(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 430 051**

(51) Int. Cl.:

F03D 9/00 (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)
F03D 11/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2009** **E 09744911 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013** **EP 2342454**

(54) Título: **Instalación de energía eólica**

(30) Prioridad:

09.10.2008 AT 15802008

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.11.2013

(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 2 430 051 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 energía eólica.

La invención se refiere a una instalación de obtención de energía, especialmente a una instalación de energía eólica, con un árbol de accionamiento, con un generador y con un engranaje diferencial con tres accionamientos o tomas de fuerza, en la que un primer accionamiento está conectado con el árbol de accionamiento, una toma de fuerza está conectada con un generador y un segundo accionamiento está conectado con un accionamiento de diferencial, y en la que el engranaje diferencial es un engranaje planetario y el accionamiento de diferencial está conectado con la rueda solar del engranaje diferencial.

Las instalaciones de energía eólica adquieren cada vez más importancia como instalaciones de generación de electricidad. Por tanto, aumenta continuamente la parte porcentual de la generación de corriente por el viento. Esto a su vez condiciona por una parte nuevos estándares relativos a la calidad de la corriente y, por otra parte, una tendencia a instalaciones de energía eólica todavía más grandes. En la actualidad, se vislumbra una tendencia hacia instalaciones de energía eólica offshore que requieren instalaciones con tamaños de al menos 5MW de potencia instalada. Por los elevados costes de las infraestructuras y el mantenimiento o el entretenimiento de las instalaciones de energía eólica en el ámbito offshore, adquieren una importancia especial tanto el grado de eficacia como la disponibilidad de las instalaciones.

El documento WO2004/109157A1 muestra un concepto "multivías" hidrostático, complejo, con varias etapas de diferencial y varios acoplamientos conmutables, pudiendo conmutarse entre las distintas vías. Con la solución técnica representada se pueden reducir la potencia y por tanto las pérdidas de la hidrostática. Sin embargo, una desventaja esencial es la estructura complicada de la unidad en su conjunto. Además, la conmutación entre las distintas etapas constituye un problema para la regulación de la instalación de energía eólica. Además, esta publicación presenta un freno mecánico que actúa directamente sobre el árbol de generador.

El documento EP1283359A1 muestra un engranaje diferencial de una etapa y un engranaje diferencial de múltiples etapas con un accionamiento eléctrico de diferencial, presentando la versión de una etapa una máquina especial de corriente trifásica con un elevado número de revoluciones nominal, posicionada coaxialmente alrededor del árbol de entrada, que a causa de la forma de construcción tiene un momento de inercia de masa, referido al árbol de rotor, extremadamente alto. Alternativamente, se propone un engranaje diferencial de múltiples etapas con una máquina de corriente trifásica estándar de marcha rápida, alineada paralelamente con respecto al árbol de entrada del engranaje diferencial.

El documento WO200806/263 muestra otro ejemplo.

Las desventajas de las formas de realización conocidas son, por una parte, unas elevadas pérdidas en el accionamiento de diferencial y, por otra parte, en conceptos que solucionan este problema, una mecánica compleja o la construcción de máquinas eléctricas especiales y por tanto elevados costes. Generalmente, cabe constatar que no se tuvieron en consideración suficientemente los criterios relevantes para la regulación como por ejemplo el momento de inercia de masa, referido al rotor, del accionamiento de diferencial (J_{red}).

La invención tiene el objetivo de evitar en gran medida las desventajas mencionadas anteriormente y proporcionar un accionamiento de diferencial que aparte de un coste lo más bajo posible garantice tanto el máximo rendimiento energético como una regulación óptima de la instalación de energía eólica.

Según la invención, este objetivo se consigue porque el accionamiento de diferencial está dispuesto en el lado del generador, opuesto al engranaje diferencial.

De esta manera, es posible un modo de construcción muy compacto y eficiente de la instalación con el que además se solucionan de forma óptima los aspectos de técnica de regulación para la instalación de generación de energía, especialmente de la instalación de energía eólica.

Algunas formas de realización preferibles de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

A continuación, se describen en detalle formas de realización preferibles de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra para una instalación de energía eólica de 5MW según el estado de la técnica la curva de potencia, el número de revoluciones del rotor y los valores característicos resultantes como el índice de marcha rápida y el coeficiente de potencia,

la figura 2 muestra el principio de un engranaje diferencial con un accionamiento eléctrico de diferencial según el estado de la técnica,

la figura 3 muestra el principio de un accionamiento de diferencial hidrostático con una combinación de bomba/motor según el estado de la técnica,

la figura 4 muestra el principio de una máquina especial de corriente trifásica alineada coaxialmente con respecto al árbol de entrada de la etapa de diferencial,

la figura 5 muestra las relaciones de números de revoluciones en el rotor de la instalación de energía eólica y los pares de entrada $M_{máx}$ máximas resultantes para el accionamiento de diferencial,

la figura 6 muestra a título de ejemplo las relaciones de números de revoluciones y de potencia de un accionamiento eléctrico de diferencial encima de la velocidad del viento,

la figura 7 muestra para el engranaje diferencial de 1 etapa los pares máximos y el factor de magnitud y/x en función de la gama de revoluciones nominales,

la figura 8 muestra relaciones de transmisión y pares para el accionamiento de diferencial con un engranaje diferencial de 1 etapa y alternativamente con un engranaje diferencial de 2 etapas y las consecuencias en J_{red},

la figura 9 muestra un factor de transmisión f(J) para engranajes diferenciales de 1 etapa o de 2 etapas, por el que ha de multiplicarse el valor del momento de inercia de masa J del accionamiento de diferencial para calcular el J_{red} referido al árbol de rotor con el menor número de revoluciones del rotor ($n_{mín}$),

la figura 10 muestra para engranajes diferenciales de 1 etapa o de 2 etapas el par necesario para poder regular un salto de número de revoluciones en el rotor con un accionamiento eléctrico de diferencial,

la figura 11 muestra la característica, número de revoluciones/par, de un accionamiento eléctrico de diferencial (motor síncrono PM) incluido el rango de debilitamiento de campo en comparación con el par necesario para el accionamiento de diferencial,

la figura 12 muestra los pares de entrada máximos para el accionamiento de diferencial y el factor de magnitud y/x en función del rango de debilitamiento de campo del accionamiento eléctrico de diferencial,

la figura 13 muestra la diferencia del rendimiento energético bruto en función del rango de debilitamiento de campo,

la figura 14 muestra la diferencia del rendimiento energético bruto para diferentes gamas de revoluciones con diferentes velocidades de viento anuales medias para un accionamiento eléctrico de diferencial con un rango de debilitamiento de campo del 80%,

la figura 15 muestra la diferencia del rendimiento energético bruto para diferentes gamas de revoluciones nominales con diferentes velocidades de viento medias para un accionamiento hidráulico de diferencial,

la figura 16 muestra los costes de producción de corriente para un accionamiento eléctrico de diferencial con diferentes gamas de revoluciones nominales para engranajes diferenciales de 1 etapa,

la figura 17 muestra los costes de producción de corriente para un accionamiento eléctrico de diferencial con diferentes gamas de revoluciones nominales para engranajes diferenciales de 2 etapas,

la figura 18 muestra una máquina de corriente trifásica puesta en cortocircuito con resistencias eléctricas intercaladas,

la figura 19 muestra una solución con un engranaje diferencial de 1 etapa, integrado en el engranaje principal,

la figura 20 muestra una solución con un engranaje diferencial de 1 etapa, integrado en el generador síncrono,

la figura 21 muestra una solución alternativa para un engranaje diferencial de 1 etapa con una conexión coaxial entre la corona y el accionamiento de diferencial.

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

Potencia de rotor = superficie de rotor * coeficiente de potencia * densidad de aire/2 * velocidad del viento^3

donde el coeficiente de potencia depende del índice de marcha rápida (= relación velocidad de punta de pala con respecto a 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 un índice de marcha rápida que ha de establecerse durante el desarrollo (generalmente, un valor entre 7 y 9). Por esta razón, durante el funcionamiento a carga parcial de la instalación de energía eólica ha de ajustarse un número de revoluciones correspondientemente pequeño para garantizar un grado de eficacia aerodinámico óptimo.

La figura 1 muestra las relaciones para la potencia del rotor, el número de revoluciones del rotor, el índice de marcha rápida y el coeficiente de potencia para una gama máxima predeterminada de número de revoluciones del rotor o para un índice de marcha rápida óptimo de 8,0 a 8,5. En el diagrama se puede ver que en cuanto el índice de marcha rápida se desvía de su valor óptimo de 8,0 a 8,5, desciende el coeficiente de potencia y, por tanto, se reduce

según la fórmula antes citada la potencia del rotor conforme a la característica aerodinámica del rotor.

La figura 2 muestra un principio posible del sistema diferencial para una instalación de energía eólica, compuesto por la etapa de diferencial 3 ó 11 a 13, por una etapa de adaptación de engranaje 4 y por un accionamiento de diferencial 6. El rotor 1 de la instalación de energía eólica que está asentado sobre el árbol de accionamiento para el engranaje principal 2 acciona el engranaje principal 2. El engranaje principal 2 es un engranaje de 3 etapas con dos etapas planetarias y una etapa de engranaje recto. Entre el engranaje principal 2 y el generador 8 se encuentra la etapa de diferencial 3 que es accionada por el engranaje principal 2 a través de portaplanetas 12 de la etapa de diferencial 3. El generador 8, preferentemente un generador síncrono excitado independientemente, que en caso de necesidad puede tener también una tensión nominal superior a 20kV, está conectado con la corona 13 de la etapa de diferencial 3 y es accionado por esta. El piñón 11 de la etapa de diferencial 3 está conectado con el accionamiento de diferencial 6. El número de revoluciones del accionamiento de diferencial 6 se regula para garantizar por una parte con un número de revoluciones variable del rotor 1 un número de revoluciones constante del generador 8 y, por otra parte, para regular el número de revoluciones en el ramal de accionamiento completo de la instalación de energía eólica. Para aumentar el número de revoluciones de entrada para el accionamiento de diferencial 6, en el caso representado se elige un engranaje diferencial de 2 etapas que prevé una etapa de adaptación de engranaje 4 en forma de una etapa de engranaje recto entre la etapa de diferencial 3 y el accionamiento de diferencial 6. La etapa de diferencial 3 y la etapa de adaptación de engranaje 4 constituyen por tanto el engranaje diferencial de 2 etapas. El accionamiento de diferencial es una máquina de corriente trifásica que se conecta a la red a través de un convertidor de frecuencia 7 y un transformador 5. Alternativamente, el accionamiento de diferencial también puede realizarse por ejemplo como combinación hidrostática de bomba/motor 9, como está representado en la figura 3. En este caso, la segunda bomba está conectada con el árbol de accionamiento del generador 8, preferentemente a través de la etapa de adaptación de engranaje 10.

La figura 4 muestra otra forma de realización posible del engranaje diferencial según el estado de la técnica. Aquí, el portaplanetas 12 es accionado por el engranaje principal 2 y el generador 8 está conectado con la corona 13 o el piñón está conectado con el accionamiento de diferencial 6 eléctrico. Esta variante de realización constituye una solución con 1 etapa, en la que por razones de construcción se usa una máquina especial de corriente trifásica que es sensiblemente más cara en comparación con las máquinas estándar de corriente trifásica y, además, tiene un momento de inercia de masa muy elevado. Esto repercute de forma especialmente negativa en la técnica de regulación en cuanto al momento de inercia de masa del accionamiento de diferencial 6, referido al rotor 1.

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

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

donde el número de revoluciones del generador es constante y los factores x e y se deducen de las transmisiones elegidas del engranaje principal y del engranaje diferencial. El par del rotor está determinado por el viento disponible y por el grado de eficacia aerodinámica del rotor. La relación entre el par en el árbol de rotor y en el accionamiento de diferencial es constante, por lo que el par en el ramal de accionamiento puede regularse por el accionamiento de diferencial. La ecuación del par para el accionamiento de diferencial es:

$$\textbf{par}_{\textbf{accionamiento de diferencial}} = \textbf{par}_{\textbf{rrtor}} * y / x,$$

donde el factor de magnitud y/x es una medida para el par necesario para concebir el accionamiento de diferencial.

La potencia del accionamiento de diferencial es sustancialmente proporcional al producto de la desviación porcentual entre el número de revoluciones del rotor y su número de revoluciones básico multiplicado por la potencia del rotor. Por consiguiente, una gran gama de revoluciones requiere fundamentalmente un dimensionamiento correspondientemente grande del accionamiento de diferencial.

La figura 5 lo muestra a título de ejemplo para diferentes gamas de revoluciones. La gama de revoluciones nominal -/+ del rotor define su desviación porcentual del número de revoluciones básico del rotor que puede realizarse con el número de revoluciones nominal del accionamiento de diferencial (- .. por motor o + … por generador) sin debilitamiento de campo. En el caso de una máquina eléctrica de corriente trifásica, el número de revoluciones (n) del accionamiento de diferencial define el número de revoluciones máximo con el que esta puede prestar de forma continua el par nominal (M_n) o la potencia nominal (P_n).

En el caso de un accionamiento hidrostático como por ejemplo una bomba de émbolo axial hidráulica, el número de revoluciones del accionamiento de diferencial es el número de revoluciones con el que este puede prestar con el par máximo (T_{max}) la potencia continua máxima ($P_{0\ max}$). La presión nominal (P_N) y la magnitud nominal (NG) o el volumen de desplazamiento ($V_{g\ max}$) de la bomba determinan el par máximo (T_{max}).

En la gama de potencia nominal, el rotor de la instalación de energía eólica rota con el número de revoluciones medio n_{rated} entre los límites n_{max} y $n_{min\text{-}maxP}$, y en la gama de carga parcial, entre n_{rated} y n_{min}, lo que en este ejemplo se consigue con un rango de debilitamiento de campo del 80%. La gama de revoluciones de regulación entre n_{max} y $n_{min\text{-}maxP}$ que se puede realizar sin reducción de carga se elige lo suficientemente grande para poder regular ráfagas

de viento. La magnitud de esta gama de revoluciones depende de la rafagosidad del viento o de la inercia de masa del rotor de la instalación de energía eólica y de la dinámica del llamado sistema de pitch (sistema de ajuste de palas de rotor) y habitualmente es de -/+ 5%, aproximadamente. En el ejemplo representado se eligió una gama de revoluciones de regulación de -/+ 6% para tener reservas correspondientes para la regulación de ráfagas extremas con la ayuda de accionamientos de diferencial. Sin embargo, las instalaciones de energía eólica con sistemas pitch muy inertes pueden concebirse también para gamas de revoluciones de regulación de -/+ 7% a -/+8%, aproximadamente. En esta gama de revoluciones de regulación, la instalación de energía eólica tiene que producir la potencia nominal, lo que significa que durante ello el accionamiento de diferencial es solicitado con el par máximo. Esto significa que la gama de revoluciones nominal -/+ del rotor tiene que ser aproximadamente de la misma magnitud, porque sólo en esta gama, el accionamiento de diferencial puede prestar su par nominal.

En accionamientos de diferencial eléctricos e hidrostáticos con una etapa de diferencial, el número de revoluciones del rotor con el que el accionamiento de diferencial tiene un número de revoluciones igual a 0 se denomina número de revoluciones básico. Dado que únicamente en pequeñas gamas de revoluciones de rotor, el número de revoluciones básico es superior a $n_{min-maxP}$, el accionamiento de diferencial tiene que poder prestar el par nominal con el número de revoluciones igual a 0. Los accionamientos de diferencial, ya sean eléctricos o hidráulicos, sin embargo, sólo pueden prestar con el número de revoluciones igual a 0 un par claramente inferior al par nominal, lo que sin embargo puede compensarse mediante un sobredimensionamiento correspondiente al concebirlos. Sin embargo, debido a que el par máximo de concepción es el factor dimensionado para un accionamiento de diferencial, una pequeña gama de revoluciones tiene sólo una repercusión positiva limitada en la magnitud del accionamiento de diferencial.

En caso de un concepto de accionamiento con más de una etapa de diferencial o con un accionamiento de diferencial hidrodinámico, la gama de revoluciones nominal -/+ puede calcularse alternativamente a partir de la fórmula

$$\textbf{gama de revoluciones nominal -/+} = -/+ (n_{max} - n_{min}) / n_{max} + n_{min})$$

$$\textbf{para un número de revoluciones básico} = (n_{max} + n_{min}) * 0{,}5$$

En este caso, el número de revoluciones nominal del accionamiento de diferencial se establece alternativamente con sus número de revoluciones en n_{max} o n_{min}.

En la figura 6 están representadas a título de ejemplo las relaciones de número de revoluciones o de potencia para una etapa de diferencial. El número de revoluciones del generador, preferentemente un generador síncrono de tensión media excitado independientemente es constante por la conexión a la red eléctrica de frecuencia fija. Para poder aprovechar correspondientemente bien el accionamiento de diferencial, este accionamiento se realiza por motor en la gama inferior al número de revoluciones básico y por generador en la gama superior al número de revoluciones básico. Debido a ello, en la gama por motor se alimenta potencia a la etapa de diferencial y en la gama por generador se toma potencia de la etapa de diferencial. En el caso de un accionamiento eléctrico de diferencial, esta potencia se toma preferentemente de la red o se alimenta a esta. En el caso de un accionamiento hidráulico de diferencial, la potencia preferentemente se toma del árbol del generador o se alimenta a este. La suma de la potencia del generador y la potencia del accionamiento de diferencial arroja la potencia total emitida a la red para un accionamiento eléctrico de diferencial.

El par de entrada para el accionamiento de diferencial depende, aparte del par en la entrada de diferencial, sustancialmente también de la relación de transmisión del engranaje diferencial. Tomando como base el análisis de que la relación de transmisión óptima de una etapa planetaria existe con una llamada transmisión fija de aprox. 6, con un engranaje diferencial de 1 etapa, los pares para el accionamiento de diferencial no disminuyen proporcionalmente a la gama de revoluciones. Técnicamente, también pueden realizarse transmisiones fijas más grandes, lo que sin embargo, en el mejor de los casos reduce este problema, pero no lo elimina.

La figura 7 muestra para un engranaje diferencial de 1 etapa los pares máximos y el factor de magnitud y/x (multiplicado por -5.000 por causas de representación) en función de la gama de revoluciones nominal del rotor. En el caso de una gama de revoluciones nominal de aprox. -/+ 14% a -/+ 17%, resulta el menor factor de magnitud para el accionamiento de diferencial y, por consiguiente, también el menor par máximo (M_{max}).

El gráfico muestra para el accionamiento de diferencial de 1 etapa que a medida que disminuye la gama de revoluciones nominal aumentan los pares para la concepción del accionamiento de diferencial. Para solucionar este problema, se puede usar por ejemplo un engranaje diferencial de 2 etapas. Esto se puede conseguir por ejemplo implementando una etapa de adaptación de engranaje 4 entre la etapa de diferencial 3 y el accionamiento diferencial 6 ó 9. Sin embargo, esto no permite reducir el par de entrada para la etapa de diferencial que determina sustancialmente su coste.

La figura 8 muestra la comparación de los pares del accionamiento de diferencial para un engranaje diferencial de 1 etapa y para un engranaje diferencia de 2 etapas y el factor $J_{(red)}$ que es la relación de los momentos de inercia de masa (J_{red}), referidos al árbol de rotor, de las dos variantes. En la figura 8 se puede ver claramente que con la elección libre de la relación de transmisión del engranaje diferencial - en el caso representado, para un número de

revoluciones nominal de aprox. 1.500 rpm del accionamiento de diferencial - el par necesario del accionamiento de diferencial disminuye a medida que disminuye la gama de revoluciones. Por encima de una gama de revoluciones nominal de -/+ 16,5%, aproximadamente, la transmisión fija del engranaje diferencial de 1 etapa, de la que se parte en este ejemplo de realización, es suficiente para alcanzar el número de revoluciones nominal de 1.500 rpm del accionamiento de diferencial sin etapa de adaptación de engranaje adicional. Las desventajas de un engranaje diferencial de múltiples etapas son sin embargo las pérdidas algo mayores del engranaje y el más elevado del engranaje. Además, la mayor transmisión del engranaje causa un mayor momento de inercia de masa del accionamiento de diferencial con respecto al árbol de rotor de la instalación de energía eólica (J_{red}), aunque el momento de inercia de masa del accionamiento de diferencial también disminuye a medida que disminuye el par nominal. Dado que, sin embargo, la regulabilidad de la instalación de energía eólica depende fuertemente de dicho J_{red} -cuanto menor sea en comparación con el momento de inercia de masa del rotor de la instalación de energía eólica, mejor es la dinámica de regulación del accionamiento de diferencial - en el caso representado, con una pequeña gama de revoluciones del rotor de la instalación de energía eólica, el valor de aproximadamente 2,6 veces J_{red} para un engranaje diferencial de 2 etapas en comparación con una engranaje diferencial de 1 etapa es una desventaja que (a) requiere un dimensionamiento correspondientemente más grande del accionamiento de diferencial o (b) si no se toman medidas de compensación correspondientes, conduce a mayores solicitaciones de la instalación de energía eólica y una peor calidad de la corriente, a causa de las peores propiedades de regulación. Por ello así como por los mayores costes y pérdidas del engranaje, un engranaje diferencial de 1 etapa, frente a las soluciones de múltiples etapas, constituye una alternativa técnica que puede realizarse sólo condicionalmente y con pequeñas gamas de revoluciones nominales.

El mismo argumento para J_{red} es válido generalmente también para la elección de la gama de revoluciones. La figura 9 muestra para el número de revoluciones mínimo del rotor, el factor de multiplicación f(J) por el que ha de multiplicarse el valor del momento de inercia de masa del accionamiento de diferencial para calcular el J_{red} del accionamiento de diferencial, referido al árbol de rotor, para el número de revoluciones mínimo del rotor -(n_{min}). Para poder regular saltos de números de revoluciones del rotor de la instalación de energía eólica, el accionamiento de diferencial ha de sobredimensionarse correspondientemente, lo que a medida que aumenta J_{red}, es decir a medida que aumenta la gama de revoluciones nominal o el accionamiento de diferencial de múltiples etapas, constituye un considerable factor de costes incluso para gamas de revoluciones más pequeñas.

La figura 10 muestra el par necesario para el accionamiento de diferencial para poder regular una ráfaga de viento. Partiendo de una ráfaga de viento que en 2 segundos se acelera de 4,5 m/s a 11,5 m/s, esto condiciona en función de la gama de revoluciones nominal del rotor de la instalación de energía eólica un salto del número de revoluciones de 5,6 a 10,3 rpm a un número de revoluciones de 11,7 rpm igual para todas las gamas de revoluciones nominales. El accionamiento de diferencial ha de seguir este salto del número de revoluciones, y el par de aceleración necesario para ello depende de J_{red} y de la magnitud del salto del número de revoluciones. Se puede ver claramente que aquí los engranajes diferenciales de múltiples etapas requieren mayores pares a causa de la mayor relación de transmisión del engranaje.

Una posibilidad de ampliar la gama de revoluciones del rotor de la instalación de energía eólica con una transmisión constante del engranaje diferencial y aumentar de esta manera el rendimiento energético, es el aprovechamiento del llamado rango de debilitamiento de campo de los engranajes eléctricos de diferenciales como en el caso de una máquina síncrona de corriente trifásica, por ejemplo excitada permanentemente, con convertidor de frecuencia.

El rango de debilitamiento de campo es la gama de revoluciones que es superior al número de revoluciones nominal de la máquina eléctrica de corriente trifásica. Para este número de revoluciones nominal se define también el par nominal o el par de inversión nominal. En las tablas y en la siguiente descripción, el rango de debilitamiento de campo se define como porcentaje del número de revoluciones superior al número de revoluciones nominal, es decir, por ejemplo, 1,5 veces el número de revoluciones nominal corresponde a un rango de debilitamiento de campo del 50%.

La figura 11 muestra a título de ejemplo los valores para el par máximo o el par de inversión de un accionamiento eléctrico de diferencial con un número de revoluciones nominal de 1.500 rpm. Se puede ver claramente que los pares máximos alcanzables disminuyen tanto si el número de revoluciones es igual a cero como si es superior al número de revoluciones nominal. Una característica esencial de las instalaciones de energía eólica es sin embargo que en la gama de carga parcial que en el ejemplo representado corresponde aproximadamente al funcionamiento por motor, los pares necesarios son sensiblemente menores que los admitidos como máximo. Durante el funcionamiento por generador, para números de revoluciones superiores a aprox. 1.730 rpm es necesaria una reducción de carga para la instalación de energía eólica, para que no se excedan los pares máximos. La figura 10 muestra un rango de debilitamiento de campo del 80% que llega hasta 1,8 veces el número de revoluciones nominal, lo que para el accionamiento eléctrico elegido para el ejemplo constituye un límite superior técnicamente conveniente.

Cabe mencionar que aquí por ejemplo las máquinas síncronas de corriente trifásica, excitadas por imán permanente, tienen en el rango de debilitamiento de campo unos grados de eficacia muy buenos, lo que es una ventaja esencial con respecto al grado de acción del accionamiento de diferencial.

El funcionamiento en el rango de debilitamiento de campo para máquinas de corriente trifásica depende de su concepción hasta el 50% a 60%, es decir, aprox. 1,5 a 1,6 veces el número de revoluciones nominal sin retroalimentación del número de revoluciones, y además requiere por ejemplo el uso de codificadores. Dado que el uso de un codificador constituye una fuente adicional de errores y la llamada regulación del par o del número de revoluciones sin transductor es mejor para la dinámica, para la fijación del rango de debilitamiento de campo ha de encontrarse un valor óptimo entre la dinámica de regulación y el rendimiento energético anual óptimo. Esto quiere decir que con las altas velocidades de viento medias y las ráfagas extremas relacionadas ha de elegirse un rango de debilitamiento de campo que permita la regulación sin transductor para poder regular estas ráfagas de manera correspondiente. En caso de bajas velocidades de viento medias con ráfagas más bien pequeñas que han de regularse se tiene en cuenta el rendimiento energético anual óptimo y, por tanto, se elige el máximo rango de debilitamiento de campo posible con retroalimentación de número de revoluciones. Esto resulta muy adecuado también para la característica de números de revoluciones del accionamiento de diferencial de la instalación de energía eólica que con bajas velocidades de viento aprovecha por motor la máxima gama de revoluciones posible.

Para verificar la repercusión de la magnitud del rango de debilitamiento de campo en la magnitud del accionamiento de diferencial o el rendimiento energético de la instalación de energía eólica con diferentes velocidades de viento anuales medias, con una gama de revoluciones fija del rotor de la instalación de energía eólica se puede variar el rango de debilitamiento de campo del accionamiento de diferencial y al mismo tiempo adaptar la transmisión del engranaje diferencial.

La figura 12 muestra los pares de entrada máximos para el accionamiento de diferencial y el factor de magnitud y/x (multiplicado por -5.000 por causas de representación) en función del rango de debilitamiento de campo. A partir de un rango de debilitamiento de campo del 70%, aproximadamente, para el accionamiento de diferencial resultan factores de magnitud ópticas y, por consiguiente, también los menores pares máximos (M_{max}), situándose el mínimo absoluto en un rango de debilitamiento de campo del 100%.

La figura 13 muestra la diferencia del rendimiento energético bruto en función del rango de debilitamiento de campo para diferentes velocidades de viento anuales medias. El valor óptimo se consigue con un rango de debilitamiento de campo comprendido entre 100% y 120%. Sobre la base de estas condiciones marco se elige un rango de debilitamiento de campo en función de la condiciones de uso, pero en ningún caso inferior a $\geq$ 50%.

La velocidad de viento anual media es el promedio anual de la velocidad de viento medida a la altura del cubo (corresponde al punto central del rotor). Las velocidades de viento anuales máximas, medidas, de 10,0 m/seg., 8,5 m/seg., 7,5 m/seg. y 6,0 m/seg. corresponden a las llamadas clases de tipo IEC 1, 2, 3 y 4. Como distribución estadística de frecuencia, por estándar se parte de una distribución de Rayleigh.

Además, cabe mencionar que las máquinas síncronas de corriente trifásica excitadas por imán permanente ofrecen como accionamiento de diferencial la ventaja adicional de tener un pequeño momento de inercia de masa en comparación con el par nominal, comparadas con máquinas de corriente trifásica de otro tipo de construcción, lo que como ya se ha descrito resulta ventajoso para la regulación de la instalación de energía eólica, por lo que el gasto en una concepción del accionamiento de diferencial con un momento de inercia de masa especialmente bajo siempre merecerá la pena.

Alternativamente, las llamadas máquinas de reluctancia igualmente tienen un momento de inercia de masa muy pequeño, pero con números de revoluciones nominales típicamente más altos. Es conocido que las máquinas de reluctancia son extremadamente robustas, lo que resulta especialmente positivo para el uso en el ámbito offshore.

Evidentemente, la magnitud del accionamiento de diferencial tiene también una influencia esencial en el grado de eficacia total de la instalación de energía eólica. Contemplando las formas de realización descritas anteriormente, resulta el conocimiento básico de que una gran gama de revoluciones del rotor de la instalación de energía eólica proporciona un mejor grado de eficacia aerodinámico, pero por otra parte requiere también un mayor dimensionamiento del accionamiento de diferencial. Esto a su vez conduce a mayores pérdidas, lo que contrarresta un mejor grado de eficacia del sistema (determinado por la aerodinámica del rotor y las pérdidas del accionamiento de diferencial).

La figura 14 muestra la diferencia del rendimiento energético bruto de la instalación de energía eólica con accionamiento eléctrico de diferencial con diferentes velocidades de viento anuales medias en función de la gama de revoluciones nominal del rotor de la instalación de energía eólica. El rendimiento energético bruto está basado en la potencia emitida del rotor de la instalación de energía eólica a deducir las pérdidas del accionamiento de diferencial (incl. el convertidor de frecuencia) y el engranaje diferencial. Una gama de revoluciones nominal de -/+ 6% es según la invención la base que es necesaria por la gama de revoluciones de regulación mínima necesaria en la gama de potencia nominal de instalaciones de energía eólica con accionamientos de diferencial, siendo la gama de revoluciones nominal aquella gama de revoluciones del rotor que se puede realizar con el número de revoluciones nominal del accionamiento de diferencial. Además, se parte de un rango de debilitamiento de campo de hasta el 80% por encima del número de revoluciones nominal del accionamiento de diferencial. En la gráfica se puede ver claramente que el valor óptimo se alcanza con una gama de revoluciones nominal de -/+ 20%, aproximadamente, y que una ampliación de la gama de revoluciones nominal más allá de ello ya no trae ventajas.

La figura 15 muestra la diferencia del rendimiento energético bruto de la instalación de energía eólica con accionamiento hidráulico de diferencial para diferentes velocidades de viento anuales medias. Aquí, las pérdidas notablemente más grandes en los accionamientos de diferencial hidráulicos repercuten negativamente en el rendimiento energético, por lo que parece conveniente una gama de revoluciones nominal entre el -/+ 6% necesario como mínimo para fines de regulación y el valor de rendimiento energético óptimo de -/+10% en caso de altas velocidades de viento anuales medias (superiores a 8,5 m/seg.) y de -/+15% en caso de bajas velocidades de viento anuales medias. El derrumbe de la curva con la gama de revoluciones nominal de aprox. -/+12% resulta por el alto par nominal del accionamiento de diferencial con el número de revoluciones igual a 0 en la gama de funcionamiento nominal de la instalación de energía eólica y la baja transmisión en la etapa de adaptación de engranaje 4.

Finalmente, el objetivo es desarrollar un ramal de accionamiento que permita los costes de producción de corriente más bajos. Los puntos relevantes para la optimización de accionamientos de diferencial son (a) el rendimiento energético bruto, (b) los costes de fabricación para el accionamiento de diferencial y (c) la calidad de la regulación de par o de número de revoluciones que influye en el coste total de fabricación de la instalación de energía eólica. El rendimiento energético bruto influye proporcionalmente en los costes de producción de corriente y, por tanto, en la rentabilidad de un parque eólico. Los costes de fabricación están en relación con el coste total de fabricación de un llamado parque eólico, pero sólo con el porcentaje de la parte del coste de capital de la instalación de energía eólica en el coste total del parque eólico, incluidos los gastos de mantenimiento y de servicio. En promedio, la parte específica de la instalación de energía eólica en los costes de producción de corriente en los llamados proyectos onshore es de aprox. 2/3 y, en proyectos offshore, de aprox. 1/3. Por lo tanto, en promedio se puede definir un porcentaje al 50%, aproximadamente. Esto significa que una diferencia en el rendimiento energético anual ha de valorarse en promedio dos veces más alta que la diferencia en los costes de fabricación de la instalación de energía eólica. Esto significa que si en el ejemplo representado, para accionamientos de diferencial eléctricos se consigue un factor de magnitud óptimo ya con una gama de revoluciones nominal de aprox. -/+14% a -/+17%, este factor determinante para los costes repercute en menor medida en los costes de producción de corriente que el rendimiento energético óptimo a partir de una gama de revoluciones nominal de -/+20%, aproximadamente.

La figura 16 muestra las repercusiones de diferentes gamas de revoluciones en los costes de producción de corriente del parque eólico con un engranaje diferencial de 1 etapa y con un accionamiento eléctrico del diferencial. Aquí, para todas las condiciones de velocidad de viento se puede ver un valor muy bueno en una gama de revoluciones nominal entre -/+15% y -/+20,0% y un valor óptimo de -/+17,5%, aproximadamente.

La figura 17 muestra las repercusiones de diferentes gamas de revoluciones en los costes de producción de corriente del parque eólico con un engranaje diferencial de 2 etapas (por debajo de una gama de revoluciones nominal de aprox. -/+16,5%) con un accionamiento eléctrico del diferencial. Sobre todo en caso de velocidades de viento anuales medias bajas, también aquí el óptimo se halla en una gama de revoluciones entre 15,0% y 20,0%. Sin embargo, con velocidades de viento anuales medias superiores a 8,5 m/seg., también es una variante atractiva una pequeña gama de revoluciones de al menos -/-6% a aprox. -/+10% por razones de regulación. Esto significa que en caso de velocidades de viento anuales medias muy elevadas, los engranajes diferenciales de múltiples etapas pueden competir con soluciones de 1 etapa.

Sin embargo, al concebir los accionamientos de diferencial han de considerarse también otros casos especiales importantes. Por ejemplo, por la relación constante entre el número de revoluciones del rotor y el número de revoluciones en el accionamiento de diferencial, un fallo del accionamiento de diferencial puede acarrear graves daños. Un ejemplo es el fallo del accionamiento de diferencial durante el funcionamiento nominal de la instalación de energía eólica. Este hace que, al mismo tiempo, se aproxime a cero el par transmisible en el ramal de accionamiento. En este caso, el número de revoluciones del rotor de la instalación de energía eólica se reduce bruscamente, preferentemente mediante un ajuste rápido del ajuste de las palas de rotor, y se separa el generador de la red. Por la inercia de masa relativamente alta del generador, este cambiará de número de revoluciones sólo muy lentamente. Por ello, si el accionamiento de diferencial no puede mantener al menos en parte sin retardo su par, es inevitable una sobrevelocidad del accionamiento de diferencial.

Por esta razón, por ejemplo si se usan accionamientos de diferencial hidrostáticos, está previsto un freno mecánico que en caso del fallo del accionamiento de diferencial evita sobrevelocidades que puedan dañar el ramal de accionamiento. El documento WO2004/109157A1 presenta para este fin un freno mecánico que actúa directamente sobre el árbol del generador y, por tanto, puede frenar el generador de manera correspondiente.

Las máquinas síncronas de corriente trifásica excitadas por imán permanente, que ya se han mencionado varias veces, que se pueden emplear como accionamiento de diferencial en combinación con un convertidor de frecuencia, ofrecen la ventaja de que son muy seguros en caso de fallo y permiten mantener un par aproximadamente hasta el valor del par nominal mediante la simple puesta en cortocircuito del devanado primario, con o sin resistencias eléctricas intercaladas. Esto significa que, por ejemplo en caso de un fallo del convertidor, la máquina síncrona de corriente trifásica se puede cortocircuitar automáticamente (failsafe) mediante un simple circuito eléctrico manteniendo de esta forma un par que con el número de revoluciones nominal puede tener aproximadamente hasta la magnitud nominal y que disminuye correspondientemente a medida que baja el número de revoluciones, aproximándose a 0 en caso de números de revoluciones muy bajos. De este modo, se evita de manera sencilla una sobrevelocidad del accionamiento del diferencial.

La figura 18 muestra una posibilidad de cortocircuitar una máquina de corriente trifásica con resistencias eléctricas intercaladas.

En caso del fallo de la máquina síncrona de corriente trifásica excitada por imán permanente, el número de revoluciones del rotor ha de regularse de tal forma que el número de revoluciones del accionamiento de diferencial no exceda de un número de revoluciones crítico que pueda dañar el accionamiento. Sobre la base de los números de revoluciones medidos del generador y del rotor de la instalación de energía eólica, se regula según la ecuación de número de revoluciones para el engranaje diferencial

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

el número de revoluciones del rotor mediante un ajuste de las palas de rotor, de tal forma que el número de revoluciones del accionamiento de diferencial no exceda de un valor límite crítico predefinido.

En caso del fallo de la regulación de la instalación de energía eólica que eventualmente puede tener como consecuencia además el fallo simultáneo de la regulación de las palas de rotor y de la regulación del accionamiento de diferencial, la puesta en cortocircuito del devanado primario de la máquina síncrona de corriente trifásica excitada por imán permanente hace que se mantenga un par que evita su sobrevelocidad. No cabe contar con un fallo simultáneo de la regulación de la instalación de energía eólica y de la máquina síncrona de corriente trifásica excitada por imán permanente.

Cuando la instalación de energía eólica está por ejemplo fuera de servicio, mediante la puesta en cortocircuito de la máquina síncrona de corriente trifásica excitada por imán permanente también se puede evitar una aceleración no deseada del accionamiento del diferencial.

Por las razones antes descritas de la regulación óptima de instalaciones de energía eólica, de los grados de eficacia total y de la estructura mecánica sencilla y óptima en cuanto al coste de los engranajes diferenciales, un engranaje diferencial de 1 etapa constituye la solución técnica ideal. Existen diferentes propuestas para la integración constructiva del accionamiento del diferencial.

La figura 19 muestra una posible variante de realización según la presente invención. El rotor 1 acciona el engranaje principal 2 y este acciona, a través del portaplanetas 12, la etapa de diferencial 11 a 13. El generador 8 está conectado con la corona 13 y el piñón 11 está conectado con el accionamiento de diferencial 6. El engranaje diferencial es de 1 etapa, y el accionamiento de diferencial 6 está dispuesto de forma coaxial tanto con respecto al árbol receptor del engranaje principal 2 como con respecto al árbol de accionamiento del generador 8. Dado que la conexión entre el piñón 11 y el accionamiento de diferencial 6 pasa por la etapa de engranaje recto y el árbol receptor del engranaje principal 3, la etapa de diferencial preferentemente es una parte íntegra del engranaje principal 2 y este está conectado con el generador 8, preferentemente a través de un freno 15 que actúa sobre el rotor 1 y de un acoplamiento 14.

La figura 20 muestra otra posible variante de realización según la presente invención. También en este caso, el rotor 1 acciona el engranaje principal 2 y este acciona, a través del portaplanetas 12, la etapa de diferencial 11 a 13. El generador 8 está conectado con la corona 13 y el piñón 11 está conectado con el accionamiento de diferencial 6. El engranaje diferencial es de 1 etapa y el accionamiento de diferencial 6 está dispuesto de forma coaxial tanto con respecto al árbol receptor del engranaje principal 2 como con respecto al árbol de accionamiento del generador 8. Sin embargo, aquí, en el generador 8 está previsto un árbol hueco que permite posicionar el accionamiento de diferencial en el lado del generador 8, opuesto al engranaje diferencial. De esta forma, la etapa de diferencial es preferentemente un módulo separado conectado al generador 8, que está conectado con el engranaje principal 2, preferentemente a través de un acoplamiento 14 y de un freno 15. Según una variante con un momento de inercia de masa especialmente bajo, el árbol de conexión 16 entre el piñón 11 y el accionamiento de diferencial 6 puede estar realizado preferentemente como árbol de un compuesto de fibras, con fibras de vidrio o de carbón.

Una ventaja esencial de la forma de realización coaxial con 1 etapa de las dos variantes son (a) la sencillez constructiva del engranaje diferencial, (b) el alto grado de eficacia resultante del engranaje diferencial y (c) el momento de inercia de masa, referido al rotor 1, relativamente bajo del accionamiento de diferencial 6. Además, en la variante de realización según la figura 19, el engranaje diferencial puede fabricarse como módulo separado e implementarse y mantenerse independientemente del engranaje principal. Evidentemente, el accionamiento de diferencial 6 puede sustituirse también por un accionamiento hidrostático, para lo que sin embargo, ha de accionarse, preferentemente por el generador 8, un elemento de bomba que interactúa con el accionamiento de diferencial hidrostático.

Para altas velocidades de viento anuales medias, en las formas de realización según las figuras 19 y 20 se puede implementar una etapa de adaptación de engranaje 4 (como está representado de forma básica en las figuras 2 ó 3) entre la etapa diferencia 11 a 13 y el accionamiento de diferencial 6.

Las variantes de realización según las figuras 19 y 20 se diferencian del estado de la técnica según la figura 4 sustancialmente por la posibilidad de usar una máquina estándar de corriente trifásica y la estructura sencilla y económica de la etapa de diferencial, que no requiere ningún árbol hueco para la máquina de corriente trifásica y el piñón, y que en lo que respecta al momento de inercia de masa relativo al árbol de rotor (J_{red}) ofrece ventajas decisivas en cuanto a la regulación de la instalación de energía eólica.

Las variantes de realización según las figuras 19 y 20, sin embargo, se diferencian notablemente en cuanto a las consecuencias de un llamado frenado de emergencia de la instalación de energía eólica mediante el freno 15. Si se parte de que en caso de activarse el freno 15 habitualmente actúa un par de frenado de hasta 2,5 veces el par nominal, este actúa de forma repartida sobre el rotor, el generador y el accionamiento de diferencial conforme a los momentos de inercia de masa reducidos de los mismos. Evidentemente, estos dependen de las relaciones de masa de la instalación de energía eólica realizada. Como ejemplo realista, durante el funcionamiento nominal de una instalación de energía eólica de 5MW, con respecto al freno 15 se puede partir de aprox. 1.900 kgm2 para el rotor 1, de aprox. 200 kgm2 para el generador síncrono 8 y de aprox. 10 kgm2 para el accionamiento de diferencial 6. Esto significa que una gran parte (aprox. el 90% o 2,2 veces el par nominal del rotor) del par de frenado actúa sobre el árbol de rotor de la instalación de energía eólica. Dado que en la variante de realización según la figura 19, el accionamiento de diferencial se sitúa en el flujo de pares entre el freno 15 y el rotor 1, conforme a las relaciones de pares constantes entre el rotor y el accionamiento de diferencial tiene que mantener igualmente aprox. 2,2 veces el par nominal.

Una ventaja esencial de la variante de realización según la figura 20 es que en caso de activarse el freno 15, el par de frenado de este no actúa a través del engranaje diferencial sobre el rotor que determina el momento de inercia de masa. En este caso, sólo el 9,5%, aproximadamente, del par de frenado actúa sobre el generador 8 y el 0,5%, aproximadamente, actúa sobre el accionamiento de diferencial 6. La disposición del freno 15 y del engranaje diferencial 11 a 13, representada en la figura 19, hace que tenga sentido la puesta en cortocircuito de la máquina síncrona de corriente trifásica, excitada de forma permanente, para mantener el par en el accionamiento de diferencial, ya que, de lo contrario, en caso de emergencia, se produciría un par notablemente superior a su par nominal.

La figura 21 muestra otra posible forma de realización del engranaje diferencial. Aquí, de la manera que ya se ha descrito, el portaplanetas 12 es accionado por el engranaje principal 2, pero el generador 8 está conectado con el piñón 11 y la corona está conectada con el accionamiento eléctrico de diferencial constituido por el rotor 17 y por el estator 18. Esta variante de realización asimismo constituye una solución coaxial con 1 etapa donde las condiciones marco de la técnica de engranaje conducen a un número de revoluciones relativamente bajo del rotor 15. Esto repercute de forma especialmente positiva en la técnica de regulación en cuanto al momento de inercia de masa, referido al rotor 1, del accionamiento de diferencial 17 a 18.

Las formas de realización descritas anteriormente también pueden realizarse en aplicaciones técnicamente similares. Esto se refiere entre otras cosas a centrales hidroeléctricas, para el aprovechamiento de corrientes fluviales y marinas. Para esta aplicación son aplicables los mismos requisitos básicos que para las instalaciones de energía eólica, a saber, una velocidad de circulación variable. En estos casos, el árbol de accionamiento es accionado de forma directa o indirecta por los dispositivos accionados por el medio circulante, por ejemplo agua. Además, el árbol de accionamiento acciona de forma directa o indirecta el engranaje diferencial.

REIVINDICACIONES

1. Instalación de obtención de energía, especialmente una instalación de energía eólica, con un árbol de accionamiento, con un generador (8) y con un engranaje diferencial (11 a 13) con tres accionamientos o tomas de fuerza, en la que un primer accionamiento está conectado con el árbol de accionamiento, una toma de fuerza está conectada con un generador (8) y un segundo accionamiento está conectado con un accionamiento de diferencial (6), y en la que el engranaje diferencial (11 a 13) es un engranaje planetario y el accionamiento de diferencial (6) está conectado con la rueda solar (11) del engranaje diferencial (11 a 13), **caracterizada por que** el accionamiento de diferencial (6) está dispuesto en el lado del generador (8), opuesto al engranaje diferencial (11 a 13).

2. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el accionamiento de diferencial (6) está dispuesto de forma coaxial con respecto al árbol del generador (8).

3. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** presenta sólo una etapa de diferencial (11 a 13).

4. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** presenta un engranaje diferencial (3) de una etapa.

5. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** presenta un engranaje diferencial (3, 4) de múltiples etapas.

6. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** el árbol de accionamiento es el árbol de rotor de una instalación de energía eólica.

7. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** un árbol de conexión (16) entre el piñón (11) y el accionamiento de diferencial (6) está realizado como árbol hecho de de un compuesto de fibras.

8. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** el accionamiento de diferencial (6) es una máquina eléctrica.

9. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 8, **caracterizada por que** la máquina (6) eléctrica es una máquina de corriente trifásica.

10. Instalación de obtención de energía según la reivindicación 8 o 9, **caracterizada por que** la máquina (6) eléctrica se puede cortocircuitar.

11. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizada por que** la máquina (6) eléctrica se puede hacer funcionar en el rango de debilitamiento de campo y por que la máquina (6) eléctrica se hace funcionar al menos temporalmente en un rango de debilitamiento de campo del 50%, como mínimo.

12. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 8 a 11, en la que el primer accionamiento conectado con el árbol de accionamiento rota con un número de revoluciones básico, **caracterizada por que** la gama de revoluciones del primer accionamiento asciende como mínimo a -/+ 6,0% y como máximo a -/+ 20,0% del número de revoluciones básico, mientras que la máquina (6) eléctrica se hace funcionar con el número de revoluciones nominal.

13. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** el accionamiento de diferencial (6) es un accionamiento hidráulico.

14. Instalación de obtención de energía según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizada por que** un freno (15) que actúa sobre el árbol de accionamiento está dispuesto en el lado del engranaje diferencial (11 a 13) en el que está dispuesto el primer accionamiento.

Fig.1

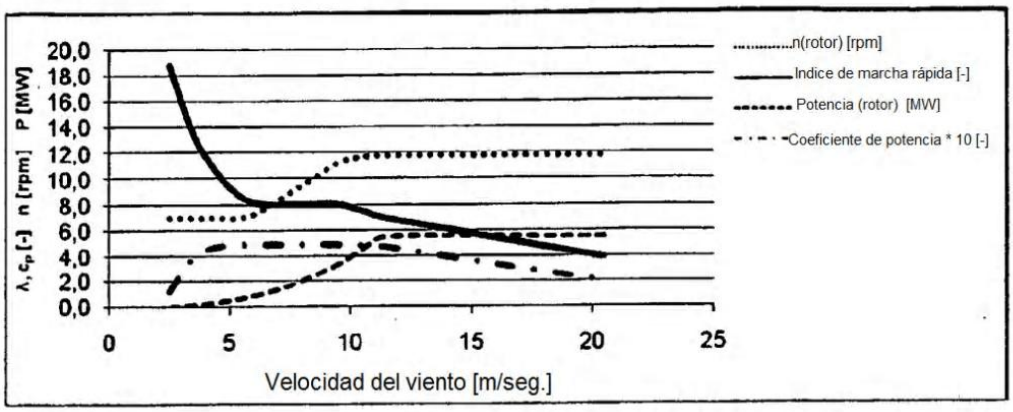

Fig. 2

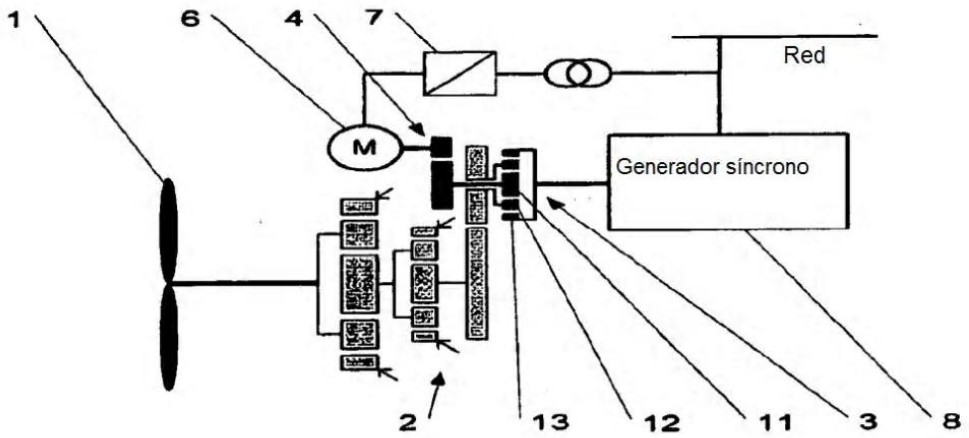

Fig. 3

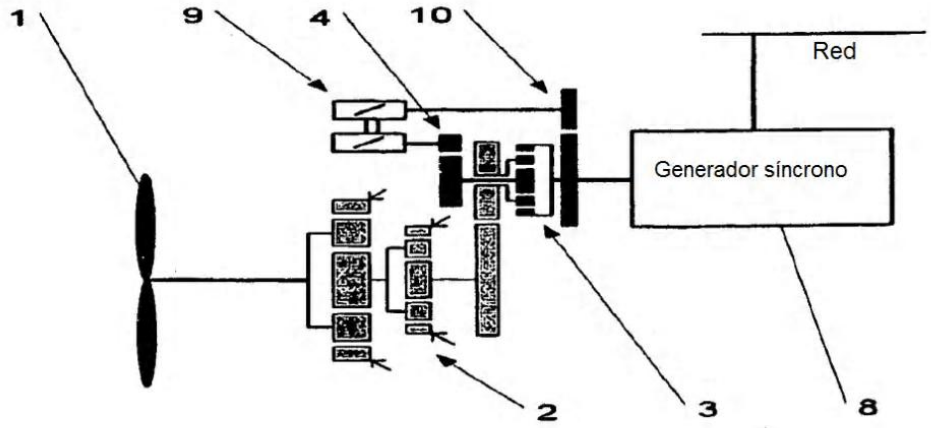

Fig. 4

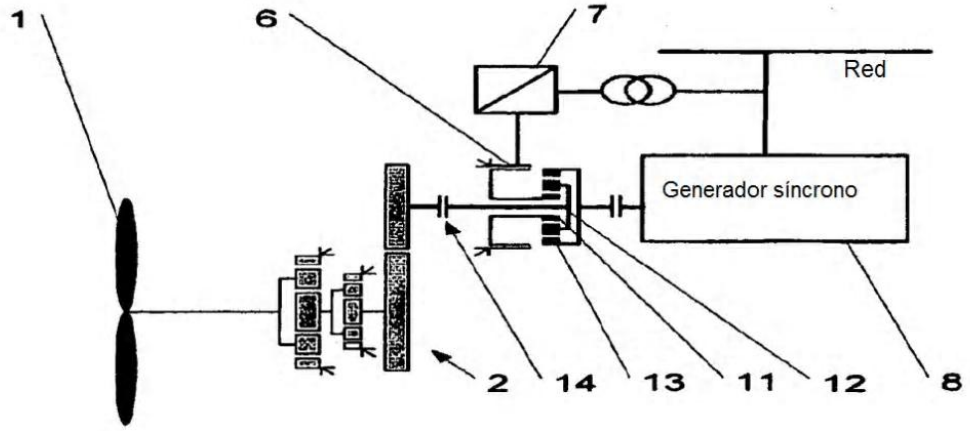

Fig. 5

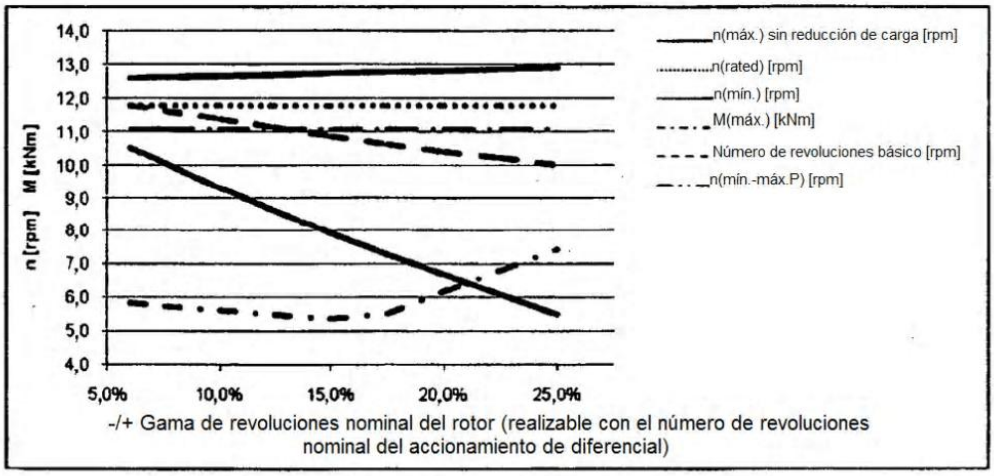

Fig. 6

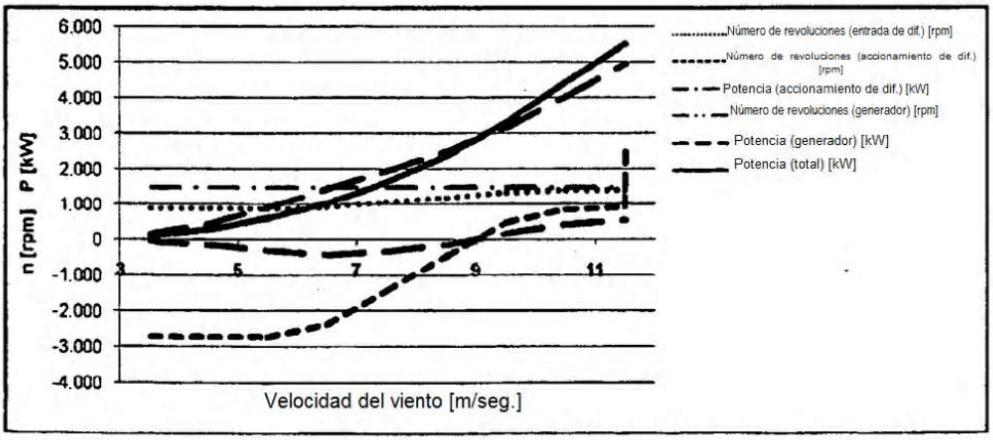

Fig. 7

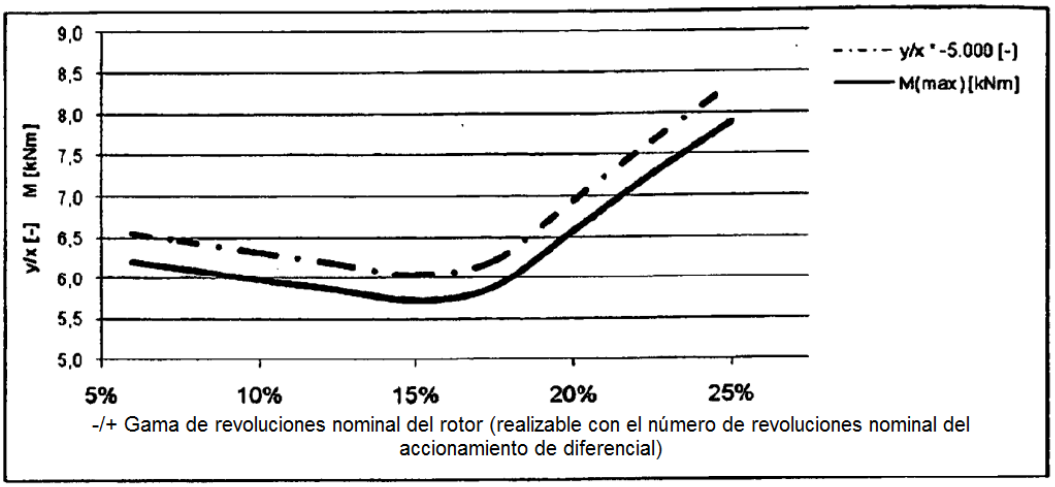

Fig. 8

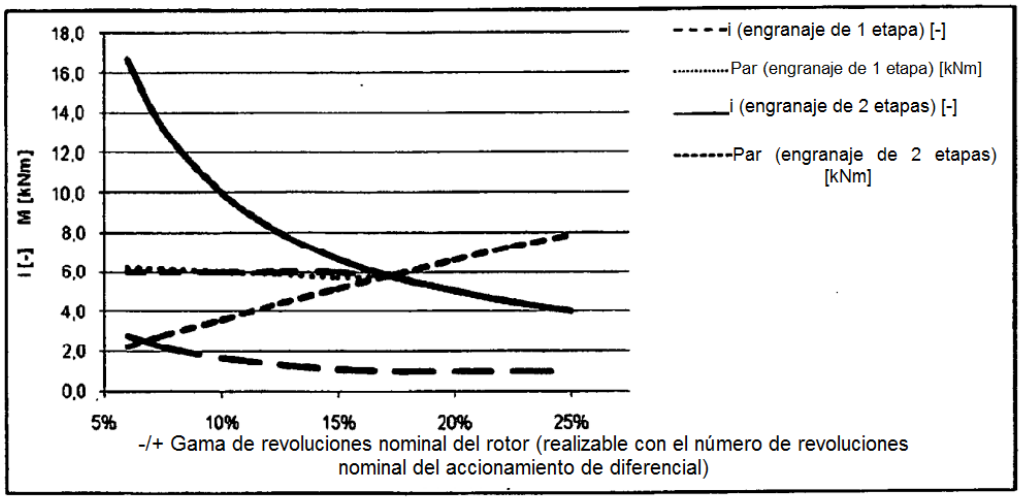

Fig. 9

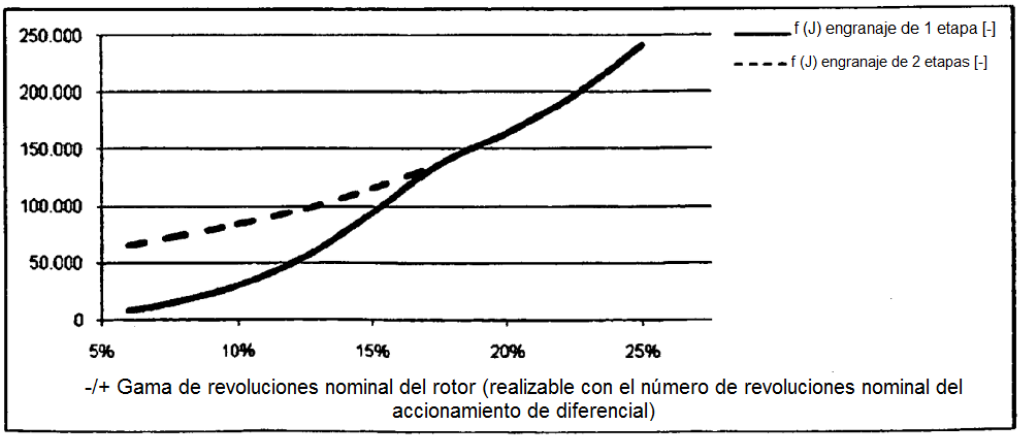

Fig. 10

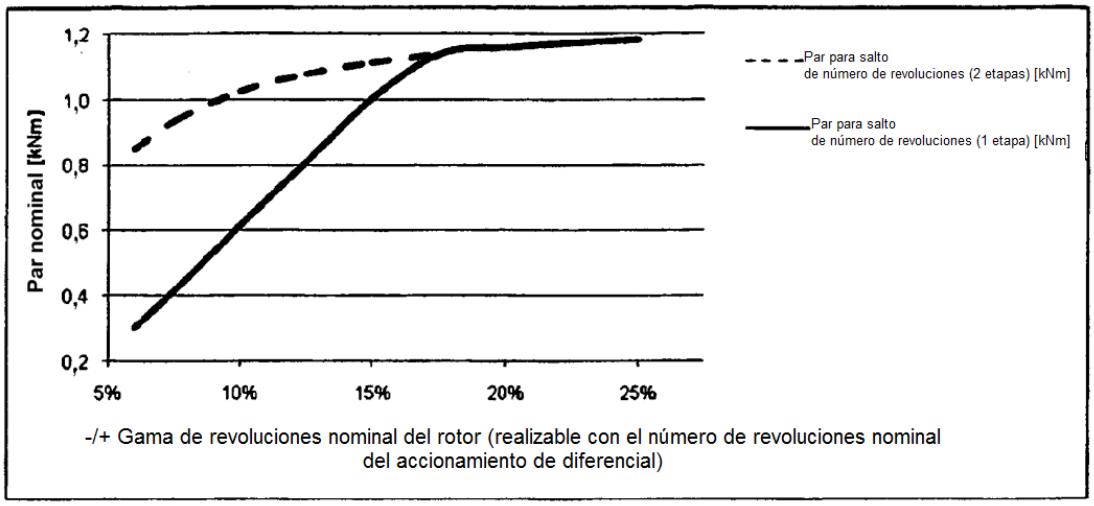

Fig. 11

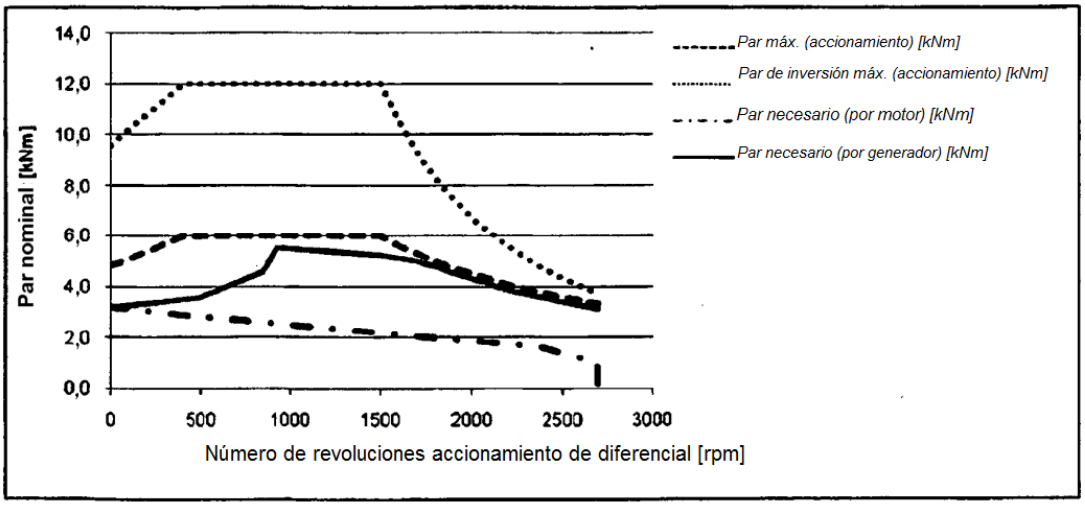

Fig. 12

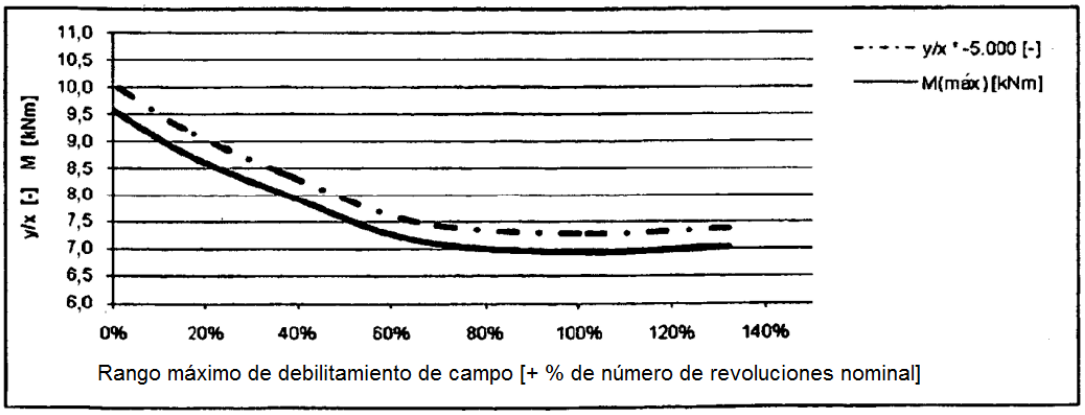

Fig. 13

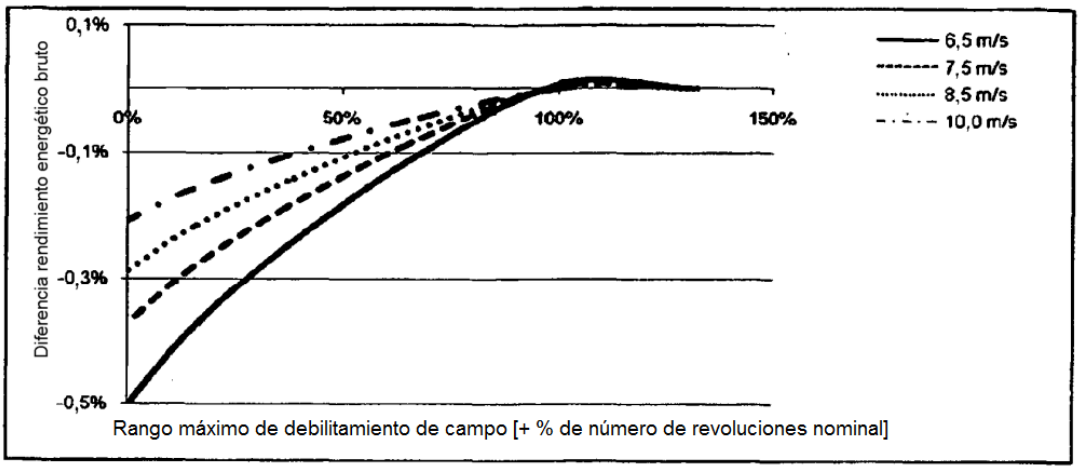

Fig. 14

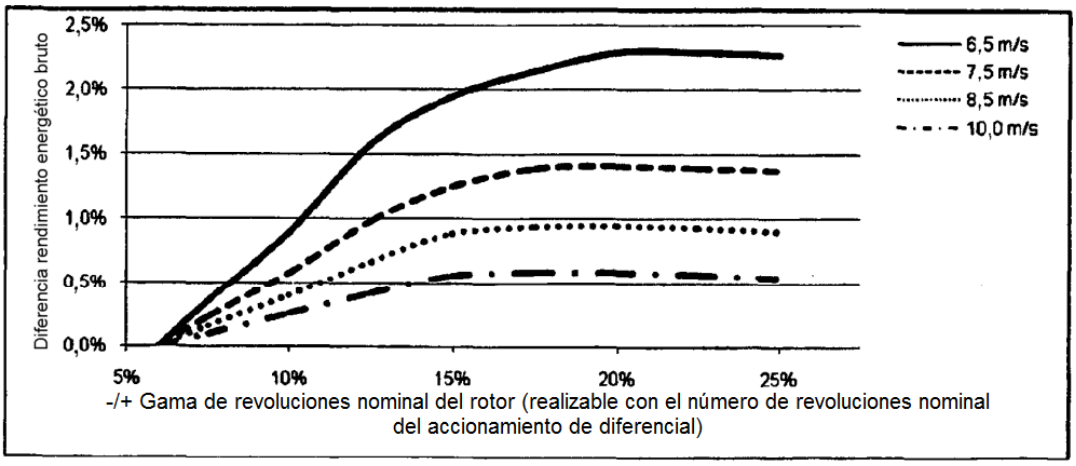

Fig. 15

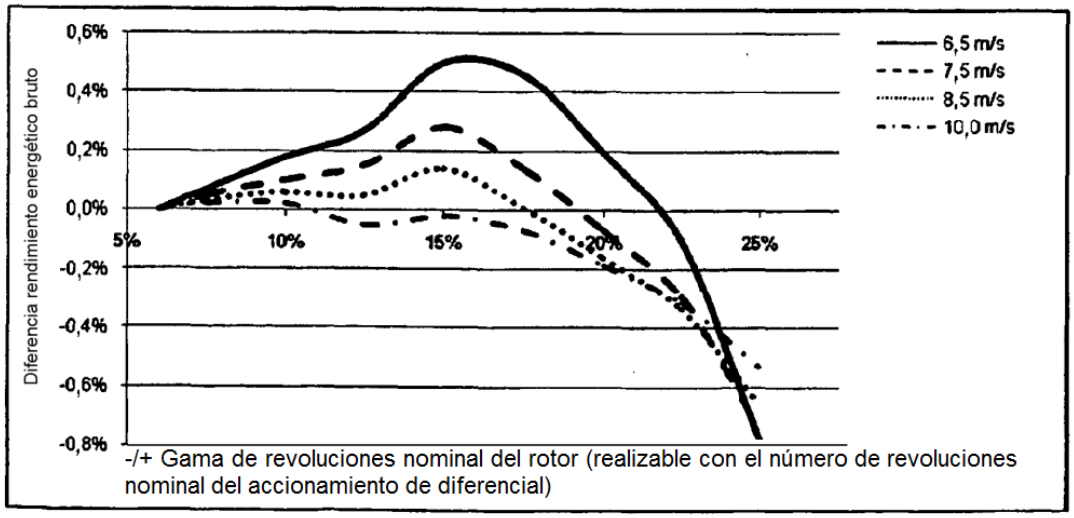

Fig. 16

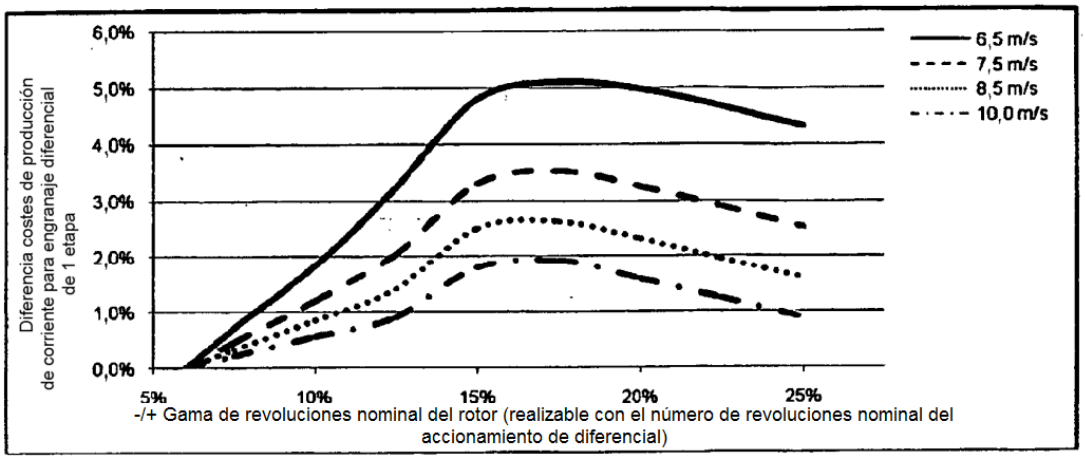

Fig. 17

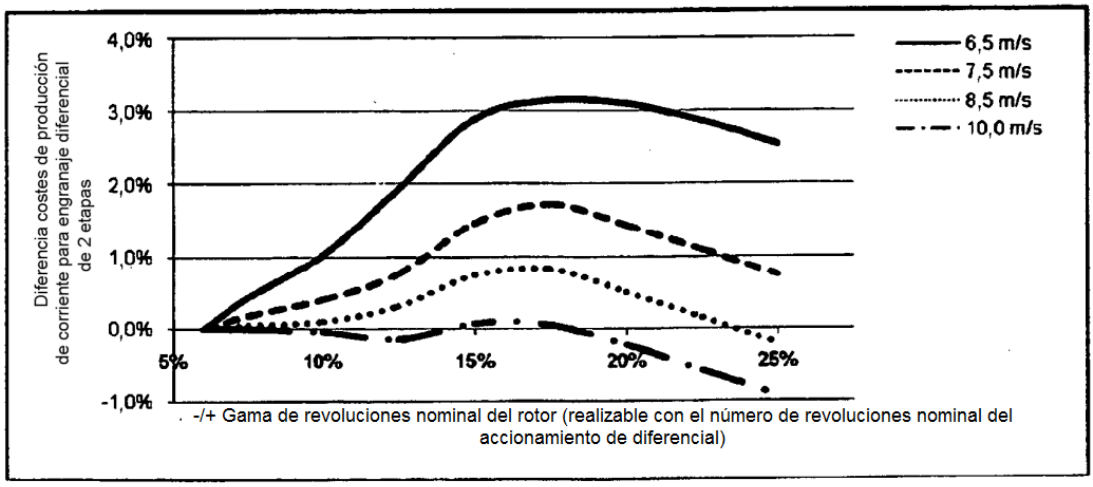

Fig. 18

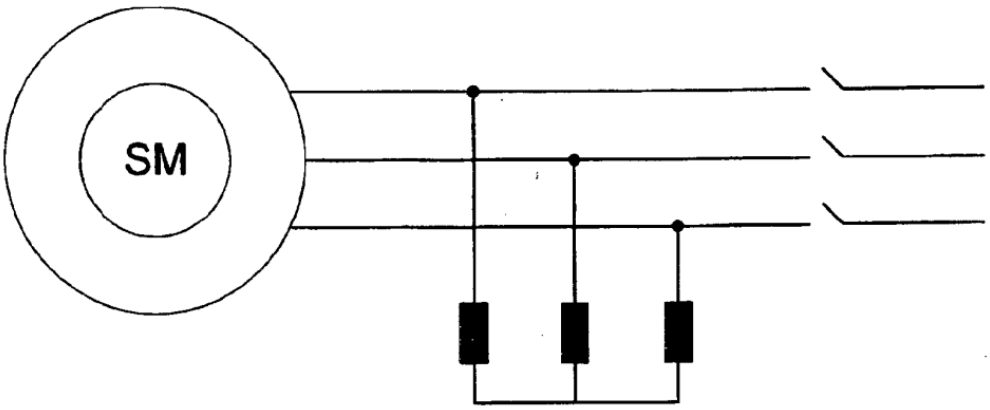

Fig. 19

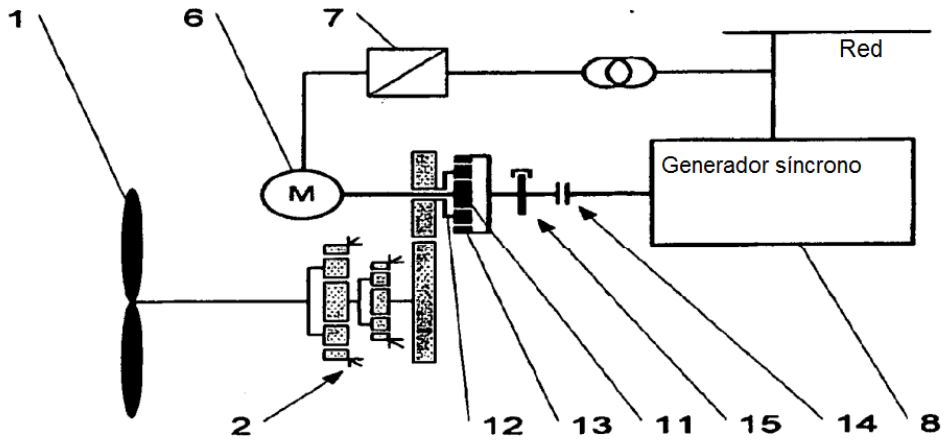

Fig. 20

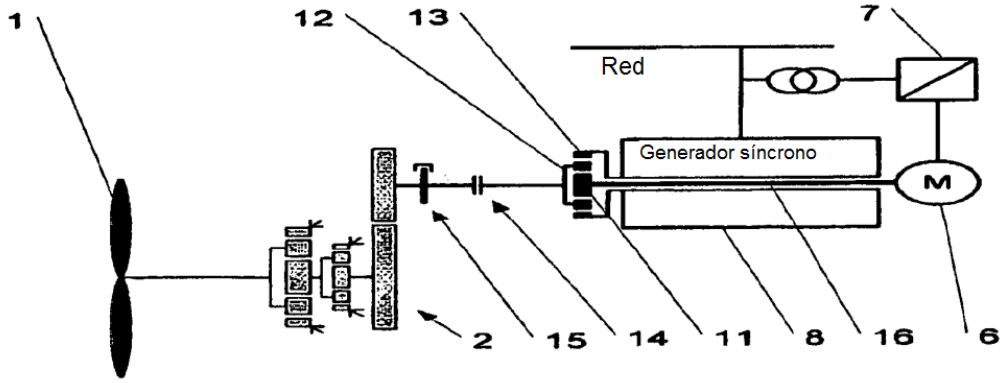
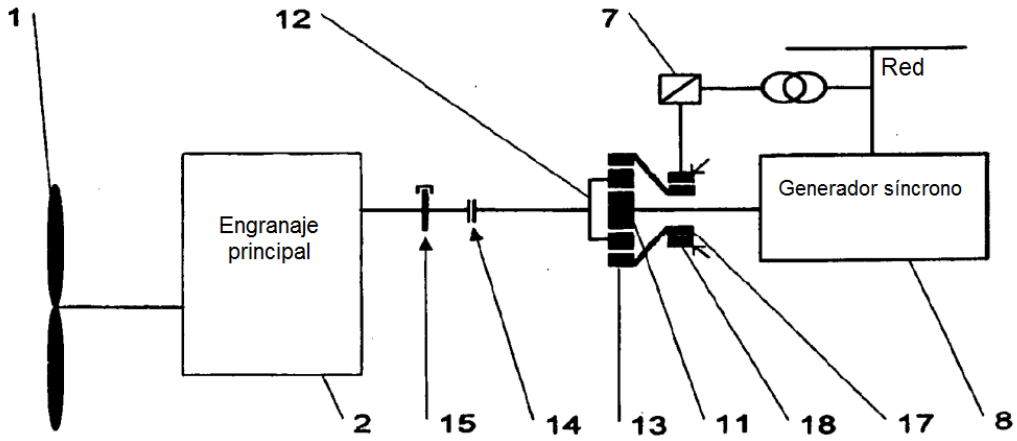
Fig. 21