puede accionar mediante generador, de tal forma que la potencia se convierte en energía eléctrica a través del eje de regulación 36 en la máquina eléctrica 44, y se alimenta a la red a través del convertidor de frecuencia 46. El eje de regulación 36 se apoya en el eje puente durante el proceso de superposición del alternador sincrónico, y acciona el generador 42.

20 25 El proceso de superposición se realiza de forma regulada. Básicamente, el proceso de superposición se puede producir para cualquier número de revoluciones del rotor. El rotor se mantiene libre de par en un intervalo de revoluciones mediante la indicación de un ángulo de paso en función de la velocidad del viento y la intensidad de las ráfagas. Para un viento fuerte y/o un viento de ráfagas extremas puede ser ventajoso mantener frenado el rotor durante el proceso de superposición del alternador sincrónico 42 y dejarlo girar libremente solo después de haber realizado con éxito la sincronización. La regulación del paso tiene que garantizar que no se sobrecargue la unidad de accionamiento 44 durante la aceleración.

30 35 Para la superposición está prevista una unidad de sincronización 50, que compara la tensión de red y la tensión del generador entre sí, y controla correspondiente el convertidor de frecuencia 46, para sincronizar generador y red entre sí. El alternador sincrónico 42 se excita a través de una unidad de excitación 48. El alternador sincrónico 50 y la unidad de excitación 48 están acoplados a la red.

40 45 Las figuras 3 y 4 muestran un engranaje de superposición con una regulación propia que permite trabajar en el eje de generador a un número de revoluciones constante. El alternador sincrónico se acciona a través de un motor auxiliar 54, que es controlado a través de un convertidor de frecuencia. El motor auxiliar 54 puede consistir en, por ejemplo, un motor asíncrono, que es accionado mediante un convertidor de frecuencia 56 con regulación del número de revoluciones. El motor auxiliar 54 está conectado con el generador 60 a través de un acoplamiento 58 conectable. El acoplamiento 58 conectable se cierra solo para la sincronización del alternador sincrónico 60 y está abierto durante el funcionamiento de la instalación (figura).

50 En otra forma de realización, desaparece el acoplamiento y el motor auxiliar está unido directamente con el alternador sincrónico a través de un eje rígido, y se hace funcionar mediante el alternador sincrónico, totalmente separado eléctricamente de la red.

55 La regulación del número de revoluciones se realiza en las figuras 3 y 4 mediante un accionamiento de ajuste hidráulico, previsto entre el eje de salida y el eje de regulación. La figura 3 muestra un accionamiento hidrostático, que es controlado para compensar las variaciones en el número de revoluciones o en el par de fuerzas en el eje de accionamiento del engranaje de superposición, manteniendo constante el número de revoluciones del eje de salida. La compensación se realiza, por ejemplo, mediante los flujos volumétricos en el equipo hidrostático 62.

60 El convertidor de par 64 representado en la figura 4 dispone de una corona de paletas directrices 66 que realiza una conversión de los números de revoluciones / pares de fuerzas mediante su ajuste. El convertidor 64 se compone además de la corona de paletas directrices 66 de una bomba de rueda 68 y de una rueda de turbina 70. Para transmitir la potencia entre el eje de salida y el eje de regulación, el convertidor está relleno de aceite. El par aplicado de este modo sobre la corona del engranaje de superposición permite la transmisión de potencia entre el eje de accionamiento y el de salida en el engranaje de superposición.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica con un alternador sincrónico (18), un engranaje de superposición (14), conectado entre el eje del rotor (12) y el eje del generador (16) y una unidad de accionamiento, caracterizado porque antes de superponer el alternador sincrónico (18) a la red eléctrica, la unidad de accionamiento acciona el alternador sincrónico hasta que éste ha alcanzado su número de revoluciones nominal.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la unidad de accionamiento acciona el generador a través del engranaje de superposición.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la unidad de accionamiento dispone de un motor eléctrico.
- 15 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque antes del proceso de superposición, el eje del rotor está desacoplado del eje del generador (16) a través del engranaje de superposición.
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el rotor gira libre de potencia o está detenido durante la superposición del generador.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el rotor gira libre de potencia a un número de revoluciones distinto de cero durante la superposición del generador.
- 25 7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque la unidad de mando de la instalación de energía eólica controla el rotor para regular el número de revoluciones del rotor.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la unidad de accionamiento se controla para sincronizar la tensión generada por el generador con la tensión en la red y mantener la frecuencia del generador igual que la frecuencia de la red.
- 30 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la unidad de accionamiento dispone de un motor auxiliar (54) que está acoplado con el alternador sincrónico a través de un acoplamiento (58).
- 35 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la unidad de accionamiento dispone de un motor auxiliar (54) que está directamente acoplado al alternador sincrónico.

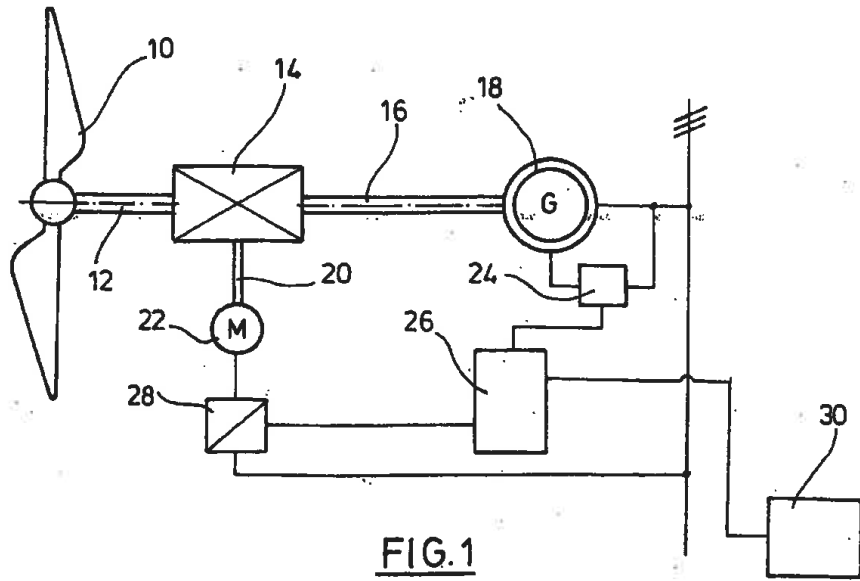


FIG. 1

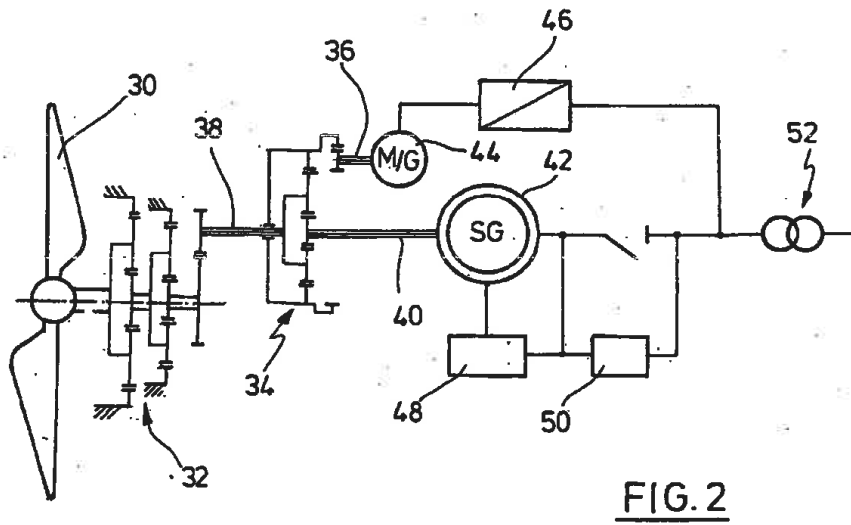


FIG. 2

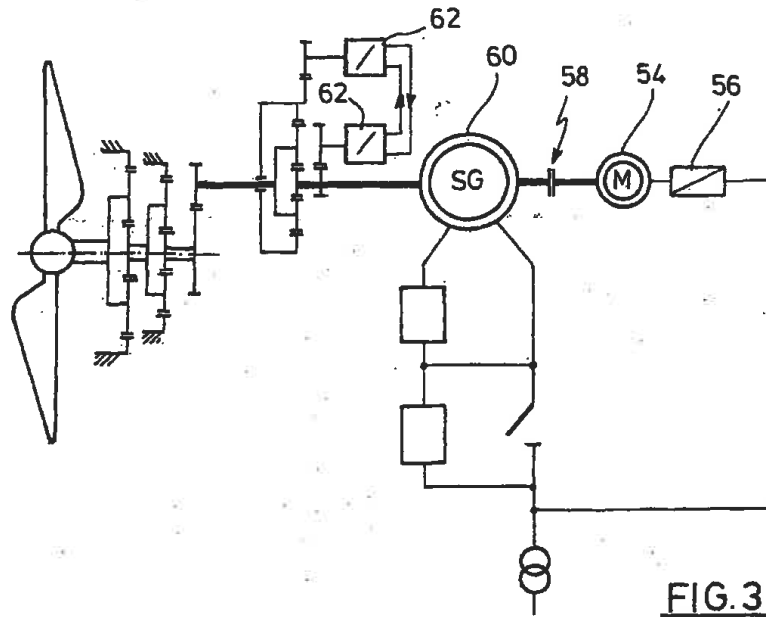


FIG. 3

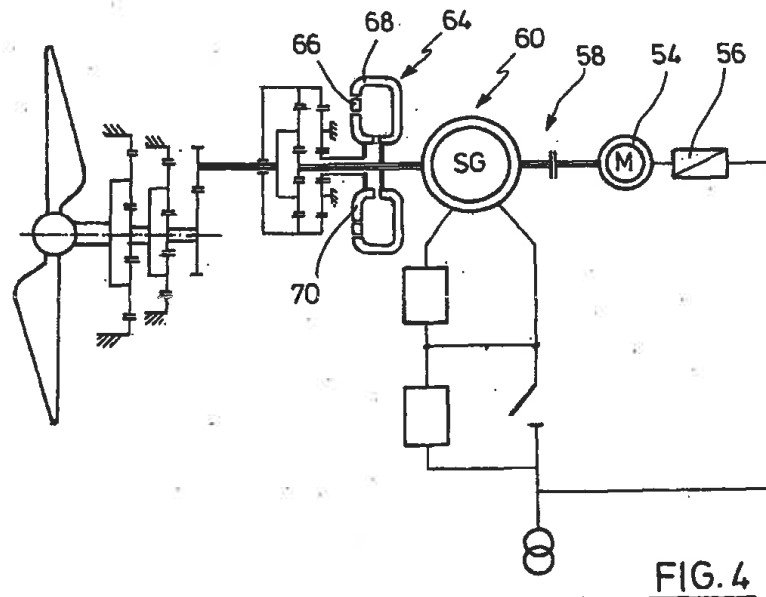


FIG. 4