

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 603 746**

51 Int. Cl.:

F03D 15/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2010 PCT/EP2010/060108**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.02.2011 WO11020653**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2010 E 10732367 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2467600**

54 Título: **Aerogenerador y procedimiento para el control del funcionamiento de un aerogenerador**

30 Prioridad:

18.08.2009 DE 102009028612

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

01.03.2017

73 Titular/es:

**ZF FRIEDRICHSHAFEN AG (100.0%)
Graf-von-Soden-Platz 1
88046 Friedrichshafen, DE**

72 Inventor/es:

SORG, JOHANNES

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 603 746 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

Aerogenerador y procedimiento para el control del funcionamiento de un aerogenerador

5 La invención se refiere a un aerogenerador con un rotor eólico operable con un número de revoluciones variable, un generador operable con un número de revoluciones constantes y una máquina eléctrica operable con número de revoluciones variable, que están conectados en su accionamiento a través de un engranaje de superposición, pudiéndose emplear la máquina eléctrica como un sistema de regulación de fuerza para la regulación del número de revoluciones del generador tanto a modo de generador como a modo de motor y conectándose la misma, a través de un convertidor de frecuencia, a una red eléctrica. La invención se refiere además a un procedimiento para el control del funcionamiento de un aerogenerador de este tipo.

10 Un aerogenerador tiene, como es sabido, la función de transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica. La corriente eléctrica obtenida de esta forma por regeneración se puede incorporar a una red eléctrica local o suprarregional para el abastecimiento de consumidores eléctricos.

15 En caso de aerogeneradores de mayor potencia se ha impuesto un modo de construcción en el que un rotor eólico, que presenta preferiblemente tres palas de rotor, se dispone por el lado de barlovento en una góndola, con giro alrededor de un eje horizontal de giro. La góndola se dispone, girando a través de un apoyo acimutal alrededor de un eje vertical, en una torre fijada por medio de un fundamento de forma segura en el suelo. Dentro de la góndola se instala en la mayoría de los casos una etapa de subida y al menos un generador para la producción de energía eléctrica. Como consecuencia de la etapa de subida, cuyo árbol de entrada está unido al cubo de rotor del rotor eólico, se convierte un número de revoluciones relativamente bajo del rotor eólico, con la correspondiente transformación del par de giro transmitido en el árbol de salida unido en su accionamiento directa o indirectamente al rotor del generador, en un número de revoluciones más alto favorable para el generador.

20 Los aerogeneradores más antiguos se han configurado en parte con un número de revoluciones fijo, es decir, en estos aerogeneradores el número de revoluciones del rotor eólico y, por consiguiente también el número de revoluciones del rotor del generador, se mantiene constante mediante una regulación del ángulo de ataque de las palas de rotor (regulación Pitch) y/o mediante un giro del rotor en el apoyo acimutal fuera o a favor del viento (regulación Stall – regulación por pérdida aerodinámica). Como consecuencia, la corriente producida por el generador diseñado preferiblemente como rotor sincronizado, se puede incorporar a la red eléctrica, en caso de la correspondiente configuración del engranaje y del generador, sin gran esfuerzo en cuanto a electrónica de potencia, especialmente sin convertidor de frecuencia. Sin embargo, el inconveniente de estos aerogeneradores de número de revoluciones fijo consiste en la gama de velocidades del viento relativamente pequeña, en la que los mismos pueden funcionar.

25 Para ampliar la gama de velocidades del viento aprovechable y, por lo tanto, para incrementar el la producción de energía, se han desarrollado aerogeneradores en los que se prevé un número de revoluciones variable tanto del rotor eólico como del generador. Sin embargo, un generador de número de revoluciones variable requiere un convertidor de frecuencia por medio del cual la corriente eléctrica producida se adapta, en cuanto a tensión, frecuencia y posición de fase, a las condiciones de red. Dado que toda la corriente eléctrica producida en el generador pasa por el convertidor de frecuencia, es necesario diseñarlo con una potencia elevada lo que, debido al creciente rendimiento de los aerogeneradores modernos, lo que conlleva un coste considerable y un alto potencial de fallos.

30 Para evitar estos inconvenientes se han propuesto aerogeneradores que presentan un rotor eólico operable con un número de revoluciones variable, un generador operable con un número de revoluciones constante y un sistema de regulación de fuerza, conectados entre sí en su accionamiento a través de un engranaje de superposición. El engranaje de superposición consiste preferiblemente en un simple engranaje planetario cuyo portapiñón satélite (alma) se une directa o indirectamente, a través de una etapa de subida, al cubo del rotor eólico cuya rueda satélite está unida al rotor del generador o del sistema de regulación de fuerza, y cuyo engranaje recto está unido al sistema de regulación de fuerza o al rotor del generador. Mediante una fijación, un giro hacia delante (misma dirección de giro que el rotor eólico y el rotor del generador) o un giro hacia atrás (dirección de giro contraria a la del rotor eólico y rotor del generador) del engranaje recto o de la rueda satélite por medio del sistema de regulación de fuerza, se regula la transmisión del engranaje planetario activa entre el portapiñón satélite y la rueda satélite o el engranaje recto en dependencia del número de revoluciones del rotor eólico de manera que el número de revoluciones de rotor del generador se mantengan en gran medida constante. Otra influenciación del número de revoluciones de rotor del generador es posible a través de una regulación Pitch y/o regulación Stall.

35 En un tren de transmisión, utilizable en un aerogenerador, según el documento DE 103 14 757 B3, el sistema de regulación de fuerza se configura preferiblemente en forma de convertidor de par hidrodinámico dispuesto de forma coaxial por encima del árbol de salida que une la rueda satélite del engranaje de superposición al rotor del generador. La rueda de bomba del convertidor de par se une de forma fija al árbol de salida, mientras que la rueda de turbina del convertidor de par se une en su accionamiento, a través de una etapa de subida configurada como simple engranaje planetario con portapiñón satélite fijo (engranaje estacionario con inversión de la dirección de giro), al engranaje recto del engranaje de superposición. Para el control del número de revoluciones y del par de giro absorbido de la rueda de bomba se pueden regular los álabes directores del convertidor de par.

Como se expone más detalladamente en el documento asignado DE 103 61 443 B4, con un tren de transmisión de este tipo y un diseño apoyado del engranaje de superposición, del convertidor de par y de la etapa de reducción, así como con un ajuste adecuado de las palas de inversión del convertidor de par, se puede conseguir una regulación pasiva es decir, en su mayor parte automática, mediante la cual el rotor eólico puede funcionar, dentro de una gama de velocidades del viento predeterminada, con un número de revoluciones variable, en su punto de funcionamiento respectivamente óptimo, manteniéndose un número de revoluciones de rotor del generador al mismo tiempo constante.

Sin embargo, el inconveniente de este aerogenerador conocido consiste en que su grado de rendimiento total es, en comparación, bajo, a pesar del funcionamiento con un grado de rendimiento óptimo del rotor eólico, lo que se debe al reflujo de energía que se produce a través del convertidor de par con un grado de rendimiento permanente y malo.

En el documento DE 37 14 858 A1, en cambio, se propone un engranaje que se puede emplear en un aerogenerador, en el que el sistema de regulación de fuerza se configura como segundo generador de menos potencia que el primer generador (generador principal). En esta variante de realización según la figura 3 de dicho documento, el rotor del generador principal se une sin posibilidad de giro al engranaje recto de un engranaje de superposición, mientras que el rotor del segundo generador está unido a la rueda satélite del engranaje de superposición a través de un árbol de mando. El segundo generador se dispone, visto en disposición axial desde el rotor eólico, detrás del generador principal, pasando el árbol de mando asignado por el centro del rotor hueco del generador principal. Mediante la correspondiente regulación del número de revoluciones del rotor y del par de giro absorbido del segundo generador en dependencia del número de revoluciones del rotor eólico, el número de revoluciones del rotor principal se puede mantener constante a velocidades de viento elevadas. El segundo generador produce, además del generador principal, corriente eléctrica que, a causa del funcionamiento con un número de revoluciones variable de este generador, debe transformarse en un convertidor de frecuencia asignado para su incorporación a una red eléctrica.

Por la descripción de un aerogenerador con una estructura ligeramente diferente, pero funcionamiento idéntico, en el documento EP 1 283 359 A1 se conoce que una máquina eléctrica, prevista como sistema de regulación de fuerza para mantener el número de revoluciones del rotor del generador constante, se puede emplear bien como generador, bien como motor. En caso de funcionamiento como generador de la máquina eléctrica, en el que el rotor de la máquina eléctrica y la rueda satélite del engranaje de superposición giran en la misma dirección de giro que el rotor eólico y el rotor del generador, se incrementa la transmisión activa entre el rotor eólico o el árbol de salida de la etapa de subida y el rotor del generador con el aumento del número de revoluciones del rotor eólico frente al estado en caso de rueda satélite fija, lo que corresponde a un funcionamiento del aerogenerador a elevadas velocidades del viento por encima del número de revoluciones nominal del rotor eólico. En caso de funcionamiento como motor de la máquina eléctrica, en el que el rotor de la máquina eléctrica y la rueda satélite del engranaje de superposición giran en dirección contraria a la dirección de giro del rotor eólico y del rotor del generador, se reduce la transmisión activa entre el rotor eólico o el árbol de salida de la etapa de subida y el rotor del generador con el aumento del número de revoluciones del rotor eólico frente al estado en caso de rueda satélite fija, lo que corresponde a un funcionamiento del aerogenerador a velocidades medias del viento por debajo del número de revoluciones nominal del rotor eólico. En caso de funcionamiento como generador de la máquina eléctrica la energía eléctrica producida adicionalmente se incorpora en la red eléctrica a través de un convertidor de frecuencia asignado, y en caso de funcionamiento como motor de la máquina eléctrica, la energía eléctrica necesaria para ello se toma de la corriente eléctrica a través del convertidor de frecuencia.

Otro ejemplo se muestra en el documento EP 1 895 157.

Sin embargo, para incrementar aún más la producción de energía de aerogeneradores, es generalmente deseable que se amplíe también su zona operacional hasta llegar a velocidades de viento bajas.

Siendo ésta la situación, la invención tiene por objeto perfeccionar un aerogenerador del tipo antes señalado con vistas a una ampliación de su zona operacional hasta llegar a velocidades de viento bajas. Se trata además de proponer un procedimiento para el control del funcionamiento de un aerogenerador de este tipo.

La misión constructiva para la ampliación de la zona operacional del aerogenerador se resuelve según la invención en combinación con las características del preámbulo de la reivindicación 1, disponiendo en el flujo de fuerza entre el engranaje de superposición y el generador, un freno de bloqueo para la retención del generador en caso de necesidad.

Otras variantes de realización ventajosas y perfeccionadas del aerogenerador según la invención son objeto de las subreivindicaciones 2 a 6.

Por consiguiente, la invención parte de un aerogenerador que comprende un rotor eólico operable con un número de revoluciones variable, un generador operable con un número de revoluciones constante y una máquina eléctrica operable con un número de revoluciones variable, conectados en su accionamiento entre sí a través de un engranaje de superposición. La máquina eléctrica sirve de sistema de regulación de fuerza para la regulación del número de revoluciones del generador, siendo posible emplearla bien como generador, bien como motor. Para la incorporación de la potencia eléctrica producida durante el funcionamiento del generador y para la toma de la potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento como motor, la máquina eléctrica se conecta a través de un

convertidor de frecuencia a una red eléctrica. La zona operacional de un aerogenerador así diseñado se limita a velocidades de viento elevadas por encima del número de revoluciones nominal del rotor eólico y a velocidades de viento medias por debajo del número de revoluciones nominal del rotor eólico.

5 Para la ampliación de la zona operacional del aerogenerador hasta velocidades de viento bajas se prevé, según la invención, un freno de bloqueo controlable, es decir, acoplable y desacoplable, que se dispone en el flujo de fuerza entre el engranaje de superposición y el generador. Este freno de bloqueo se acopla a velocidades de viento bajas a las que el rotor eólico todavía se acciona pero a las que el número de revoluciones del generador principal ya no se puede mantener constante. Como consecuencia, se paran el rotor del generador principal y el elemento de salida conectado al mismo del engranaje de superposición frente a un componente de la carcasa de la góndola. En este estado de funcionamiento, el generador principal se desconecta, funcionando la máquina eléctrica, prevista en principio como sistema de regulación de fuerza, como generador. La corriente eléctrica producida por la máquina eléctrica se incorpora a la red eléctrica a través del convertidor de frecuencia asignado. Con la invención que se puede llevar a la práctica de manera relativamente sencilla y económica, es por lo tanto posible producir energía eléctrica a velocidades de viento bajas con aerogeneradores genéricos diseñados para velocidades de viento medias y altas e incrementar así su rendimiento.

15 En una variante de realización preferida del engranaje de superposición en forma de simple engranaje planetario, cuyo portapiñón satélite está conectado en su accionamiento al rotor eólico, cuyo engranaje recto está conectado al rotor a través de un árbol de mando asignado, y cuya rueda satélite está conectada al rotor de la máquina eléctrica, el freno de bloqueo se dispone en el árbol de mando del generador.

20 El freno de bloqueo se puede configurar de manera que actúe accionado por fricción.

El freno de bloqueo que actúa accionado por fricción se configura preferiblemente como freno de disco con, al menos, un disco de freno montado resistente al giro en el árbol de mando y con, al menos, un portapastillas fijado en la carcasa. Este tipo de frenos se conoce suficientemente en la construcción de vehículos y se puede emplear en su caso prácticamente sin variaciones.

25 Dado que la máquina eléctrica también se puede utilizar para la sincronización de los números de revoluciones, el freno de bloqueo también se puede diseñar de manera que actúe en arrastre de forma, lo que conlleva un funcionamiento sin desgaste y menos trabajo de mantenimiento.

30 El freno de bloqueo que actúa en arrastre de forma se configura preferiblemente a modo de freno de mordaza con una rueda de mordaza dispuesta resistente al giro en el árbol de mando y con una rueda de mordaza apoyada sin posibilidad de giro por el lado de la carcasa, pudiéndose desplazar una de las ruedas de mordaza, por medio de un dispositivo de regulación asignado, axialmente en dirección de la otra rueda de mordaza. Los dentados de las mordazas de las ruedas de mordaza se pueden orientar opcionalmente en dirección axial o radial.

35 La tarea técnica relativa al procedimiento para el control del funcionamiento del aerogenerador se resuelve según la invención en combinación con las características del preámbulo de la reivindicación 7 para lo que a velocidades de viento bajas se acopla un freno de bloqueo controlable dispuesto en el flujo de fuerza entre el engranaje de superposición y el generador, se desconecta el generador, se produce corriente eléctrica a través del funcionamiento como generador de la máquina eléctrica y se incorpora la misma a la red eléctrica a través del convertidor de frecuencia.

40 Otras variantes de realización ventajosas y perfeccionadas del procedimiento según la invención se revelan en las reivindicaciones 8 a 10.

45 Como ya se ha explicado antes, el procedimiento según la invención parte de un generador que comprende un rotor eólico operable con un número de revoluciones variable, un generador operable con un número de revoluciones constante y una máquina eléctrica operable con un número de revoluciones variable, conectados en su accionamiento entre sí a través de un engranaje de superposición. Se prevé como sistema de regulación de fuerza para la regulación del número de revoluciones del generador, siendo posible emplearla bien como generador, bien como motor. Para la incorporación y toma de energía eléctrica, la máquina eléctrica se conecta a través de un convertidor de frecuencia a una red eléctrica.

50 Mediante el acoplamiento del freno de bloqueo, el rotor del generador y el elemento de salida conectado al mismo del engranaje de superposición se retienen frente a un componente de la carcasa de la góndola. Más o menos al mismo tiempo se desconecta el generador y se pasa la máquina eléctrica al funcionamiento como generador. De este modo, con el aerogenerador también se produce energía eléctrica a bajas velocidades de viento, que en caso contrario no se aprovecharía.

55 No obstante, momentáneamente pueden producirse velocidades de viento tan bajas que, aunque sean suficientes para un accionamiento del rotor eólico y para un funcionamiento como generador de la máquina eléctrica en la producción de una potencia eléctrica baja, no son suficientes para el arranque del rotor eólico parado debido a un par de arranque inicial relativamente elevado del rotor eólico atribuible a pares de resistencia más altos en los cojinetes y dentados de los engranajes al pasar de la fricción estática a la fricción de rodadura y de deslizamiento.

De acuerdo con una variante perfeccionada de la invención se propone, por lo tanto, que el rotor eólico sea acelerado en situaciones de viento correspondientes, es decir, a una velocidad del viento por debajo de una

5 velocidad de arranque y por encima de una velocidad de funcionamiento mínima, por la máquina eléctrica funcionando como motor, al menos hasta alcanzar un número de revoluciones mínimo, y que la máquina eléctrica se conmute después al funcionamiento como generador para la producción de energía eléctrica. De esta manera se pueden aprovechar también velocidades de viento extremadamente bajas para la producción de energía a las que hasta ahora se han desconectado los aerogeneradores del mismo tamaño.

Al configurar el freno de bloqueo en arrastre de forma, por ejemplo como freno de mordazas, este acoplamiento se sincroniza convenientemente por medio de un funcionamiento como generador y/o motor de la máquina eléctrica.

10 Una posición de diente sobre diente en el freno de bloqueo se evita ventajosamente, realizando la sincronización del freno de bloqueo, con el rotor eólico en marcha, sólo hasta llegar a una diferencia del número de revoluciones mínima preestablecida y provocando, con el rotor eólico parado, una diferencia del número de revoluciones mínima en el freno de bloqueo.

Para explicar la invención se acompaña a la descripción un dibujo con un ejemplo de realización. Este muestra en la Figura 1 la estructura esquemática de una variante de realización preferida del aerogenerador según la invención;

Figura 2 el flujo de energía en la primera modalidad de funcionamiento del aerogenerador según la figura 1;

15 Figura 3 el flujo de energía en la segunda modalidad de funcionamiento del aerogenerador según la figura 1;

Figura 4 el flujo de energía en la tercera modalidad de funcionamiento del aerogenerador según la figura 1 y

Figura 5 el flujo de energía en la cuarta modalidad de funcionamiento del aerogenerador según la figura 1.

20 Un aerogenerador según la invención 1, representado en la figura 1, comprende un rotor eólico 2 operable con un número de revoluciones variable, un generador 3 operable con un número de revoluciones constante y una máquina eléctrica 4 operable con un número de revoluciones variable, conectados en su accionamiento entre sí a través de un engranaje de superposición 5, así como dispuestos coaxialmente respecto a un eje de giro geométrico común en una góndola aquí no representada. El rotor eólico 2 accionable por medio del viento 6 presenta tres palas de rotor 7 configuradas de forma aerodinámica, repartidas uniformemente por el lado del perímetro con posibilidad de giro limitado y fijadas con posibilidad de giro limitado en un cubo de rotor 8. El cubo de rotor 8 está unido resistente al giro al árbol de entrada de un engranaje principal 9 configurado como sistema de subida y que se puede realizar, por ejemplo, como simple etapa de rueda dentada frontal o como simple engranaje planetario con engranaje plano retenido por el lado de la carcasa.

30 El generador 3 operable con un número de revoluciones constante del rotor se configura como inducido interior dotado de un rotor 10 radialmente interior y de una perforación central, con un estator 11 radialmente exterior fijado en la carcasa. La máquina eléctrica 4 operable con un número de revoluciones de rotor variable también se configura como inducido interior con un rotor 12 radialmente interior, así como con un estator 13 radialmente exterior fijado en la carcasa y de potencia mucho menor que la del generador 3. Debido a su funcionamiento con número de revoluciones constante, el generador 3 se conecta de manera lectrotécnica directamente a una red eléctrica 14, mientras que la máquina eléctrica 4, a causa de su funcionamiento con un número de revoluciones variable, se conecta a la red eléctrica 14 a través de un convertidor de frecuencia 15.

40 El engranaje de superposición 5 se configura como simple engranaje planetario 16 con una rueda satélite 17, un portapiñón satélite 19 que soporta varias ruedas planetarias 18 y un engranaje recto 20. El portapiñón satélite 19 se une de forma resistente al giro al árbol de salida del engranaje principal 9. El engranaje recto 20 se une resistente al giro al rotor 10 del generador 3 a través de un árbol de mando 21 configurado como árbol hueco. La rueda satélite 17 se une a través de un árbol de mando central 22, que pasa por el árbol hueco 21 y el rotor 10 del generador 3, de forma resistente al giro al rotor 12 de la máquina eléctrica 4.

45 En el árbol de mando 21, entre el engranaje recto 20 del engranaje de superposición 5 y el rotor 10 del generador 3 se dispone un freno de bloqueo 23 controlable, es decir, acoplable y desacoplable, con el que se retiene el rotor 10 del generador 3, en caso de necesidad, frente a un componente fijo de la carcasa. Para el registro del número de revoluciones del rotor del generador 3 y de la máquina eléctrica 4, los rotores en cuestión 11, 13 presentan respectivamente un sensor de rueda 24, 25 en la que se dispone respectivamente un sensor del número de revoluciones 26, 27.

50 Para el control del aerogenerador 1 se prevé un sistema de control electrónico 28 conectado a través de líneas de sensor 29 a los sensores del número de revoluciones 26, 27 y a través de líneas de control 30 al cubo de rotor 8 del rotor eólico 2, al freno de bloqueo 23, a los arrollamientos de excitación del generador 3, así como a la máquina eléctrica 4 y al convertidor de frecuencia 15. A continuación, el funcionamiento del aerogenerador 1 se explica más detalladamente a la vista de las figuras 2 a 5 derivadas de la figura 1.

55 En una primera modalidad de funcionamiento del aerogenerador 1 según la figura 2, que se emplea a velocidades de viento elevadas, a las que el rotor eólico 2 se acciona con un número de revoluciones de rotor superior al número de revoluciones nominal, la máquina eléctrica 4 se conmuta al funcionamiento como generador. El par de arrastre, así como el número de revoluciones del rotor de la máquina eléctrica 4, y, por consiguiente, la transmisión activa entre el árbol de salida del engranaje principal 9 y del árbol de mando 21 del generador 3, se regula en caso de un número de revoluciones variable del rotor eólico 2, de manera que el generador 3 se mantenga en gran medida

constante en su número de revoluciones de funcionamiento previsto, que en caso de una realización como máquina sincronizada con dos pares de polos y una frecuencia de red de 50 Hz, es de 1.500 r.p.m.

En esta modalidad de funcionamiento, conocida por los documentos DE 37 14 858 A1 y EP 1 283 359 A1, el rotor 12 de la máquina eléctrica 4 y la rueda satélite 17 del engranaje de superposición 5 giran en la misma dirección de giro que el rotor eólico 2 y el rotor 10 del generador 3. En esta modalidad de funcionamiento, el freno de bloqueo 23 está abierto o desacoplado. A la energía eléctrica 31 producida por el generador 3 e incorporada a la red eléctrica 14 se suma la energía eléctrica 32 de la máquina eléctrica 4 adaptada a través del convertidor de frecuencia 15, que es del orden del 5% al 20% de la energía 31 producida por el generador 3.

En una segunda modalidad de funcionamiento del aerogenerador 1 según la figura 3, que se emplea a velocidades de viento medias, a las que el rotor eólico 2 se acciona con un número de revoluciones de rotor inferior al número de revoluciones nominal, la máquina eléctrica 4 se conmuta al funcionamiento como motor. El par de accionamiento, así como el número de revoluciones del rotor de la máquina eléctrica 4 y, por consiguiente, la transmisión activa entre el árbol de salida del engranaje principal 9, así como del árbol de mando 21 del generador 3 con un número de revoluciones variable del rotor eólico 2 se regula de manera que el generador 3 se mantenga constante en su número de revoluciones de rotor previsto. En esta modalidad de funcionamiento conocida al menos por el documento EP 1 283 359 A1, el rotor 12 de la máquina eléctrica 4 y la rueda satélite 17 del engranaje de superposición 5 giran en dirección contraria a la dirección de giro del rotor eólico 2 y del rotor 10 del generador 3. En esta modalidad de funcionamiento, el freno de bloqueo 23 también está abierto o desacoplado. La energía 31 producida por el generador 3 se reduce en un 5%-20% en la energía 33 tomada por la máquina eléctrica 4 a través del convertidor de frecuencia 15, por lo que en conjunto se incorpora a la red eléctrica 14 una cantidad de energía reducida. La energía 33 tomada se vuelve a aportar al generador 3 a través de la máquina eléctrica 4 y constituye, por lo tanto, una corriente de energía que circula dentro del aerogenerador.

En una tercera modalidad de funcionamiento del aerogenerador 1 según la figura 4, que se emplea a velocidades de viento tan bajas, a las que se acciona el rotor eólico 2 con un número de revoluciones de rotor muy por debajo del número de revoluciones nominal, que ya no se puede mantener constante el número de revoluciones del rotor del generador 3. En esta modalidad de funcionamiento, el freno de bloqueo 23 está cerrado o acoplado y, por lo tanto, el rotor 10 del generador 3 y el engranaje recto 20 del engranaje de superposición 5 retenidos frente a un componente fijo de la carcasa de la góndola. El generador 3 se desconecta y el engranaje de superposición 5 actúa como engranaje estacionario con una transmisión de entre 0,2 y 0,4. La máquina eléctrica 4 se emplea como generador con un número de revoluciones variable y produce energía eléctrica 32 que se incorpora a la red eléctrica 14 a través del convertidor de frecuencia 15.

El freno de bloqueo 23 se puede configurar por ejemplo en forma de un freno de mordazas que actúa en arrastre de forma, sincronizándose el acoplamiento del freno de bloqueo 23 convenientemente por medio de un funcionamiento como generador y/o como motor de la máquina eléctrica 4. Con la tercera modalidad de funcionamiento permitida por el freno de bloqueo 23 se amplía la zona operacional del aerogenerador según la invención 1 frente a los aerogeneradores conocidos hasta velocidades de viento bajas con lo que se puede incrementar considerablemente la producción de energía del aerogenerador, especialmente en condiciones de viento con fases de viento débil más prolongadas.

En una cuarta modalidad de funcionamiento del aerogenerador 1 según la figura 5, que se emplea a velocidades de viento extremadamente bajas, que a pesar de ser suficientes para el accionamiento del rotor eólico 2 y para el funcionamiento del generador de la máquina eléctrica 4, ya no bastan para un arranque del rotor eólico 2 parado, el rotor eólico 2, con el freno de bloqueo 23 cerrado o acoplado, es acelerado por la máquina eléctrica 4 conmutada en esta fase en el funcionamiento como motor hasta alcanzar un número de revoluciones mínimo con el que se pueda garantizar el posterior accionamiento por parte del viento 6. La energía eléctrica 33 necesaria para ello se toma de la red eléctrica 14 a través del convertidor de frecuencia 15. A continuación, la máquina eléctrica 4 se vuelve a cambiar al funcionamiento como generador y proporciona, según la tercera modalidad de funcionamiento conforme a la figura 4, energía eléctrica que se aporta a la red de corriente 14 a través del convertidor de frecuencia 15. Al arrancar el rotor eólico 2 por medio de la máquina eléctrica 4 y cambiar la máquina eléctrica 4 después al funcionamiento como generador, se amplía la zona operacional del aerogenerador según la invención 1 hasta llegar a velocidades de viento extremadamente bajas.

El aerogenerador según la invención también se puede emplear para la estabilización de la red eléctrica actuando sobre la red eléctrica 14 a modo de un, así llamado, modificador de fase. En este caso el generador 3 se acciona con ayuda del sistema de mando 28 que puede absorber potencia reactiva de la red eléctrica 14 e incorporar potencia reactiva a la red eléctrica 14.

Lista de referencias

- 1 Aerogenerador
- 2 Rotor eólico
- 3 Generador

- 4 Máquina eléctrica
- 5 Engranaje de superposición
- 6 Viento
- 7 Pala de rotor
- 5 8 Cubo de rotor
- 9 Engranaje principal, subida
- 10 Rotor del generador
- 11 Estátor del generador
- 12 Rotor de la máquina eléctrica
- 10 13 Estátor de la máquina eléctrica
- 14 Red eléctrica
- 15 Convertidor de frecuencia
- 16 Engranaje planetario
- 17 Rueda satélite
- 15 18 Rueda planetaria
- 19 Portapiñón
- 20 Engranaje recto
- 21 Árbol de mando, árbol hueco
- 22 Árbol de mando central
- 20 23 Freno de bloqueo
- 24 Sensor de rueda del generador
- 25 Sensor de rueda de la máquina eléctrica
- 26 Sensor del número de revoluciones del generador
- 27 Sensor del número de revoluciones de la máquina eléctrica
- 25 28 Sistema de mando
- 29 Línea de sensor
- 30 Línea de control
- 31 Energía incorporada del generador
- 32 Energía incorporada de la máquina eléctrica
- 30 33 Energía tomada de la máquina eléctrica

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aerogenerador, con un rotor eólico (2) operable con un número de revoluciones variable, un generador (3) operable con un número de revoluciones constantes y una máquina eléctrica (4) operable con número de revoluciones variable, que están conectados en su accionamiento a través de un engranaje de superposición (5), pudiéndose emplear la máquina eléctrica (4) como un sistema de regulación de fuerza para la regulación del número de revoluciones del generador (3) tanto a modo de generador como a modo de motor y conectándose la misma, a través de un convertidor de frecuencia (15), a una red eléctrica (14), disponiéndose en el flujo de fuerza entre el engrnaje de superposición (5) y el generador (3) un freno de bloqueo (23) controlable para parar el generador (3) en caso de necesidad, caracterizado por que el freno de bloqueo (23) se configura de modo que actúe em arrastre de forma.
- 10
- 15 2. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizaado por que el freno de bloqueo (23) se configura a modo de freno de mordaza con una rueda de mordaza dispuesta resistente al giro en el árbol de mando (21) y con una rueda de mordaza apoyada sin posibilidad de giro por el lado de la carcasa, pudiéndose desplazar una de las ruedas de mordaza, por medio de un dispositivo de regulación asignado, axialmente en dirección de la otra rueda de mordaza.
- 20 3. Procedimiento para el control del funcionamiento de un aerogenerador, con un rotor eólico (2) operable con un número de revoluciones variable, un generador (3) operable con un número de revoluciones constantes y una máquina eléctrica (4) operable con número de revoluciones variable, que están conectados en su accionamiento a través de un engranaje de superposición (5), pudiéndose emplear la máquina eléctrica (4) como un sistema de regulación de fuerza para la regulación del número de revoluciones del generador (3) tanto a modo de generador como a modo de motor y conectándose la misma, a través de un convertidor de frecuencia (15), a una red eléctrica (14), caracterizado por que, a velocidades de viento bajas, un freno de bloqueo (23) controlable, dispuesto en el flujo de fuerza entre el engranaje de superposición (5) y el generador (3), se acopla, el generador (3) se desconecta y la máquina eléctrica (4), que funciona a modo de generador, produce corriente eléctrica que se aporta a la red eléctrica (14) a través del convertidor de frecuencia (15).
- 25
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado por que el rotor eólico (2) se acelera a una velocidad de viento inferior a la velocidad de arranque y superior a una velocidad de funcionamiento mínima, por medio de un funcionamiento a modo de motor de la máquina eléctrica (4), al menos hasta alcanzar un número de revoluciones mínimo, y por que la máquina eléctrica (4) se conmuta a continuación al funcionamiento a modo de generador.
- 35 5. Pocedimiento según la reivindicación 3 ó 4, caracterizado por que en caso de una configuración en arrastre de forma, el freno de bloqueo (23) se sincroniza antes del acoplamiento por medio de un funcionamiento a modo de generador y/o de motor de la máquina eléctrica (4).
- 40 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que, para evitar una posición de diente sobre diente en el freno de bloqueo (23) con el rotor eólico (2) en marcha, la sincronización del freno de bloqueo (23) sólo se lleva a cabo hasta llegar a una diferencia del número de revoluciones mínima preestablecida, y por que, con el rotor eólico (2) parado, se provoca una diferencia del número de revoluciones mínima en el freno de bloqueo (23).

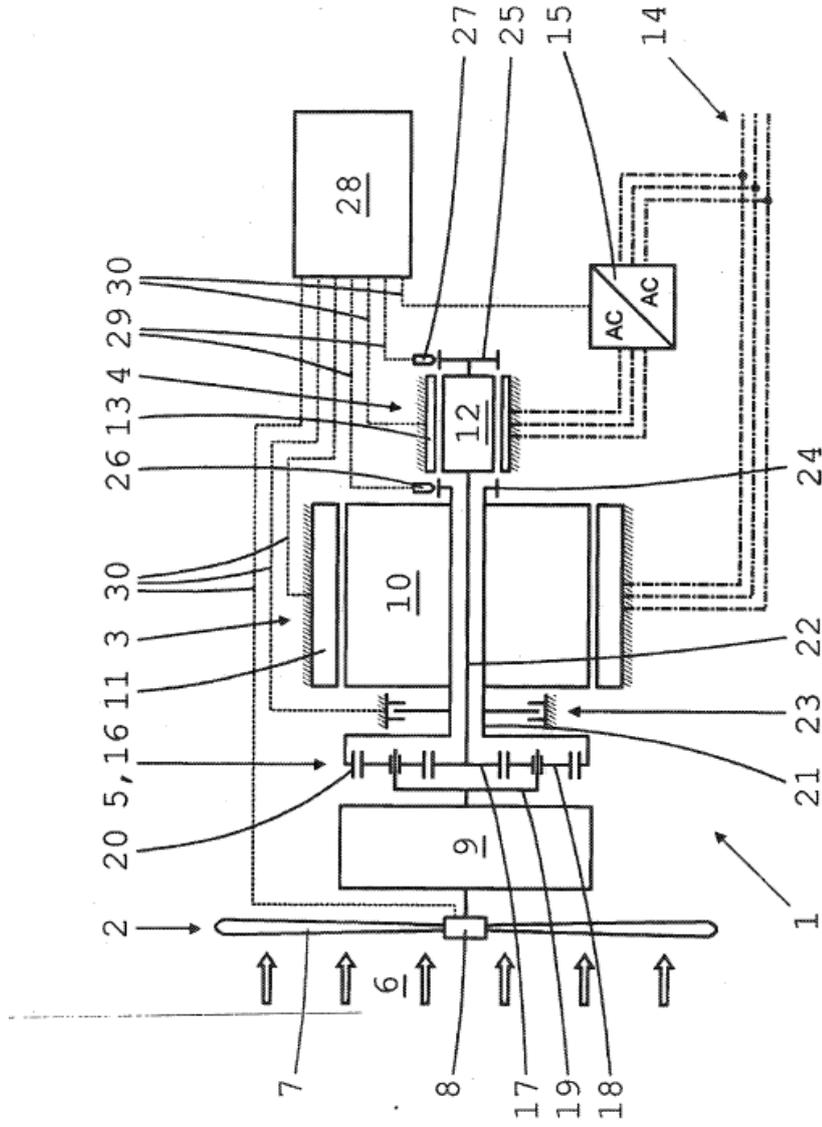


Fig.1

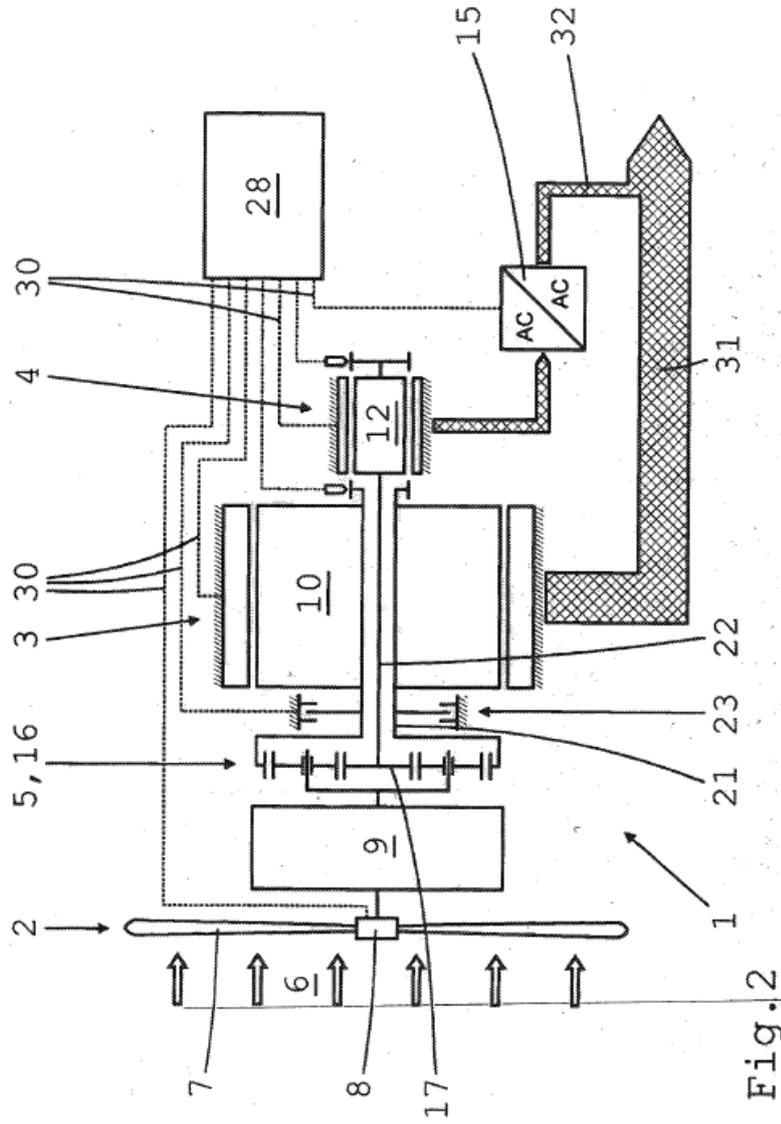


Fig. 2

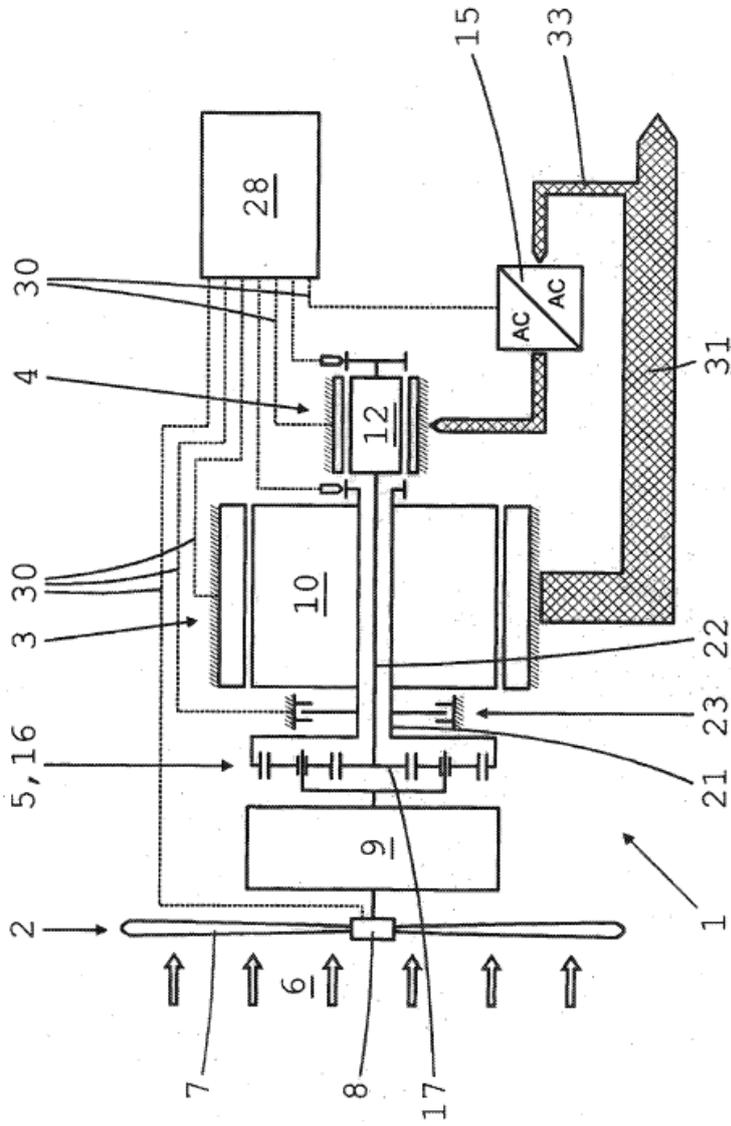


Fig. 3

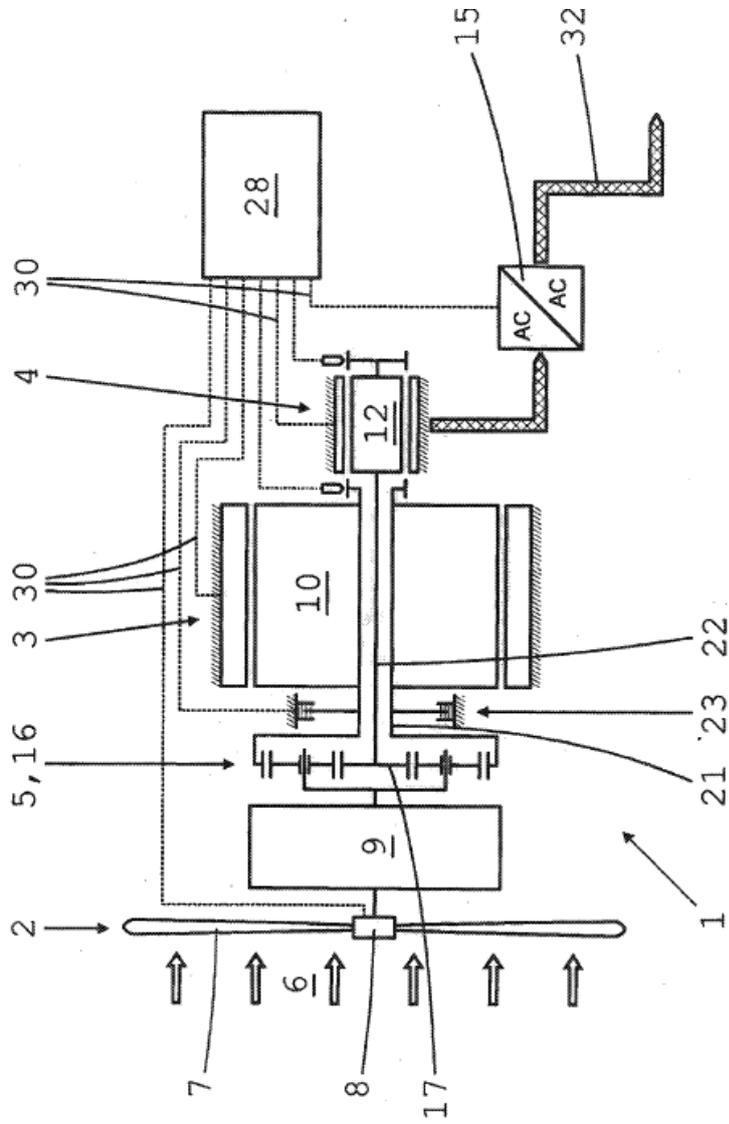


Fig. 4

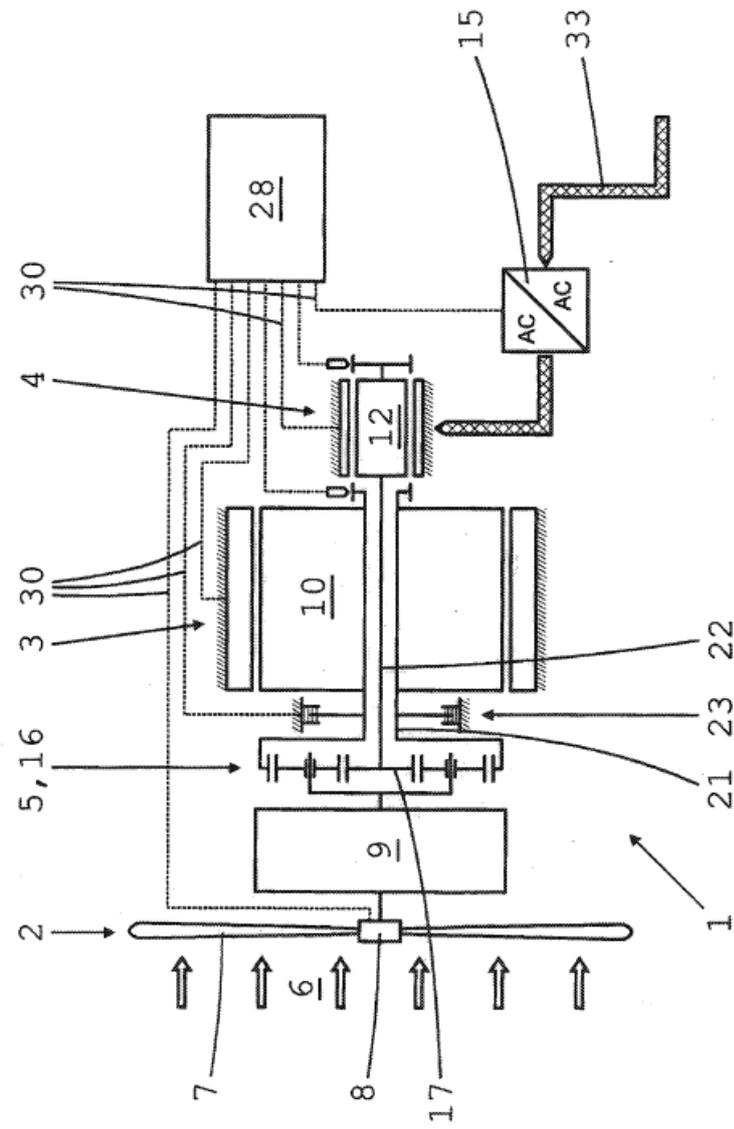


Fig. 5