

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 429 023**

51 Int. Cl.:

**F16H 3/72** (2006.01)

**F03D 11/02** (2006.01)

**H02K 7/116** (2006.01)

**H02P 9/48** (2006.01)

**H02K 7/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2010 E 10726407 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2013 EP 2435728**

54 Título: **Instalación de producción de energía, en particular instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

**25.05.2009 AT 8052009**

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

**12.11.2013**

73 Titular/es:

**HEHENBERGER, GERALD (100.0%)  
Kinkstrasse 30  
9020 Klagenfurt, AT**

72 Inventor/es:

**HEHENBERGER, GERALD**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 429 023 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**

Instalación de producción de energía, en particular instalación de energía eólica

5 La invención se refiere a una instalación de producción de energía, en particular una instalación de energía eólica, con un árbol de accionamiento, un generador y un engranaje diferencial con tres accionamientos o salidas, estando conectado un primer accionamiento con el árbol de accionamiento, una salida con un generador y un segundo accionamiento con un accionamiento diferencial, estando dispuesto el engranaje diferencial en un lado del generador y el accionamiento diferencial en el otro lado del generador y estando conectado el engranaje diferencial con el accionamiento diferencial mediante un árbol que pasa por el generador.

Una instalación de producción de energía de este tipo se conoce por el documento WO 00/17543 A1 y este documento representa el estado de la técnica más próximo.

15 La importancia de las instalaciones de energía eólica como instalaciones de producción de energía es cada vez mayor. Gracias a ello, aumenta continuamente el porcentaje de la producción de corriente mediante el viento. Esto requiere a su vez, por un lado, nuevos estándares respecto a la calidad de la corriente y, por otro lado, una tendencia hacia instalaciones de energía eólica aún más grandes. Al mismo tiempo se percibe una tendencia a las instalaciones de energía eólica offshore, que requiere tamaños de instalaciones de al menos 5MW de potencia instalada. Debido a los elevados costes para la infraestructura y el mantenimiento o entretenimiento de instalaciones de energía eólica en el área offshore, se vuelven especialmente importantes tanto el rendimiento como los costes de fabricación de las instalaciones, con el uso de generadores síncronos de media tensión que va unido a ello.

25 El documento WO 2004/109157 A1 muestra un concepto de "varias vías" complejo, hidrostático, con varios escalones diferenciales paralelos y varios acoplamientos conmutables, por lo que puede conmutarse entre las distintas vías. Con la solución técnica mostrada, pueden reducirse la potencia y, por lo tanto, las pérdidas de la hidrostática. No obstante, un inconveniente esencial es la estructura complicada de la unidad en su conjunto.

30 El documento EP 1283359 A1 muestra un engranaje diferencial de 1 escalón y uno de varios escalones con accionamiento diferencial eléctrico, presentando la versión con 1 escalón un generador de corriente trifásica especial posicionado de forma coaxial alrededor del árbol de entrada con un número de revoluciones nominal elevado, que debido a la forma de construcción tiene un momento de inercia de masa extremadamente elevado respecto al eje del rotor. Como alternativa se propone un engranaje diferencial de varios escalones con un generador de corriente trifásica estándar de alta velocidad, que está orientado en paralelo al árbol de entrada del engranaje diferencial.

35 Si bien estas soluciones técnicas permiten la conexión directa de generadores síncronos de media tensión con la red (es decir, sin el uso de convertidores de frecuencias), los inconvenientes de las realizaciones conocidas son, no obstante, por un lado, grandes pérdidas en el accionamiento diferencial o, por otro lado, en conceptos que resuelven este problema, la mecánica compleja o la construcción de maquinaria eléctrica especial, y los costes elevados que esto conlleva. En general ha de constatarse que no se han tenido suficientemente en cuenta los criterios relevantes para los costes, como p.ej. una integración óptima del escalón diferencial en la cadena de accionamiento de la instalación de energía eólica.

45 El objetivo de la invención es evitar en la medida posible los inconvenientes arriba indicados y de poner a disposición un accionamiento diferencial, que además de unos costes reducidos garantiza también una buena integración en la cadena de accionamiento de la instalación de energía eólica.

50 Este objetivo se consigue según la invención porque el engranaje diferencial tiene un dentado helicoidal y porque un rodamiento que absorbe fuerzas axiales está dispuesto en la zona de un extremo del lado del engranaje diferencial del generador, absorbiendo este rodamiento las fuerzas axiales del segundo accionamiento.

55 Gracias a ello es posible un tipo de construcción muy compacto y eficiente de la instalación, con el que además tampoco se provocan cargas adicionales importantes para el generador de la instalación de producción de energía, en particular la instalación de energía eólica.

Las reivindicaciones subordinadas se refieren a formas de realización preferibles de la invención.

60 A continuación, se describirán detalladamente unas formas de realización preferibles de la invención haciéndose referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra el principio de un engranaje diferencial con un accionamiento diferencial eléctrico según el estado de la técnica.

65 La figura 2 muestra una forma de realización según la invención de un escalón diferencial en relación con la presente invención.

## ES 2 429 023 T3

La figura 3 muestra una forma de realización según la invención de una cadena de accionamiento con accionamiento diferencial con un planeta escalonado.

5 La figura 4 muestra el alojamiento del árbol en la zona del alojamiento delantero o del lado del engranaje del generador de la figura 3 en una vista a escala ampliada.

La potencia del rotor de una instalación de energía eólica se calcula según la fórmula

10 
$$\text{potencia del rotor} = \text{superficie del rotor} * \text{coeficiente de potencia} * \text{velocidad del viento}^3 * \text{densidad del aire} / 2$$

dependiendo el coeficiente de potencia de la relación entre la velocidad periférica y la velocidad del viento del rotor de la instalación de energía eólica. El rotor de una instalación de energía eólica está concebido para un coeficiente de potencia óptimo basado en una relación entre la velocidad periférica y la velocidad del viento a determinar durante el desarrollo (en la mayoría de los casos, un valor entre 7 y 9). Por esta razón, en el servicio de la 15 instalación de energía eólica debe ajustarse un número de revoluciones correspondientemente reducido, para garantizar un rendimiento aerodinámico óptimo.

La figura 1 muestra un principio posible de un sistema diferencial para una instalación de energía eólica formado por un escalón diferencial 4 ó 11 a 13, un escalón de engranaje de adaptación 5 y un accionamiento diferencial eléctrico 6. El rotor 1 de la instalación de energía eólica, que está dispuesto en el árbol de accionamiento 2 para el engranaje principal 3, acciona el engranaje principal 3. El engranaje principal 3 es un engranaje de 3 escalones con dos escalones planetarios y un escalón de engranaje recto. Entre el engranaje principal 3 y el generador 8 está 20 dispuesto el escalón diferencial 4, que es accionado por el engranaje principal 3 mediante un soporte planetario 12 del escalón diferencial 4. El generador 8, preferiblemente un generador síncrono de media tensión excitado independientemente, está conectado con la rueda con dentado interior 13 del escalón diferencial 4 y es accionado por la misma. El piñón 11 del escalón diferencial 4 está conectado con el accionamiento diferencial 6. El número de 25 revoluciones del accionamiento diferencial 6 se regula para garantizar, por un lado, con un número de revoluciones variable del rotor 1 un número de revoluciones constante del generador 8 y para regular, por otro lado, el par en toda la cadena de accionamiento de la instalación de energía eólica. Para aumentar el número de revoluciones de entrada para el accionamiento diferencial 6, en el caso mostrado se elige un engranaje diferencial de 2 escalones, que prevé un escalón de engranaje de adaptación 5 en forma de un escalón de engranaje recto entre el escalón 30 diferencial 4 y el accionamiento diferencial 6. El escalón diferencial 4 y el escalón de engranaje de adaptación 5 forman, por lo tanto, el engranaje diferencial de 2 escalones. El accionamiento diferencial es un generador de corriente trifásica, que se conecta mediante un convertidor de frecuencias 7 y un transformador 9 con la red. Como alternativa, el accionamiento diferencial puede estar realizado también p.ej. como combinación de bomba/motor hidrostática. En este caso, la segunda bomba está conectada preferiblemente mediante un escalón de engranaje de adaptación con el árbol de accionamiento del generador 8.

La ecuación para calcular el número de revoluciones del engranaje diferencial es la siguiente:

40 
$$\text{número de revoluciones}_{\text{generador}} = x * \text{número de revoluciones}_{\text{rotor}} + y * \text{número de revoluciones}_{\text{accionamiento diferencial}}$$

siendo constante el número de revoluciones del generador y pudiendo derivarse los factores x e y de las transmisiones elegidas de los engranajes del engranaje principal y del engranaje diferencial.

45 El par en el rotor depende de la oferta de viento existente y del rendimiento aerodinámico del rotor. La relación entre el par en el eje del rotor y el en el accionamiento diferencial es constante, por lo que el par en la cadena de accionamiento puede ser regulado mediante el accionamiento diferencial. La ecuación para calcular el par para el accionamiento diferencial es la siguiente:

50 
$$\text{par}_{\text{accionamiento diferencial}} = \text{par}_{\text{rotor}} * y/x,$$

siendo el factor de magnitud y/x una medida para el par nominal necesario del accionamiento diferencial.

55 La potencia del accionamiento diferencial es sustancialmente proporcional al producto de la desviación porcentual del número de revoluciones del rotor del número de revoluciones base del mismo multiplicado por la potencia del rotor. Por consiguiente, una gama de revoluciones grande requiere un dimensionado correspondientemente grande del accionamiento diferencial.

60 La figura 2 muestra una forma de realización según la invención de un engranaje diferencial de un escalón 11 a 13. El rotor 1, que está dispuesto en el árbol de accionamiento 2 para el engranaje principal 3, acciona el engranaje principal 3 y éste acciona mediante el soporte planetario 12 el engranaje diferencial 11 a 13. El generador 8 está conectado con la rueda con dentado interior 13 del engranaje diferencial y el piñón 11 mediante un árbol 16 con el accionamiento diferencial 6. El accionamiento diferencial 6 es un generador de corriente trifásica que se conecta 65 mediante el convertidor de frecuencias 7 y el transformador 9 con la red. El accionamiento diferencial 6 está dispuesto de forma coaxial tanto respecto al árbol receptor del engranaje principal 3, como respecto al árbol de

accionamiento del generador 8. El árbol de accionamiento del generador 8 es un árbol hueco, que permite que el accionamiento diferencial 6 se posicione en el lado del generador 8 no orientado hacia el engranaje diferencial 11 a 13 y que esté unido mediante un árbol 16. Gracias a ello, el engranaje diferencial 11 a 13 es preferiblemente un módulo separado, unido al generador 8, que está conectado preferiblemente mediante un acoplamiento 14 y un freno 1 con el engranaje principal 3. El árbol 16 alojado en el accionamiento diferencial 6 puede estar realizado p.ej. como árbol de acero.

Las ventajas esenciales de la forma de realización de 1 escalón coaxial mostrada son (a) la simplicidad constructiva y la compacidad del engranaje diferencial 11 a 13, (b) el rendimiento elevado gracias a ello del engranaje diferencial y (c) la integración óptima del engranaje diferencial en la cadena de accionamiento de la instalación de energía eólica.

Además, el engranaje diferencial 11 a 13 puede fabricarse como módulo separado y puede ser implementado y mantenido independientemente del engranaje principal. Naturalmente, el accionamiento diferencial 6 también puede ser sustituido por un accionamiento hidrostático, aunque para ello debe accionarse un segundo elemento de bombeo, que tiene una acción recíproca con el accionamiento diferencial hidrostático, preferiblemente mediante el árbol receptor del engranaje conectado con el generador 8.

La figura 3 muestra una forma de realización de una cadena de accionamiento con un engranaje diferencial 11 a 13 con planetas escalonados 20. Como ya en la figura 2, también aquí el accionamiento diferencial 6 es accionado por el piñón 11 mediante un árbol 16. El piñón 11 está conectado preferiblemente mediante una conexión por árbol acanalado 17 con el árbol 16. El árbol 16 está alojado con un apoyo único mediante un rodamiento 19 en la zona del extremo del lado del engranaje, denominado en lo sucesivo el llamado extremo D del generador 8 en el árbol hueco del generador 18. Como alternativa, el árbol 16 también puede estar alojado con apoyos múltiples, p.ej. en el árbol del generador.

Preferiblemente, el árbol 16 está formado sustancialmente por un árbol hueco 21 y las conexiones por árboles acanalados 17 y 22, que están conectados con el árbol hueco 21. El árbol hueco 21 es preferiblemente un tubo de acero o en una realización especialmente rígida o con pocos momentos de inercia de masa, de un material compuesto de fibras, p.ej. con fibras de carbono o vidrio.

En el extremo del lado del accionamiento diferencial, denominado en lo sucesivo el llamado extremo ND, del generador 8 está fijado el accionamiento diferencial 6. Este accionamiento diferencial 6 es preferiblemente un generador síncrono excitado por imanes permanentes con un rotor 23 con pocos momentos de inercia de masa, un estator 24 con canales 26 integrados, dispuestos en la dirección circunferencial para la refrigeración mediante camisa de agua y una carcasa 25. Estos canales 26 pueden estar integrados como alternativa también en la carcasa 25 o tanto en el estator 24 como en la carcasa 25. El extremo del eje del rotor 23 porta la pieza antagonista de la conexión por árbol acanalado 22. De este modo, este extremo de árbol del árbol 16 está alojado mediante el rotor 23. Como alternativa, este extremo de árbol del árbol 16 también puede estar alojado en el árbol hueco del generador 18.

El eje del rotor 18 del generador 8 es accionado por la rueda con dentado interior 13. Los planetas, de los que hay tres en el ejemplo mostrado, que están alojados preferiblemente con dos apoyos en el soporte planetario 12, que en el ejemplo de realización de la figura 3 está realizado en dos partes, son llamados planetas escalonados 20. Estos están formados respectivamente por dos ruedas dentadas unidas de forma no giratoria entre sí con distintos diámetros primitivos y preferiblemente distintas geometrías de los dentados. La rueda con dentado interior 13 engrana en el ejemplo mostrado con la rueda dentada con diámetro inferior del planeta escalonado 20 y el piñón 11 con la segunda rueda dentada del planeta escalonado 20. Puesto que mediante la rueda con dentado interior 13 deben transmitirse pares sustancialmente más elevados que mediante el piñón 11, la anchura de dientes es sustancialmente más grande que la que se elige para el piñón 11. Para reducir el ruido, el dentado del engranaje diferencial se realiza como dentado helicoidal. Los ángulos de hélice individuales de las partes de dentado del planeta escalonado se eligen preferiblemente de tal modo que no actúe ninguna fuerza axial resultante sobre el alojamiento del planeta escalonado. En función de la orientación del dentado helicoidal, el árbol 16 se carga en el servicio normal por tracción o por compresión. En algunos casos de carga especiales, la dirección de la fuerza axial se invierte temporalmente.

El soporte planetario 12 de varias partes está alojado en el ejemplo mostrado también en dos apoyos mediante rodamientos 27, 28, para poder transmitir mejor las fuerzas que se producen en el extremo del árbol 29 a la carcasa del engranaje 30. Como alternativa, aquí también puede usarse un llamado soporte planetario con un solo apoyo, que sólo tiene un alojamiento con un dimensionado suficiente en la zona del rodamiento 27, por lo que puede prescindirse del alojamiento en la zona del rodamiento 28.

La figura 4 muestra una vista detallada de una variante de realización según la invención del alojamiento del árbol 16 en la zona del alojamiento del lado del engranaje del generador. El engranaje diferencial con dentado helicoidal tiene una estructura como la que ya se ha descrito en relación con la figura 3 y está formado por una rueda con dentado interior 13, un soporte planetario 12 de dos partes, un planeta escalonado 20 y un piñón 11. Gracias al dentado

5 helicoidal, en la rueda con dentado interior 13 se forma una fuerza axial 31 y una fuerza axial 32 opuesta en el piñón 11. Estas fuerzas axiales 31, 32 tienen para el accionamiento diferencial de una instalación de energía eólica de 3 MW en el servicio nominal respectivamente un orden de magnitud de unos 12 kN. Para impedir que la compensación de la fuerza axial actúe desde el piñón 11 mediante el árbol 16, el accionamiento diferencial 6, la carcasa del generador 8 y el rodamiento del generador 33 sobre el árbol del generador 18 con soporte de rueda con dentado interior 34 y rueda con dentado interior 13, el rodamiento 19 está realizado como llamado rodamiento fijo, que absorbe todas las fuerzas axiales que actúan sobre el árbol 16 y las transmite directamente al árbol del generador 18. Para no limitar de este modo la libertad de movimiento radial del piñón 11, el árbol de piñón 35 está conectado mediante la conexión por árbol acanalado 17 axialmente asegurada con el árbol 16.

10 Con esta solución técnica se consiguen tres ventajas esenciales. Son: (a) el árbol 16 largo, que gira a gran velocidad está libre de fuerzas axiales 32, (b) el piñón 11 puede ajustarse libremente en la dirección radial y (c) el alojamiento del generador 8 también puede concebirse libre de fuerzas axiales 31 ó 32, puesto que las fuerzas axiales actúan ahora directamente mediante el rodamiento 19, el árbol del generador 18 y el soporte de rueda con dentado interior 34.

15 Para completar, se menciona que dichas ventajas también son válidas para un escalón diferencial con planetas simples, es decir, no para planetas escalonados.

20

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Instalación de producción de energía, en particular instalación de energía eólica, con un árbol de accionamiento, un generador (8) y un engranaje diferencial (11 a 13) con tres accionamientos o salidas, estando conectado un primer accionamiento con el árbol de accionamiento, una salida con un generador (7) y un segundo accionamiento con un accionamiento diferencial (6), estando dispuesto el engranaje diferencial (11 a 13) en un lado del generador (8) y el accionamiento diferencial (6) en el otro lado del generador y estando conectado el engranaje diferencial (11 a 13) con el accionamiento diferencial (6) mediante un árbol (16) que pasa por el generador (8), **caracterizada por que** el engranaje diferencial (11 a 13) presenta un dentado helicoidal y por que un rodamiento (19) que absorbe fuerzas axiales está dispuesto en la zona de un extremo del lado del engranaje diferencial del generador (8), absorbiendo este rodamiento las fuerzas axiales del segundo accionamiento.
- 10
- 15 2. Instalación de producción de energía según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el rodamiento (19) es un rodamiento fijo.
3. Instalación de producción de energía según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** el rodamiento (19) está dispuesto en un árbol del generador (18).
- 20 4. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** el árbol (16) está alojado mediante el rodamiento (19).
5. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** el engranaje diferencial (11 a 13) es un engranaje planetario.
- 25 6. Instalación de producción de energía según la reivindicación 5, **caracterizada por que** las ruedas planetarias (20) del engranaje planetario (4) comprenden respectivamente dos ruedas dentadas, que están unidas de forma no giratoria entre sí y que presentan distintos diámetros primitivos.
- 30 7. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 5 a 6, **caracterizada por que** el segundo accionamiento es un árbol de piñón (35) del engranaje planetario (4), que está conectado con el árbol (16) mediante una conexión por árbol acanalado (17).
- 35 8. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizada por que** una rueda con dentado interior (13) del engranaje planetario (4) está conectada fijamente con el árbol del generador (18).
9. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por que** el árbol (16) está alojado mediante una conexión por árbol acanalado (22) en el rotor (23) del accionamiento diferencial (6).
- 40 10. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por que** el árbol (16) está alojado en el extremo del lado del accionamiento diferencial del árbol del generador (18).
11. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada por que** el árbol (16) presenta un árbol hueco (21).
- 45 12. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizada por que** el accionamiento diferencial (6) está dispuesto de forma coaxial respecto al árbol del generador (8).
- 50 13. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada por que** el árbol de accionamiento es el eje del rotor (2) de una instalación de energía eólica.
14. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada por que** el accionamiento diferencial (6) es una máquina eléctrica.
- 55 15. Instalación de producción de energía según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada por que** el accionamiento diferencial (6) es un accionamiento hidráulico, en particular hidrostático.

Fig.1

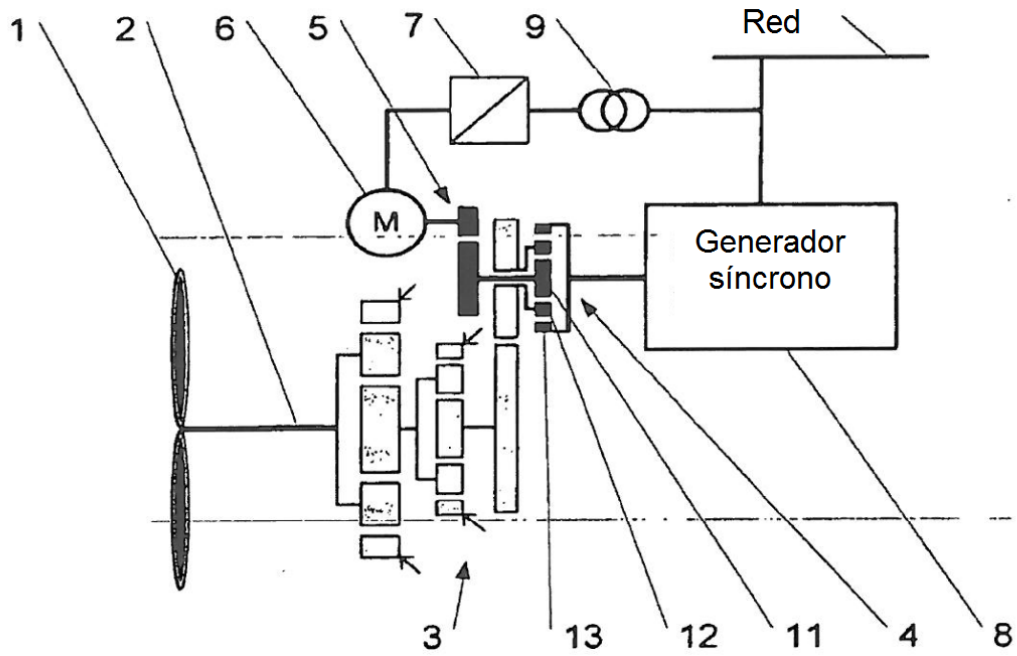


Fig.2

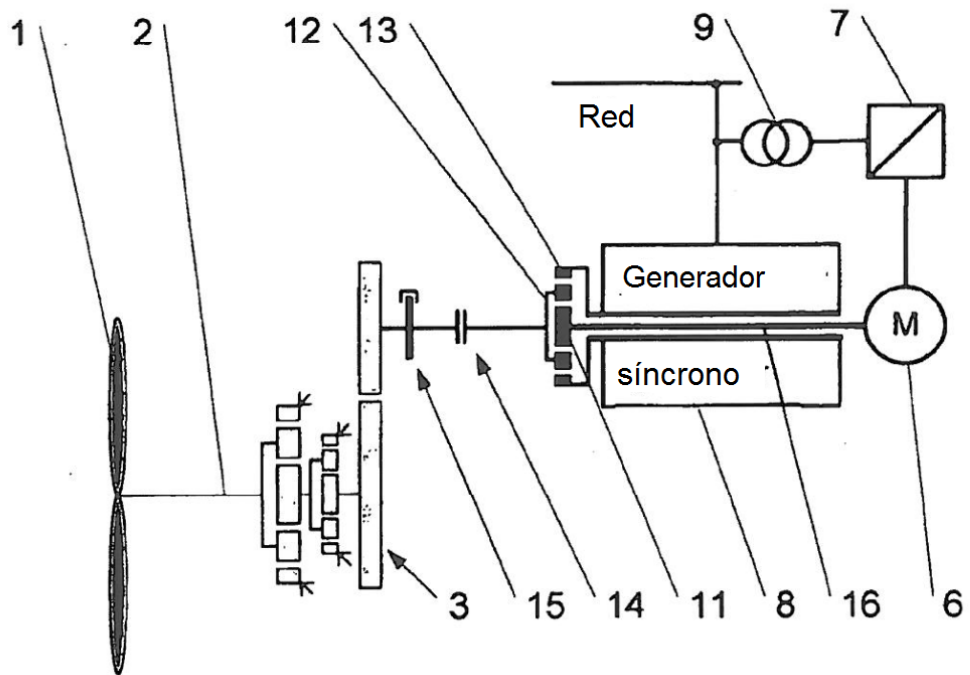


Fig.3

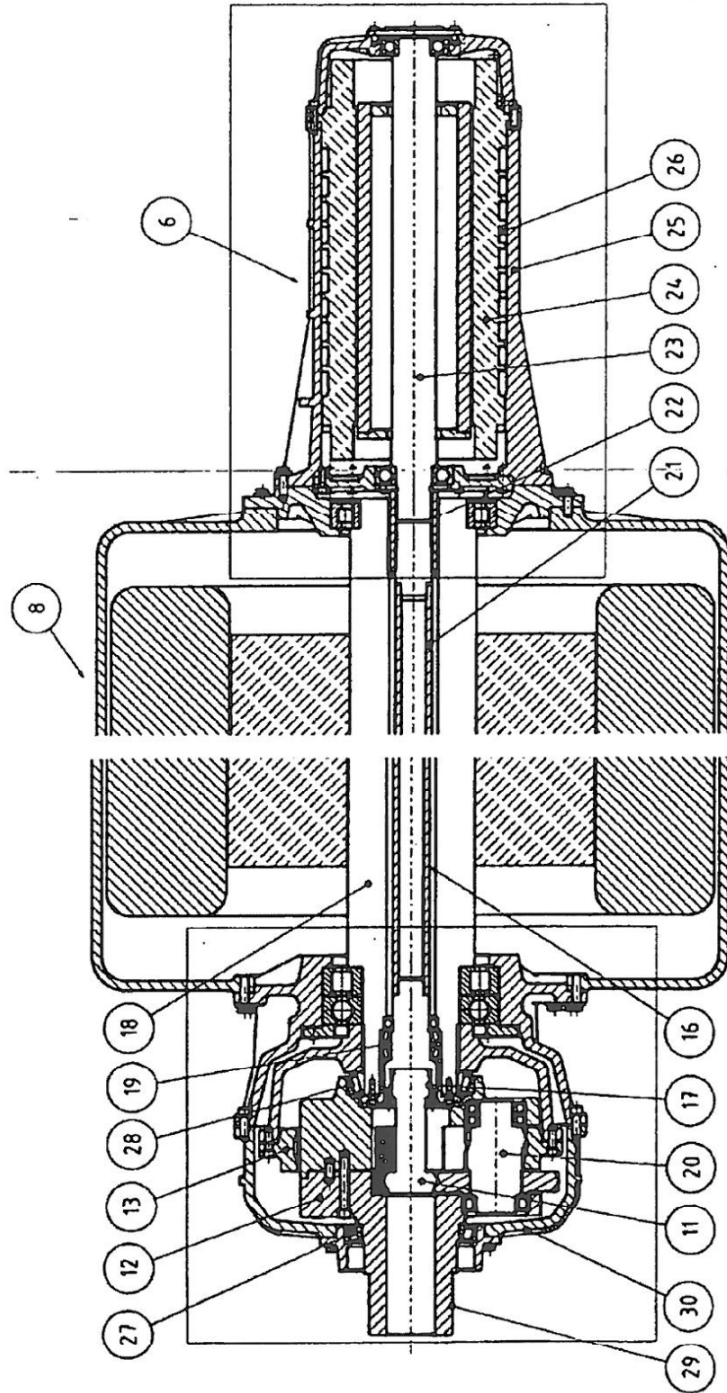




Fig.4

