(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 634 838**

(51) Int. Cl.:

***H02J 3/38*** (2006.01)
***F03D 9/00*** (2006.01)
***F03D 7/02*** (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.09.2002** **PCT/EP2002/10627**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2003** **WO03030329**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2002** **E 02774638 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017** **EP 1433238**

(54) Título: **Procedimiento para el funcionamiento de un parque eólico**

(30) Prioridad:

**28.09.2001 DE 10148225**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**29.09.2017**

(73) Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)**
**Borsigstrasse 26**
**26607 Aurich, DE**

(72) Inventor/es:

**WOBBEN, ALOYS**

(74) Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 634 838 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el funcionamiento de un parque eólico.

La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de un parque eólico, así como a un parque eólico como tal.

Las plantas de energía eólica se instalaban siempre inicialmente como unidades individuales y solo en los últimos años, las plantas de energía eólica se han comenzado a instalar de manera frecuente en parques eólicos, como resultado también de normas administrativas y constructivas. Un parque eólico es en su unidad más pequeña una disposición de al menos dos plantas de energía eólica, aunque con frecuencia la cifra es claramente mayor. A modo de ejemplo se podría mencionar el parque eólico de Holtriem (Frisia oriental), en el que están instaladas más de 50 plantas de energía eólica interconectadas. Es de esperar que tanto el número como la potencia instalada de las plantas de energía eólica aumenten también significativamente en los años futuros. En la mayoría de los casos, el potencial eólico es máximo en zonas de las redes de suministro eléctrico con una baja potencia de cortocircuito y una baja densidad de población. Precisamente en estas zonas se alcanzan con rapidez los límites de conexión técnicos de las plantas de energía eólica, lo que da como resultado que no se puedan instalar otras plantas de energía eólica en tales emplazamientos.

Por tanto, un parque eólico convencional, que se conecta, por ejemplo, a una subestación eléctrica de 50 MW, puede tener como máximo solo una potencia total de 50 MW, es decir, por ejemplo, 50 plantas de energía eólica con una potencia nominal de 1 MW respectivamente.

Si se tiene en cuenta el hecho de que las plantas de energía eólica no se operan continuamente en el modo operativo nominal y, por tanto, todo el parque eólico tampoco alcanza continuamente su potencia máxima (potencia nominal), se puede determinar que el parque eólico no se aprovecha de manera óptima, si la potencia nominal del parque eólico corresponde a la potencia total máxima posible que se va a alimentar.

En el documento WO 01/25630 ya se ha propuesto proveer un parque eólico de una potencia total, mayor que la potencia de alimentación de red máxima posible. Si esto se aplica al ejemplo mencionado antes, la potencia se puede aumentar a un valor superior a 50 MW, por ejemplo, 53 MW. Tan pronto las velocidades del viento son lo suficientemente altas para producir la potencia límite de 50 MW, el sistema de regulación del parque eólico, según la invención, se activa y regula las instalaciones individuales o todas las instalaciones, al superarse la potencia máxima total, del tal modo que la misma se cumple en todo momento. Esto significa que en presencia de velocidades del viento por encima del viento nominal (velocidad del viento, a la que una planta de energía eólica alcanza su potencia nominal), al menos una instalación o todas las instalaciones se operan con una potencia reducida (ligeramente) (por ejemplo, con una potencia de 940 kW, en vez de 1 MW).

Las ventajas de la presente solución son evidentes. En general, los componentes de red de la red de alimentación (los componentes de red son, por ejemplo, el transformador y las líneas) se pueden utilizar óptimamente o aprovechar al máximo (es posible también una utilización hasta el límite térmico). Por consiguiente, se pueden utilizar mejor las superficies de parques eólicos existentes mediante la instalación de una cantidad máxima posible de plantas de energía eólica. La cantidad ya no va a estar limitada (tan fuertemente) por la capacidad de red existente.

Para el control/la regulación de una planta de energía eólica es conveniente que la misma disponga de una entrada de datos que permita ajustar la potencia eléctrica en un intervalo de 0 a 100 % (respecto a la potencia nominal). Si en esta entrada de datos se introduce, por ejemplo, un valor nominal de 350 kW, la potencia máxima de esta planta de energía eólica no superará el valor nominal de 350 kW. Cada valor de 0 a la potencia nominal (por ejemplo, 0 a 1 MW) es posible como valor nominal.

Esta entrada de datos se puede utilizar directamente para limitar la potencia.

No obstante, es posible también regular la potencia de generador con ayuda de un dispositivo regulador en dependencia de la tensión de la red (en la red del parque eólico o en la red de alimentación).

Otra función importante se explica a continuación por medio de una regulación del parque eólico. Se asume, por ejemplo, que un parque eólico está compuesto de 10 plantas de energía eólica que disponen respectivamente de una potencia nominal de 600 kW. Sobre la base de las capacidades de los componentes de la red (capacidades de

línea) o de las capacidades limitadas en la subestación eléctrica se asume también que la potencia máxima (potencia límite), que se va a entregar, está limitada a 5200 kW.

Es posible entonces limitar todas las plantas de energía eólica a una potencia máxima de 520 kW con ayuda del valor nominal (entrada de datos). De este modo se cumple siempre el requerimiento de limitar la potencia que se va a entregar.

Otra posibilitad consiste en no permitir que se supere la potencia máxima como suma de todas las instalaciones y en producir, sin embargo, al mismo tiempo un máximo de energía (horas kW (trabajo)).

En este sentido se debe saber que en presencia de velocidades del viento bajas a moderadas dentro del parque eólico ocurre a menudo que las plantas de energía eólica reciben mucho viento en los emplazamientos favorables (buenos) (que son los emplazamientos, en los que el viento incide primero dentro del parque eólico). Si todas las plantas de energía eólica se regulan ahora simultáneamente a su valor reducido (por ejemplo, a 520 kW respectivamente), esta potencia generada se consigue en algunas plantas de energía eólica que se encuentran situadas en emplazamientos buenos. Algunas otras plantas de energía eólica, situadas, sin embargo, en la “sombra del viento” de las plantas de energía eólica con un buen emplazamiento (en la segunda y la tercera hilera), reciben menos viento y funcionan, por ejemplo, solo con una potencia de 460 kW y no alcanzan el valor de la potencia máxima reducida de 520 kW. Por consiguiente, la potencia total producida del parque eólico se sitúa esencialmente por debajo de la potencia límite permitida de 5200 kW.

El sistema de regulación de la potencia del parque eólico regula en este caso las instalaciones individuales de modo que se ajusta el rendimiento energético máximo posible. Esto significa concretamente que, por ejemplo, las instalaciones en la primera hilera (o sea, en buenos emplazamientos) se regulan a una potencia superior, por ejemplo, a la potencia nominal (o sea, sin reducción). Por tanto, la potencia eléctrica total aumenta en el parque eólico. El sistema de regulación del parque regula, sin embargo, cada instalación individual de tal modo que no se supera la potencia de conexión eléctrica máxima permitida, mientras que el trabajo producido (kWh) alcanza al mismo tiempo un valor máximo.

El sistema de gestión de parque eólico se puede adaptar fácilmente a las respectivas situaciones que se presenten. Así, por ejemplo, se puede realizar con mucha facilidad otra reducción de la potencia de instalaciones individuales, si una instalación individual o varias instalaciones de un parque eólico se separan (o se tienen que separar) de la red y si por razones de mantenimiento o por otras razones, una instalación individual o varias instalaciones se tienen que parar temporalmente.

Para controlar/regular el parque eólico o las instalaciones individuales se puede utilizar un dispositivo de procesamiento de datos/control que está conectado a las entradas de datos de las instalaciones y que a partir de los datos sobre la velocidad del viento, que son determinados (para cada instalación), calcula el valor reducido de potencia más favorable en cada caso para una instalación individual o para todo el parque eólico.

La figura 1 conocida por el documento WO 01/25630 muestra en un esquema de bloques el control de una planta de energía eólica mediante un microprocesador $\mu$P que está conectado a un ondulador (PWR) y permite alimentar corriente alterna multifásica a una red de suministro eléctrico. El microprocesador dispone de una entrada de potencia P, una entrada para introducir un factor de potencia (cos phi), así como una entrada para introducir el gradiente de potencia (dP/dt).

El ondulador, compuesto de un rectificador, un circuito intermedio de corriente continua y un convertidor, está conectado al generador de una planta de energía eólica y obtiene de la misma la energía producida por el generador de manera variable respecto a la velocidad de rotación, es decir, en independencia de la velocidad de rotación del rotor de la planta de energía eólica.

El diseño representado en la figura sirve para explicar cómo el valor de la potencia, entregada por una planta de energía eólica, se puede limitar a un valor de alimentación de red máximo posible.

La figura 2 muestra la representación esquemática de un parque eólico, compuesto de, por ejemplo, tres plantas de energía eólica 1, 2 y 3, de las que dos se encuentran una al lado de otra y la tercera está situada por detrás de las dos primeras, visto desde la dirección del viento. Dado que cada una de las plantas de energía eólica individuales dispone de una entrada de potencia para ajustar la potencia de la respectiva instalación (figura 1), mediante un dispositivo de procesamiento de datos, que controla todo el parque eólico, se puede ajustar en cada caso las

potencias de una planta de energía eólica individual a un valor deseado. En la figura 1, los emplazamientos favorables de las plantas de energía eólica son aquellos, en los que incide primero el viento, o sea, la instalación 1 y 2.

En el caso de redes eléctricas débiles (aisladas), la frecuencia de la red aumenta con mucha rapidez (bruscamente), si un consumidor mayor se separa de la red eléctrica. Las máquinas de accionamiento, por ejemplo, los motores diésel, las ruedas hidráulicas, etc., necesitan algún tiempo para reducir su potencia (mecánica y eléctrica). Durante este tiempo, tales generadores producen más energía que la energía tomada por la red eléctrica. Esta energía se consume a continuación durante la aceleración de los generadores. De este modo aumenta la velocidad de rotación y, por tanto, también la frecuencia de la red.

Dado que muchos aparatos eléctricos, por ejemplo, ordenadores, motores eléctricos y similares, que están conectados a la red eléctrica, no están diseñados, sin embargo, para frecuencias de red fluctuantes o para sus cambios bruscos, esto puede provocar daños en máquinas eléctricas e incluso la rotura de estas máquinas.

La invención tiene el objetivo de eliminar los problemas descritos arriba, si las plantas de energía eólica (un parque eólico) están conectadas a la red eléctrica.

Según la invención, esta solución se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1, así como mediante una planta de energía eólica con las características de la reivindicación 10. Variantes ventajosas se describen de manera correspondiente en las reivindicaciones secundarias.

Se propone, si las plantas de energía eólica se operen con tales redes débiles, controlar su potencia eléctrica (y mecánica) en dependencia de la frecuencia de la red que va en aumento. De esta manera se debe impedir otro aumento de la frecuencia de la red o conseguir una reducción de la frecuencia de la red.

Este aspecto de la invención se explica detalladamente a continuación por medio de un ejemplo de realización.

Muestran:

Fig. 11 un diagrama de frecuencia/potencia en función del tiempo de una planta de energía eólica;

Fig. 12 vista lateral de una planta de energía eólica;

Fig. 13 un diagrama de bloques de un ondulador, controlado con un microprocesador, de una planta de energía eólica;

Fig. 14 representación de un dispositivo de regulación de una planta de energía eólica;

Fig. 15 representación de un acoplamiento de una planta de energía eólica a una red eléctrica;

Fig. 16 representación alternativa de la figura 13.

La figura 11 muestra el requerimiento planteado a una instalación de energía eólica (un parque eólico) de reducir su potencia de salida P en dependencia de la frecuencia eléctrica f de la red. El valor de 100 % representa aquí la frecuencia nominal (50 Hz, 60 Hz) de la red eléctrica. Los valores 100,6 % o 102 % son valores correspondientemente superiores de la frecuencia de red f.

La potencia eléctrica de la planta de energía eólica (del parque eólico) no se regula aún a la baja, por ejemplo, al aumentar la frecuencia de la red en 0,6 % (o sea, a 100,6 %). Si la frecuencia de la red sigue aumentando a continuación, la potencia eléctrica de la planta de energía eólica se regula a la baja. En el ejemplo mostrado, la potencia eléctrica de la planta de energía eólica se regula a la potencia cero al aumentar la frecuencia de la red a 102 %.

La figura 13 muestra un ejemplo de realización de una planta de energía eólica que cumple este requerimiento. La planta de energía eólica presenta palas de rotor ajustables (regulación del ángulo de pitch de las palas de rotor) para poder regular la potencia mecánica de la planta de energía eólica. Si, por ejemplo, el ángulo de ataque de las palas de rotor se ajusta con respecto al viento, la fuerza sobre las palas de rotor se puede reducir también a un valor deseado. La corriente eléctrica alterna del generador (no representado), conectado al rotor que soporta las palas de

rotor, se rectifica mediante un rectificador 2 y se alisa mediante un condensador 3. El convertidor 4 transforma a continuación la tensión continua en una corriente alterna que se suministra a la red $L_1$, $L_2$, $L_3$. La frecuencia de esta corriente de salida es predefinida por la red. El dispositivo de regulación 5, compuesto por un microprocesador, mide la frecuencia de la red y controla los interruptores de potencia del convertidor de tal modo que la frecuencia de salida corresponde a la tensión de la red (frecuencia de la red). Si la frecuencia de la red aumenta, como se describe arriba, la potencia eléctrica se regula a la baja, según la representación de la figura 11.

La figura 14 muestra el dispositivo de regulación. El rotor 4 de la planta de energía eólica, representado esquemáticamente, está acoplado a un generador G que suministra una potencia eléctrica, dependiente de la velocidad del viento y, por tanto, de la potencia del viento. La tensión alterna, producida por el generador G, se rectifica primero mediante el convertidor y se transforma a continuación en una tensión alterna que presenta una frecuencia que corresponde a la frecuencia de la red. Con ayuda del dispositivo de registro de frecuencia de red se determina la tensión de la red en el punto de alimentación de la red. Tan pronto la frecuencia de la red supera un valor predeterminado, véase figura 11, se reduce la potencia eléctrica suministrada para contrarrestar un aumento ulterior de la frecuencia de la red. Con ayuda del dispositivo de regulación se regula la frecuencia de la red a un valor de frecuencia de red deseado, al menos se evita que siga aumentando.

Mediante una alimentación, regulada de esta manera, de la potencia suministrada por la planta de energía eólica se pueden evitar o reducir considerablemente las fluctuaciones de la frecuencia de la red.

La figura 15 muestra el acoplamiento de una planta de energía eólica a una red eléctrica, suministrándose la potencia eléctrica, producida por la planta de energía eólica, a la red en el punto de alimentación de la red, A la red eléctrica están conectados varios consumidores que están dibujados como casas en el ejemplo representado.

La figura 24 muestra componentes esenciales del dispositivo de control y regulación en una representación algo diferente que en la figura 13. La disposición de control y regulación presenta un rectificador, en el que se rectifica la tensión alterna producida en el generador. Un convertidor de frecuencia, conectado al rectificador, transforma la tensión continua, rectificada primero en el circuito intermedio, en una tensión alterna que se alimenta como tensión alterna trifásica a la red a través de la línea $L_1$, $L_2$ y $L_3$. El convertidor de frecuencia se controla con ayuda del microordenador que forma parte de todo el dispositivo de regulación. A tal efecto, el microprocesador está acoplado al convertidor de frecuencia. Como magnitudes de entrada para la regulación de la tensión, con la que se alimenta a la red la potencia eléctrica, puesta a disposición por la planta de energía eólica 2, son la tensión de red actual, la frecuencia de red f, la potencia eléctrica P del generador, el factor de potencia reactiva cos _, así como el gradiente de potencia dP/dt. En el microprocesador se realiza la regulación, según la invención, de la tensión que se va a alimentar con su frecuencia de red deseada.

En las plantas de energía eólica conocidas para producir energía eléctrica a partir de la energía del viento, el generador se opera en el modo paralelo con un consumidor eléctrico, a menudo una red eléctrica. Durante el funcionamiento de la planta de energía eólica, la potencia activa eléctrica, suministrada por el generador, puede variar en dependencia de la velocidad actual del viento. Como resultado de lo anterior, la tensión de la red (magnitud y/o fase), por ejemplo, en el punto de alimentación, puede variar también en dependencia de la velocidad actual del viento. Esto es válido también para la corriente que se va a alimentar.

En caso de alimentarse la potencia eléctrica producida a una red eléctrica, por ejemplo, una red de corriente pública, se pueden originar fluctuaciones de la tensión de la red. Sin embargo, tales fluctuaciones son permisibles solo dentro de límites muy estrechos en interés de un funcionamiento seguro de los consumidores conectados.

Mediante el accionamiento, por ejemplo, de dispositivos de conmutación, tales como transformadores de tomas, se pueden compensar diferencias mayores respecto al valor nominal de la tensión de la red en la red de suministro eléctrico, en particular en el nivel de tensión media, si se superan o no se alcanzan valores límites predeterminados. De este modo, la tensión de la red se mantiene esencialmente constante dentro de límites de tolerancia predefinidos.

El objetivo es especificar un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica, así como una planta de energía eólica o un parque eólico que sean capaces, también en caso de un suministro fluctuante de la potencia activa, de reducir o al menos de aumentar de manera no significativa las fluctuaciones no deseadas de la tensión en un punto predefinido en la red en comparación con la situación sin planta o plantas de energía eólica.

Este objetivo se consigue en caso de un procedimiento del tipo mencionado al inicio al variarse el ángulo de fase φ

de la potencia eléctrica, suministrada por la planta/las plantas de energía eólica, en dependencia de al menos una tensión detectada en la red.

En el caso de un parque eólico del tipo mencionado al inicio, el objetivo se consigue mediante al menos un dispositivo respectivamente, capaz de ejecutar el procedimiento según la invención, y un dispositivo detector de tensión respectivamente para cada parte del parque eólico regulable por separado.

Las fluctuaciones no deseadas de la tensión aplicada al consumidor, en particular de la tensión eléctrica existente en una red, se evitan al variarse el ángulo de fase de la potencia suministrada en dependencia de la tensión del consumidor o de la red. De esta manera se compensan fluctuaciones de tensión no deseadas que se originan como resultado de los cambios en la potencia activa, suministrada por la planta/las plantas de energía eólica, o en la potencia tomada de la red por los consumidores.

Con especial preferencia, el ángulo de fase se varía de tal modo que la tensión se mantiene esencialmente constante en al menos un punto predefinido de la red. A este respecto, se ha de detectar la tensión en al menos un punto de la red para obtener la magnitud de regulación necesaria.

En particular, este punto puede ser diferente al punto de alimentación. Esta detección de la magnitud de la tensión y una variación adecuada del ángulo de fase de la potencia eléctrica, suministrada por la planta/las plantas de energía eólica, permiten un regulación oportuna y eficaz.

En una forma de realización particularmente preferida, los valores, que se han de ajustar para el ángulo de fase, se derivan de valores característicos predefinidos. Estos valores característicos se pueden poner a disposición en forma de una tabla, en la que está representada una familia de curvas características predeterminada en forma de valores discretos, que permite deducir el ángulo de fase que se ha de ajustar.

En una variante preferida de la invención, la regulación puede provocar directa o indirectamente que la tensión se lleve nuevamente al intervalo de tolerancia mediante el accionamiento de un dispositivo de conmutación en la red, por ejemplo, un transformador de tomas, si las fluctuaciones de tensión han superado los valores límites predefinidos. Al mismo tiempo o de manera adicional, el ángulo de fase se ajusta a un valor constante, preferentemente un valor medio, por ejemplo, cero, para un intervalo de tiempo predeterminado con el fin de poder compensar a su vez las fluctuaciones de tensión resultantes mediante una variación adecuada del ángulo de fase.

En una variante de la invención de especial preferencia se pueden realizar asimismo por separado una detección de la tensión y un ajuste correspondiente del ángulo de fase en zonas parciales de la red, separadas eléctricamente, para regular cada zona parcial de modo que la tensión se mantenga esencialmente constante en cada una de las zonas parciales.

La planta de energía eólica se perfecciona ventajosamente mediante un dispositivo de regulación que presenta un microprocesador, ya que de este modo se puede implementar una regulación digital.

El parque eólico, mencionado al inicio, se perfecciona preferentemente al estar presentes respectivamente un dispositivo capaz de ejecutar el procedimiento según la invención y respectivamente un dispositivo detector de tensión para cada parte del parque eólico regulable por separado, por lo que también zonas parciales de la red, separadas eléctricamente, se pueden regular por separado de tal modo que la tensión se mantiene esencialmente constante en cada zona parcial de la red.

A continuación se explica, por medio de un ejemplo de realización, un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con referencia a los dibujos. Muestran:

Figura 21 una planta de energía eólica, que va a alimentar una red, en una representación simplificada;

Figura 22 un dispositivo de regulación para el funcionamiento de una planta de energía eólica;

Figura 23 una representación que explica la relación entre la tensión de la red y el ángulo de fase;

Figura 24 componentes esenciales del dispositivo de regulación mostrado en la figura 22; y

Figura 25 una representación simplificada de una regulación común o separada de varias plantas de energía eólica

en dependencia de la situación de la red.

Una planta de energía eólica 2, representada esquemáticamente en la figura 21, con un rotor 4 está conectada a una red eléctrica 6 que puede ser, por ejemplo, una red pública. Varios consumidores eléctricos 8 están conectados a la red. El generador eléctrico, no representado en la figura 21, de la planta de energía eólica 2 está acoplado a un dispositivo eléctrico de control y regulación 10 que rectifica primero la corriente alterna producida en el generador y la transforma a continuación en una corriente alterna con una frecuencia que corresponde a la frecuencia de la red. El dispositivo de control y regulación 10 presenta un dispositivo de regulación según la invención.

En un punto cualquiera 22 de la red 6 puede estar previsto un dispositivo detector de tensión 22 que (además de la fase) mide en particular la magnitud de la tensión de la red y envía el valor medido como una magnitud de regulación correspondiente al dispositivo de regulación 10.

La figura 22 muestra el dispositivo de regulación. El rotor 4, representado esquemáticamente, está acoplado a un generador 12 que suministra una potencia eléctrica que puede depender de la velocidad del viento. La tensión alterna, producido en el generador 12, se puede rectificar primero y transformar a continuación en una tensión alterna que presenta la frecuencia que corresponde a la frecuencia de la red.

Con ayuda de un dispositivo de registro de tensión (no representado) se mide la tensión de la red en un lugar 22 de la red 6. En dependencia de la tensión de red determinada se calcula, dado el caso, mediante un microprocesador representado en la figura 4, un ángulo de fase óptimo φ. El dispositivo de regulación regula a continuación la tensión de red U al valor deseado $U_{nominal}$. Mediante la variación del ángulo de fase se regula la potencia eléctrica, suministrada por el generador 12 a la red 6.

La representación de la figura 23 muestra la relación entre la tensión en la red y el ángulo de fase. Si la tensión se diferencia de su valor nominal $U_{nominal}$, situado entre el valor de tensión $U_{mín,}$ y $U_{máx.}$, el ángulo de fase φ se varía en correspondencia con la curva característica en el diagrama de tal modo que en dependencia del signo de la diferencia se alimenta una potencia reactiva inductiva o capacitiva para estabilizar así la tensión en el punto de detección de tensión (22 en la figura 21).

La figura 24 muestra componentes esenciales del dispositivo de control y regulación 10 de la figura 21. El dispositivo de control y regulación 10 presenta un rectificador 16, en el que se rectifica la corriente alterna producida en el generador. Un convertidor de frecuencia 18, conectado al rectificador 16, transforma la corriente continua, rectificada primero, en una corriente alterna que se alimenta como corriente alterna trifásica a la red 6 a través de las líneas L1, L2 y L3.

El convertidor de frecuencia 18 se controla con ayuda de un microordenador 20 que forma parte de todo el dispositivo de regulación. A tal efecto, el microprocesador 20 está acoplado al convertidor de frecuencia 18. Como magnitudes de entrada del microprocesador 20 están previstas la tensión de red actual U, la potencia eléctrica P del generador, el valor nominal de la tensión de red $U_{nominal}$, así como el gradiente de potencia dP/dt. En el microprocesador 20 se realiza la regulación, según la invención, de la potencia que se ha de alimentar.

En la figura 25 están representadas dos plantas de energía eólica 2 como ejemplo de un parque eólico. Un dispositivo de regulación 10 está asignado a cada una de estas plantas de energía eólica 2 que pueden estar presentes de manera simbólica naturalmente también para una pluralidad de plantas de energía eólica. El dispositivo de regulación 10 detecta la tensión en puntos predefinidos 22, 27 de la red 6, 7 y la transmite al dispositivo de regulación 10, asignado respectivamente, a través de líneas 25, 26.

Las zonas parciales 6, 7 de la red se pueden conectar o desconectar entre sí mediante un dispositivo de conmutación 23. En paralelo a este dispositivo de conmutación 23 está previsto un dispositivo de conmutación 24 que permite conectar o desconectar entre sí los dos dispositivos de regulación 10 en correspondencia con el estado de conexión del dispositivo de conmutación 23.

Si las dos zonas parciales 6, 7 de la red están conectadas entre sí, los dos dispositivos de regulación 10 se conectan también entre sí, de modo que toda la red se considera una unidad y se alimenta como una unidad mediante todo el parque eólico, regulándose a su vez el parque eólico de manera unificada en dependencia de la tensión en el punto de detección 22, 27.

Si las dos zonas parciales 6, 7 se desconectan mediante el dispositivo de conmutación 23, entonces los dos

dispositivos de regulación 10 se desconectan también entre sí de tal modo que una parte del parque eólico se monitoriza mediante el dispositivo de regulación 10 desde un punto de detección 22 a través de una línea 25 y la parte asignada del parque eólico se puede regular de manera correspondiente, mientras que la otra zona parcial de la red 7 se monitoriza desde un punto de detección 27 a través de una línea 26 mediante el dispositivo de regulación 10 que regula de manera correspondiente la otra parte del parque eólico para estabilizar la tensión en la zona parcial de la red 7.

Naturalmente, esta división no tiene que estar limitada a dos zonas parciales. Esta división se puede eliminar hasta asignarse una instalación individual a una zona parcial de la red.

La regulación central según la invención, según la presente solicitud, de un parque eólico tiene en cuenta esencialmente que el parque eólico no solo alimenta energía eléctrica a una red pública de suministro eléctrico, sino que también es controlado a la vez para apoyar a la red, preferentemente por el operador de la red pública (ESE, empresa de suministro eléctrico). Siempre que en la presente solicitud se hable de un parque eólico, esto significa también una planta de energía eólica individual y no solo una pluralidad de plantas de energía eólica en todos los casos, formando siempre preferentemente una pluralidad de plantas de energía eólica un parque eólico.

Para el control central,¡ según la invención, según la reivindicación 1, del parque eólico, el operador de la red pública de suministro eléctrico no solo tiene un acceso de control al parque eólico/a la planta de energía eólica mediante una línea de control correspondiente (sistema de bus), sino que también recibe del parque eólico/de la planta de energía eólica datos, tales como datos medidos del viento, datos sobre el estado del parque eólico y también, por ejemplo, datos sobre la potencia disponible (potencia actual (potencia activa)) del parque eólico.

Tal control central puede significar también, por ejemplo, que el parque eólico se separa completamente de la red en determinados casos, por ejemplo, si el parque eólico no puede cumplir las regulaciones de conexión de red establecidas por el operador de la red pública de suministro eléctrico.

Si, por ejemplo, la tensión en la red desciende por debajo de un valor predefinido determinado, por ejemplo, a un valor de 70 a 90 % de la tensión de la red, el parque eólico se tiene que separar de la red dentro de un tiempo predefinido, por ejemplo, de dos a seis segundos.

Finalmente, es necesario tener en cuenta que el cambio de potencia (dP) del parque eólico no solo es predefinido por el viento, sino que se puede variar también en intervalos de tiempo completos determinados. Por tanto, esta magnitud de potencia se denomina también gradiente de potencia e indica en qué porcentaje se puede variar la respectiva potencia disponible dentro de un tiempo predeterminado (por ejemplo, por minuto). Así, por ejemplo, puede estar previsto que el gradiente de potencia del parque eólico sea como máximo de 5 a 15 %, preferentemente 10 % de la capacidad de conexión de la red por minuto.

Tal regulación del parque eólico se puede llevar a cabo, por ejemplo, al incrementar simultánea o uniformemente todas las plantas de energía eólica de un parque su suministro de potencia en el gradiente de potencia predeterminado. De manera alternativa es posible también naturalmente que primero una o dos instalaciones (en el respectivo orden de magnitud del gradiente de potencia) alimenten inicialmente con plena potencia y que a continuación se conecten otras instalaciones, dependiendo del gradiente de potencia predefinido, dentro de un tiempo predeterminado, hasta poder alimentar toda la potencia disponible del parque eólico, en el caso de un parque eólico con, por ejemplo, 10 a 20 instalaciones.

Otro aspecto de la regulación del parque eólico, según la invención, es la puesta a disposición de la potencia de reserva con un nivel porcentual, por ejemplo, 10 % de la potencia actual disponible del parque eólico, o con una magnitud fija, por ejemplo, 500 kW a 1 MW o más por parque eólico. Esta potencia de reserva no se ha de confundir con una potencia del parque que supere la potencia de conexión de la red del parque eólico. En el caso de la potencia de reserva se trata principalmente de una reserva de potencia (esta incluye tanto la potencia activa como la potencia reactiva) que no se supera en el intervalo de la potencia de conexión de la red. Esta potencia de reserva puede ser fijada por el operador de la red pública de suministro eléctrico. Es decir, si hay suficiente viento para alimentar la potencia de conexión de la red del parque eólico a la red, la empresa de suministro eléctrico puede garantizar, sobre la base de la actuación de control, descrita antes, en el parque eólico, que esta potencia, teóricamente posible, no se alimente en su totalidad y que una parte de esta potencia se mantenga disponible como potencia de reserva. Un aspecto particular de esta potencia de reserva es que en caso de un fallo inesperado de la potencia de la central eléctrica (en otras zonas de alimentación de la red), la red se puede estabilizar al solicitarse la potencia de reserva correspondiente.

Por consiguiente, en el caso del control central del parque eólico mencionado antes, la potencia alimentada es menor en condiciones normales que la potencia, que va a poner a disposición el parque eólico (potencia máxima disponible), en dependencia de la respectiva demanda de potencia en la red.

Para poder realizar este control de potencia descrito arriba, el operador de la red necesita también los datos descritos arriba, tales como la velocidad del viento, el estado de la instalación del parque eólico (el número de instalaciones en funcionamiento, fuera de funcionamiento o dañadas) y preferentemente también el suministro máximo posible de potencia activa. A este respecto, como suministro máximo posible de potencia activa se puede aplicar la limitación de que este se ha de poner a disposición en forma de datos solo si no es posible determinarlo a partir de la velocidad del viento y del estado de la instalación.

Para el control del parque eólico, así como para el suministro de datos a la empresa de suministro eléctrico se utiliza un sistema de bus normal, por ejemplo, también un sistema de bus estandarizado. Para tales sistemas de bus estandarizados, por ejemplo, un sistema de profibus, ya existen interfaces estandarizadas, por lo que mediante instrucciones de control estandarizadas de manera correspondiente se puede realizar también el control central del parque eólico.

De manera complementaria a lo anterior, se puede prever también que el parque eólico se trate a partir de una potencia prediseñada, por ejemplo, una potencia total superior a 50 MW, como una central eléctrica de gran escala y tenga que cumplir también las condiciones de las centrales eléctricas de gran escala.

Por último, se puede prever también que el parque eólico se regule de modo que no se supere el valor de conexión de la red (la capacidad de conexión de la red).

Finalmente, en el momento de la conexión/arranque del parque eólico se ha de garantizar que no se generen repercusiones no deseadas sobre la red. Por ejemplo, la corriente durante la conexión/arranque de un parque eólico no podrá ser mayor que un valor predeterminado de la corriente nominal que corresponde a la capacidad de conexión. Tal valor puede estar situado, por ejemplo, en el intervalo de 1,0 a 1,4.

Si la frecuencia en la red pública de suministro eléctrico aumenta, se deberá garantizar en este caso, como ya se describió, que a partir de un valor de frecuencia determinado, por ejemplo, a partir de 50,25 Hz (con una frecuencia nominal de 50 Hz) se reduzca automáticamente la potencia activa suministrada del parque eólico hasta que la frecuencia de la red se vuelva a estabilizar en un valor descrito arriba.

Por tanto, el parque eólico se ha de poder operar también siempre con un suministro de potencia reducido para poder cumplir los requerimientos de la red. Esta regulación del parque significa también que la potencia suministrada (en particular la potencia activa) se puede reducir a cualquier valor en cada estado operativo y desde cada punto operativo.

Así, por ejemplo, se puede limitar la potencia de alimentación por debajo de la potencia de alimentación disponible, si existen peligros para un funcionamiento seguro del sistema, si se temen cuellos de botella o el peligro de sobrecarga en redes situadas delante, si existe el peligro de formación de una red aislada, si está en peligro la estabilidad estática o dinámica de la red, si el aumento de la frecuencia puede poner en peligro todo el sistema de la red y si es necesario realizar también, por ejemplo, trabajos de reparación u otras operaciones de parada, condicionadas por el funcionamiento, en la empresa de suministro eléctrico.

Además del suministro de potencia activa, que se ha descrito y que se ha de ajustar en caso necesario, se debe poner a disposición también una potencia reactiva determinada, pudiéndose ajustar la misma también a solicitud de la empresa de suministro eléctrico, específicamente tanto en el intervalo inductivo como capacitivo, o sea, subexcitado y sobreexcitado. A tal efecto, la empresa de suministro eléctrico podrá predeterminar los valores respectivos.

El valor nominal de la potencia reactiva, puesta a disposición, se puede ajustar de manera variable, predefiniéndose el valor nominal en el nudo de conexión de la red para el factor de potencia (cos phi) o una magnitud de tensión. Puede estar predefinido también un valor nominal fijo.

Como se describió antes, el suministro de potencia se reduce y/o el parque eólico se separa completamente de la red, si se superan o no se alcanzan valores de frecuencia determinados en la red. Así, por ejemplo, puede estar

previsto desconectar el parque eólico de la red al no alcanzarse una frecuencia de red de 48 Hz aproximadamente (con una frecuencia de red de 50 Hz) o en caso de 51 a 52 Hz. En presencia de valores por debajo del intervalo previsto puede estar previsto también dentro de los límites del intervalo que solo se alimente una parte de la potencia actual disponible, por ejemplo, aproximadamente 80 a 95 % de la potencia actual disponible.

Si la tensión de la red cayera también por debajo de un valor predeterminado, se aplica lo mismo que en el caso de la diferencia de frecuencia de red. Es decir, que al no alcanzarse o al superarse una tensión de red predeterminada en el valor determinado se realiza primero un suministro de potencia reducido y al no alcanzarse o al superarse determinados valores límites de la tensión de red, las instalaciones se separan completamente de la red o al menos la potencia alimentada se lleva a cero.

Por último, puede estar previsto también que al alcanzarse determinados valores de tensión de red y/o de frecuencia de red se realice una desconexión fiable del parque eólico, sin llevarse a cabo previamente un suministro de potencia reducido.

Esto significa al mismo tiempo también que en caso de determinadas diferencias de frecuencia/diferencias de tensión dentro de un intervalo predeterminado alrededor de la frecuencia de red/tensión de red no se permite una separación automática del parque eólico de la red.

Por último, puede estar previsto también para proteger la red que el tiempo de desconexión al superarse el valor de tensión sea claramente menor (por ejemplo, 50 a 200 milisegundos) que en caso de la protección de reducción de tensión (tiempo de desconexión superior a 1 segundo, con preferencia 2 a 6 segundos aproximadamente). El tiempo de desconexión al superarse o al no alcanzarse el valor límite predeterminado, permisible aún, de la frecuencia superior o la frecuencia inferior está situado aquí aproximadamente en el intervalo del tiempo de desconexión cuando se supera la tensión (por encima de un valor de tensión predeterminado).

Por último, cuando se produce un fallo en la red, por ejemplo, un cortocircuito, no se deberá realizar siempre de inmediato una separación automática del parque eólico de la red, sino que el parque eólico se podrá controlar también de modo que en dependencia de la conexión de red, este seguirá alimentando a la red para contribuir a la potencia de cortocircuito como potencia aparente y poder seguir apoyando así de cierta manera a la red. Esto significa que el parque eólico ha de suministrar al menos dentro de un cierto tiempo de duración de un cortocircuito, como máximo solo algunos segundos, la corriente aparente máxima posible (potencia aparente) que corresponde, por ejemplo, a una vez o hasta 1,5 veces la corriente que equivale a la capacidad de conexión de la red.

El comportamiento, descrito antes, se puede hacer dependiente también del nivel de la tensión nominal, por ejemplo, si esta supera un valor predeterminado, por ejemplo, superior a 50 kV.

Con el fin de poder realizar oportunamente las desconexiones, descritas antes, se ha de instalar, por ejemplo, un relé de protección (relé de protección de distancia) para su implementación en el nudo de conexión de red.

Por último, deberán estar previstos medios que sincronicen la tensión en la red y en el parque eólico durante el arranque del parque eólico, porque las tensiones asincrónicas pueden dañar considerablemente la red y provocar su desconexión cuando el parque eólico se vuelve a poner en marcha.

Siempre que, según la presente solicitud, la potencia se regule por debajo de un valor de la potencia, que ha de ser puesta a disposición actualmente por un parque eólico, esto se puede implementar con ayuda de distintas medidas.

Así, por ejemplo, la potencia se puede reducir en total para cada instalación individual con el fin de que todo el parque eólico asuma el valor de potencia reducido deseado. Sin embargo, puede estar previsto también alternativamente reducir el valor de la potencia alimentada solo de instalaciones individuales, por lo que todo el valor de la potencia alimentada del parque eólico vuelve a asumir el valor deseado.

Por último, se puede prever también que, por ejemplo, una potencia determinada, puesta a disposición por el parque eólico, se almacene temporalmente en los llamados dumploads (resistores) o en otros dispositivos de almacenamiento de energía o se transforme en calor o en otra forma de energía para que el valor de alimentación del parque eólico asuma el valor deseado.

La reducción de la potencia se puede llevar a cabo también al desconectarse completamente de la red una planta o determinadas plantas de energía eólica, de modo que toda la potencia del parque eólico (en particular la potencia

activa) se puede ajustar a su vez al valor deseado y/o cae por debajo del valor deseado.

Para transmitir los datos del parque eólico (datos del viento, datos de estado, datos de potencia, etc.) o para controlar el parque eólico puede estar previsto también un dispositivo de comunicación inalámbrico, de modo que es posible transmitir y procesar de manera inalámbrica los datos de control o los datos de información.

En el caso de la regulación del parque eólico, mencionada antes, se ha de prever además que dentro del parque eólico se determine también el valor, que se puede poner a disposición como energía máxima, y que a continuación se determine también la cantidad de energía alimentada a la red, de modo que a partir de la diferencia, que se debe esencialmente al control del parque eólico por parte de la empresa de suministro eléctrico, se puede calcular un importe de remuneración de alimentación que se reembolsa, si es necesario.

Como ya se describió, no solo es posible que la empresa de suministro eléctrico, que opera la red de suministro eléctrico, pueda limitar o restringir la potencia del parque eólico o de plantas de energía eólica individuales con el acceso a través de una línea de control por distintas razones (protección de la red, servopotencia), sino que es posible también que el operador de la red pública de suministro eléctrico reciba simultáneamente datos sobre el estado del parque eólico, por ejemplo, datos sobre la potencia máxima disponible, la velocidad del viento, etc. Dado que una limitación de la potencia por debajo de la potencia actual disponible no permite un aprovechamiento óptimo del parque eólico o de las plantas de energía eólica de un parque eólico, esto provoca pérdidas de alimentación a los operadores de plantas de energía eólica. Por tanto, según la invención se propone aquí también prever un contador de corriente virtual que detecta la diferencia con respecto a lo que no se toma debido a la participación de la empresa de suministro eléctrico en la regulación y, por tanto, en la limitación de la potencia del parque eólico o de la planta de energía eólica. Tal “contador de corriente virtual” puede determinar, por una parte, sobre la base de la velocidad del viento la potencia que se va a poner a disposición, y si la empresa de suministro eléctrico o cualquier otra entidad regula la potencia de plantas de energía eólica individuales o de todo un parque eólico por debajo de la potencia que se puede poner a disposición, se puede determinar (contar) mediante una operación de integración la cantidad de energía que no se alimenta a la red. El contador de corriente virtual permite que el operador de la planta de energía eólica pueda recibir una remuneración también por la “corriente virtual”, o sea, la corriente que no se alimenta debido a la participación en la regulación del suministro eléctrico. El “contador de corriente virtual” puede estar instalado tanto en el lado del operador de la planta de energía eólica, en las propias plantas de energía eólica dentro del parque eólico, en la empresa de suministro eléctrico o también en el lado del fabricante de las plantas de energía eólica.

Siempre que en la presente solicitud se utilice el término planta de energía eólica, este es un sinónimo del término parque eólico. Siempre que en la presente solicitud se describan distintos aspectos de la invención, estos se pueden implementar en combinación con las plantas de energía eólica o su control. No obstante, es posible también implementar y reivindicar de manera individual los diferentes enfoques según la invención, sin los demás aspectos de la invención, aunque en la presente solicitud se describan conjuntamente con regularidad distintos aspectos de la invención. De todos modos, para el experto en la materia va a quedar claro que distintos aspectos de la invención se pueden implementar y reivindicar también de manera diferente y que su descripción conjunta no significa que se tengan que implementar y reivindicar siempre todos juntos.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el funcionamiento que apoya a la red de un parque eólico, compuesto de varias plantas de energía eólica (1-3), estando conectado el parque eólico a una red de suministro eléctrico (6), a la que se alimenta la potencia eléctrica producida por el parque eólico, y disponiendo el parque eólico y/o al menos una de las plantas de energía eólica del parque eólico de una entrada de control mediante la que se puede ajustar la potencia eléctrica del parque eólico o de una o varias plantas de energía eólica individuales en un intervalo de 0 a 100 % de la respectiva potencia que se va a poner a disposición, en particular la potencia nominal, y que está previsto un dispositivo de procesamiento de datos (20) que está conectado a la entrada de control y mediante el que se ajusta el valor de ajuste en el intervalo de 0 a 100 %, en dependencia de la magnitud de la potencia que pone a disposición todo el parque eólico en su salida para la alimentación a la red eléctrica, **caracterizado porque** el operador (ESE) de la red de suministro eléctrico, a la que está conectado el parque eólico, ajusta la potencia suministrada por el parque eólico mediante la entrada de control y por consiguiente el parque eólico se controla por el operador de la red pública (ESE) apoyando a la red.ESEESEESEESEESEESE.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la potencia suministrada por el parque eólico a la red se regula o ajusta en dependencia de la frecuencia de red de la red eléctrica.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la potencia suministrada por el parque eólico, alimentada a la red se reduce si la frecuencia de red de la red eléctrica sobrepasa o queda por debajo de un valor predeterminado.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la potencia alimentada de la planta de energía eólica se reduce si la frecuencia de red se sitúa algo más del 3 ‰, preferentemente 6 ‰ por encima o por debajo de su valor nominal.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la tensión se detecta en al menos un punto predefinido (22, 27) en la red.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la tensión se detecta en un punto (22, 27) distinto del punto de alimentación.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los valores que se van a ajustar para el ángulo de fase φ se derivan de valores característicos predefinidos.

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la regulación puede provocar directa o indirectamente el accionamiento de un dispositivo de conmutación en la red.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para zonas parciales de la red (6, 7) se efectúan de forma separada detecciones de tensión y regulaciones correspondientes mediante el ángulo de fase φ.

10. Procedimiento para el funcionamiento que apoya a la red de un parque eólico según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** junto al suministro de potencia activa que se va a ajustar a través de la entrada de control en el intervalo de 0 – 100 %, el parque eólico también puede poner a disposición una potencia reactiva determinada, que se puede ajustar tanto en el intervalo inductivo, como también en el capacitivo, es decir, de forma subexcitada y sobreexcitada, y predefiniéndose los valores predefinidos para ello por la ESE.

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en el caso de una perturbación en la red, por ejemplo en el caso de un cortocircuito, no siempre se realiza inmediatamente una separación automática del parque eólico de la red, sino que el parque eólico se puede controlar de modo que, según la conexión de red, todavía alimenta a la red una contribución a la potencia de cortocircuito como potencia aparente y el parque eólico proporciona la mayor corriente aparente posible (potencia aparente) al menos durante un cierto tiempo durante la duración de un cortocircuito, no obstante, como máximo solo durante algunos pocos segundos.

12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para la transmisión de datos de los datos del parque eólico o para el control de parque eólico está previsto un disposición de

comunicación inalámbrico, de modo que los datos de control de la red de suministro eléctrico, como también los datos de información del parque eólico se transmiten de forma inalámbrica al operador de la red de suministro eléctrico.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** está previsto un contador de corriente virtual que detecta la diferencia con respecto a lo que no se toma debido a la participación de control del operador (ESE) de la red de suministro eléctrico en la regulación y, por tanto, en la limitación de la potencia del parque eólico.

14. Parque eólico con al menos una planta de energía eólica (1-3) para la ejecución del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, presentando la planta de energía eólica un rotor y un generador eléctrico acoplado con el rotor para el suministro de potencia eléctrica a una red eléctrica, **caracterizado por** un dispositivo de regulación con un sensor de frecuencia para la medición de la frecuencia de la tensión (corriente) eléctrica aplicada en la red, **porque** la potencia suministrada por el parque eólica a la red se puede ajustar en dependencia de la frecuencia de red medida por el sensor de frecuencia y a través de la entrada de control por parte del operador (ESE) de la red de suministro eléctrico (6) y/o al menos una de las plantas de energía eólica del parque eólico dispone de una entrada de control mediante la que se puede ajustar la potencia eléctrica del parque eólico o de una o varias plantas de energía eólica individuales en un intervalo de 0 – 100 %, en particular la potencia nominal, y **porque** está previsto un dispositivo de procesamiento de datos (20) que está conectado a la entrada de control y mediante el que se puede ajustar el valor de ajuste de la potencia en el intervalo de 0 a 100 %, según la magnitud de la potencia que pone a disposición todo el parque eólico en su salida para la alimentación a la red eléctrica, y ajustando el operador (ESE) de la red de suministro eléctrico, a la que está conectado el parque eólico, la potencia suministrada por el parque eólico mediante la entrada de control y controlándose por consiguiente el parque eólico por el operador de la red de suministro pública (ESE) apoyando a la red.

15. Parque eólico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
**caracterizado porque** la potencia mecánica de la planta de energía eólica se reduce en tanto que las palas de rotor se ponen al viento.

16. Parque eólico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
**caracterizado porque** la planta de energía eólica no suministra potencia eléctrica alguna a la red si la frecuencia de red sobrepasa o queda por debajo de un valor predefinido de su valor nominal, preferentemente el 2 % de su valor nominal.

17. Parque eólico en particular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
**caracterizado porque** para el caso de que la tensión en la red de suministro de energía baja a un valor por debajo de la tensión nominal, p. ej. a un valor del 70 al 90 % del valor de tensión de red y el parque eólico se separa de la red en el intervalo de tiempo predefinido muy corto, p. ej. entre 2 y 6 segundos.

18. Parque eólico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
**caracterizado porque** el aumento o disminución de la potencia del parque eólico está limitado a un valor de aproximadamente el 5 al 15 %, preferentemente 10 % de la capacidad de conexión de red del parque eólico por minuto.

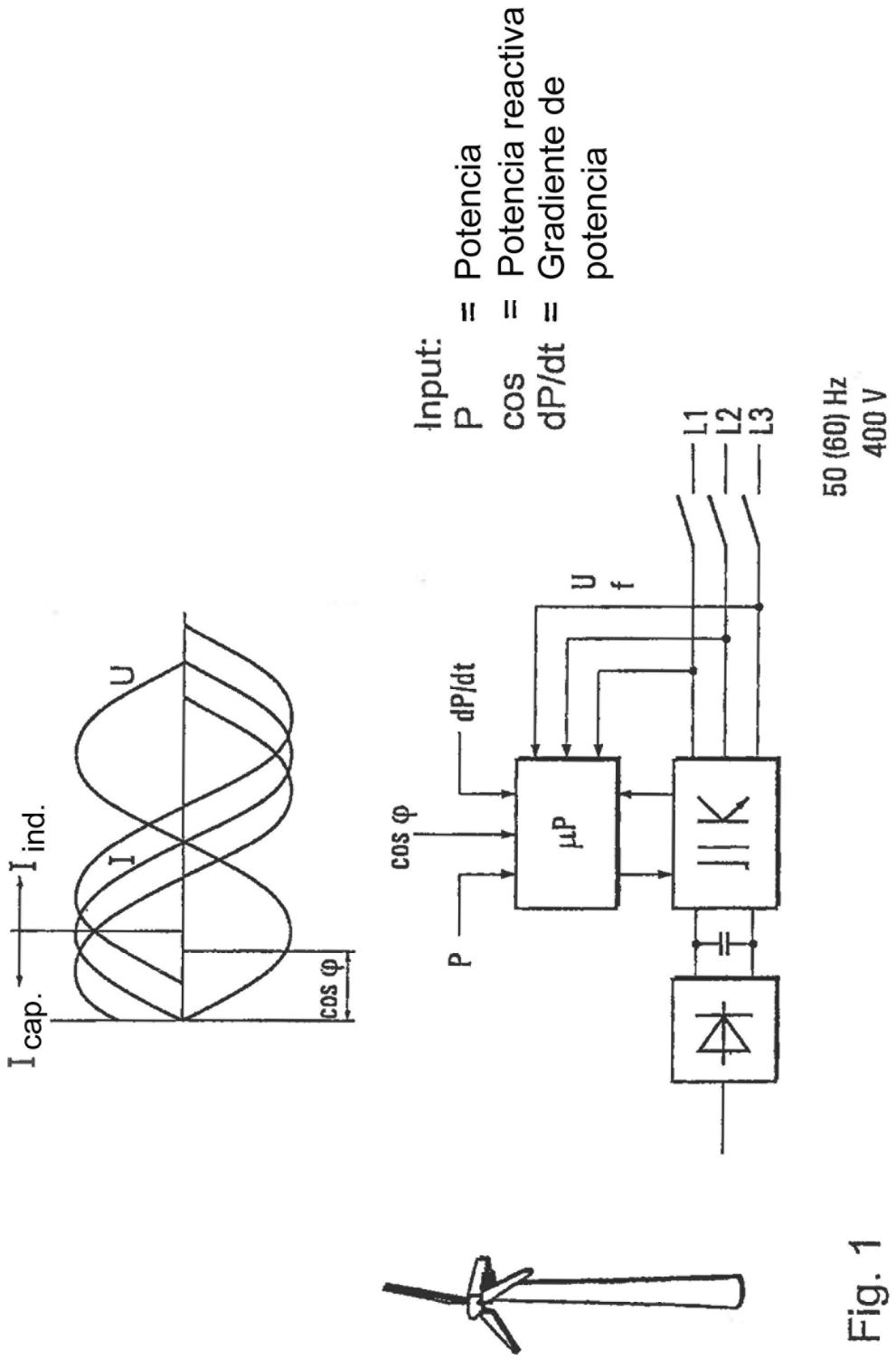

I cap.
I ind.
U
I
cos φ
cos φ
dP/dt
P
μP
U
f
L1
L2
L3
Input:
P = Potencia
cos = Potencia reactiva
dP/dt = Gradiente de potencia
50 (60) Hz
400 V

Fig. 1

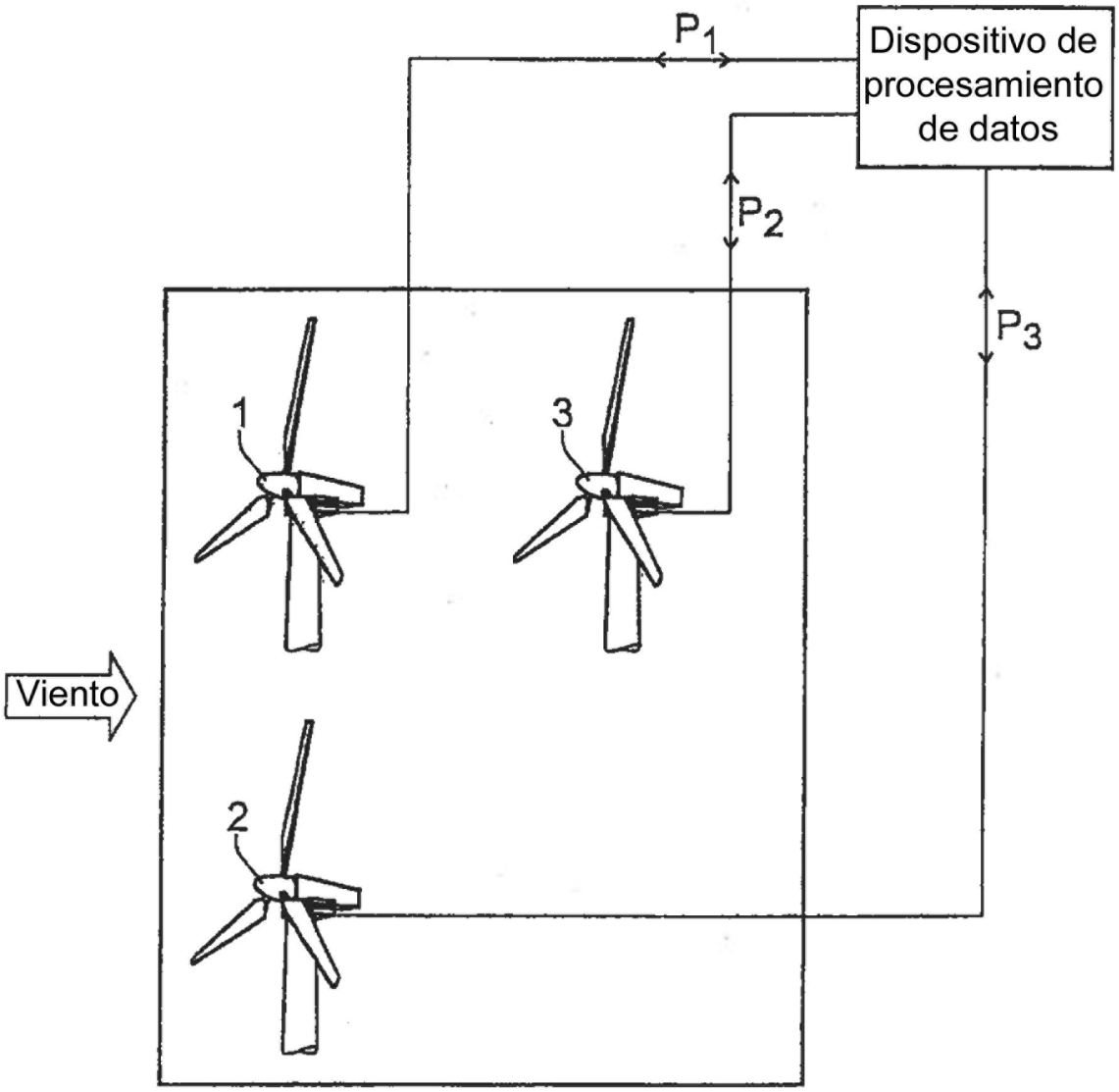



Fig. 2

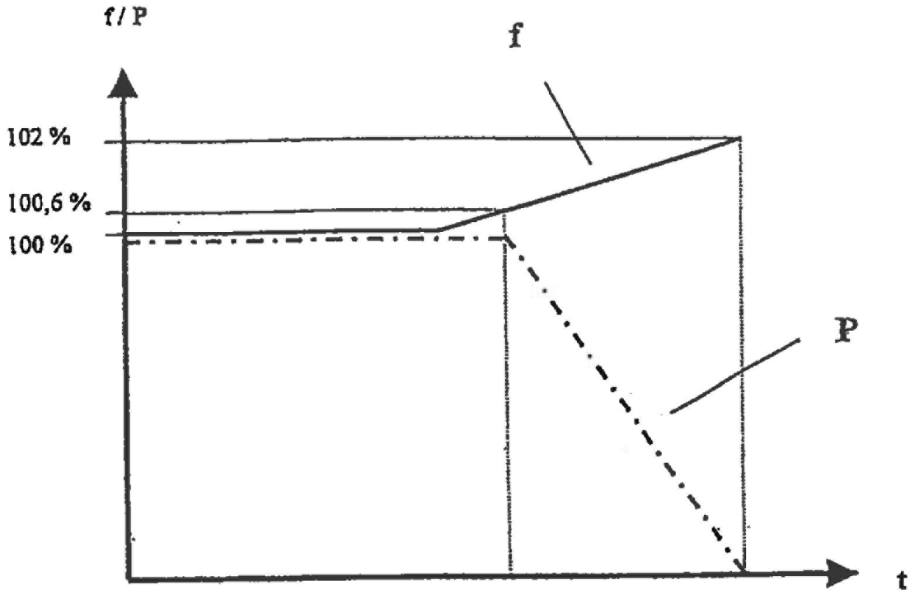



Fig. 11

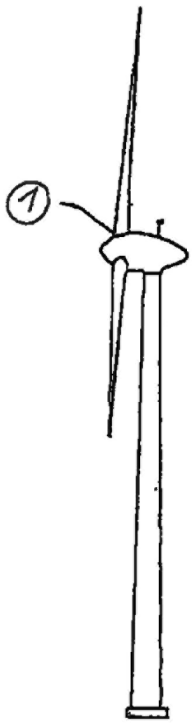



Fig.12

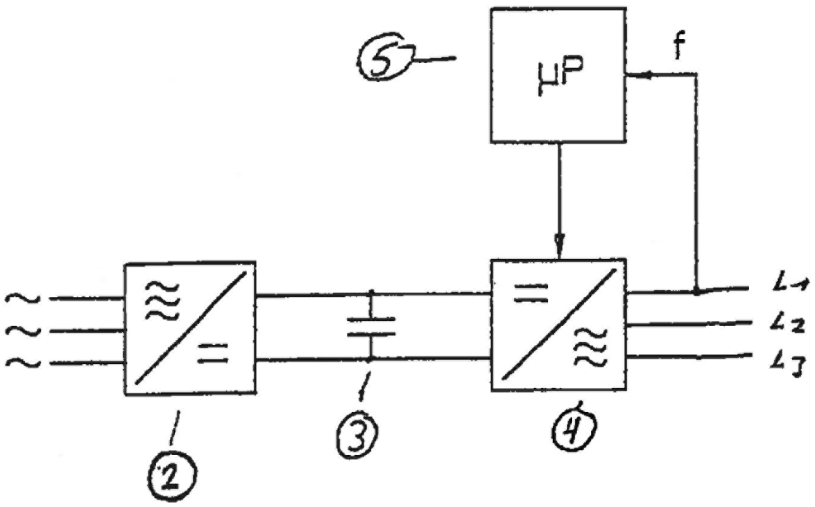



Fig.13

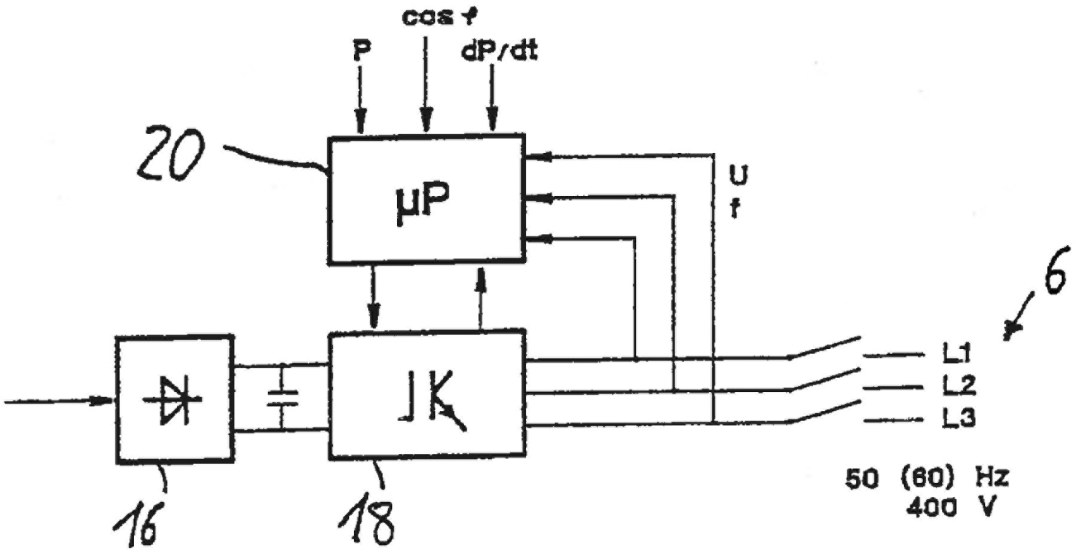



Fig.14

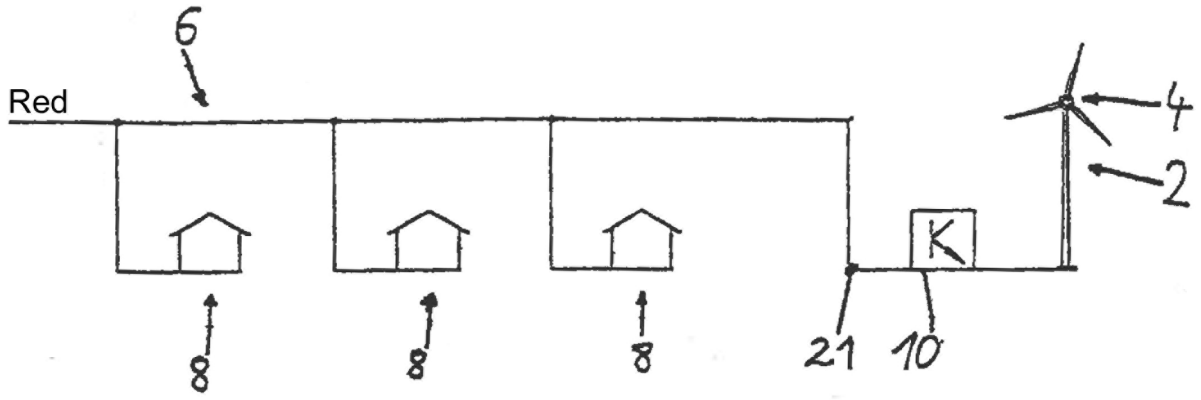



Fig.15

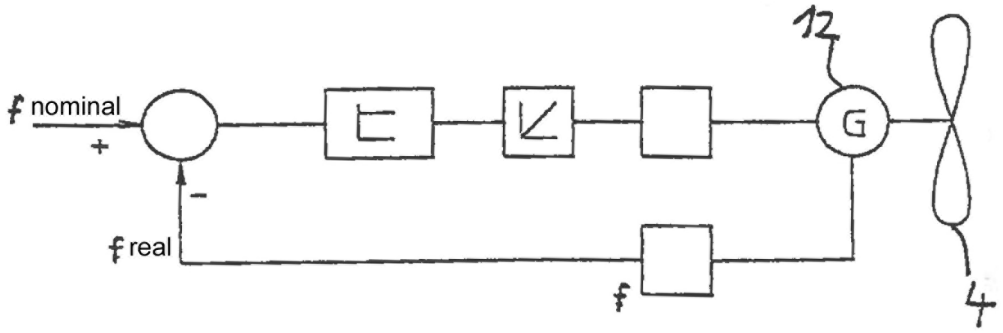



Fig. 16

Fig.21

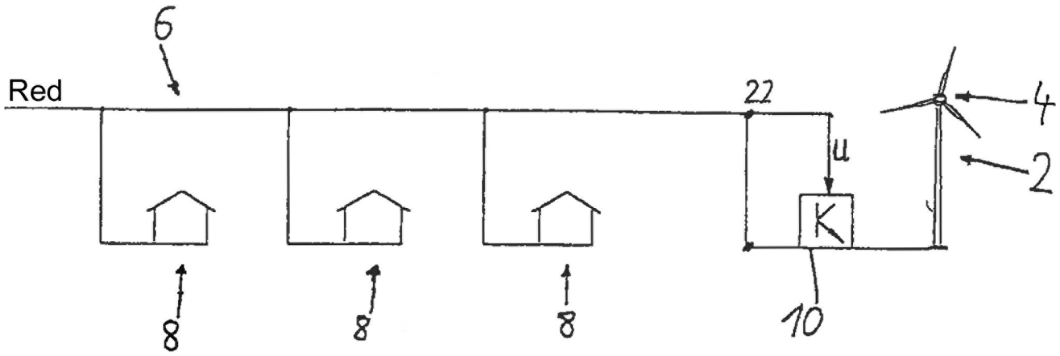



Fig.22

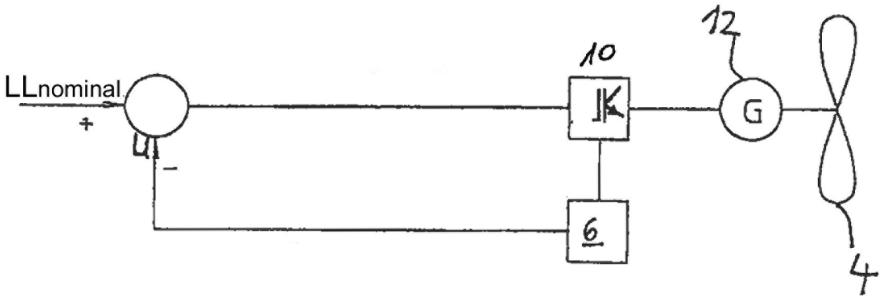
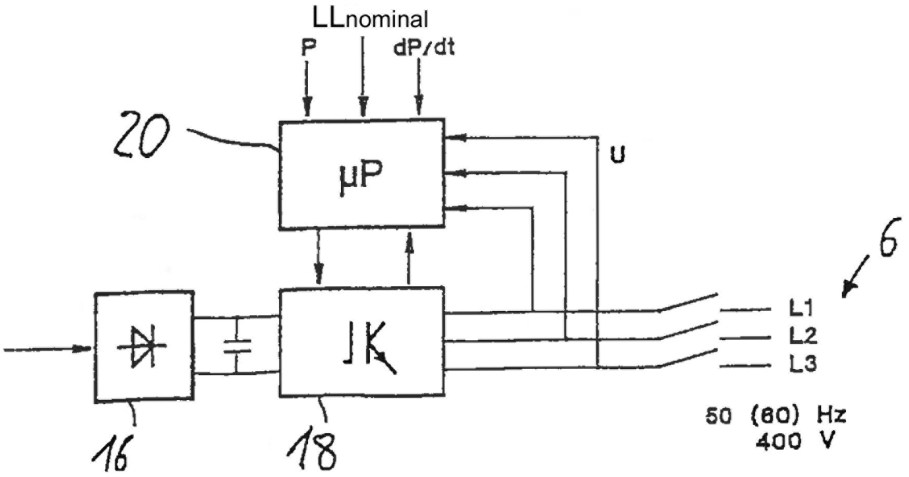



Fig.24



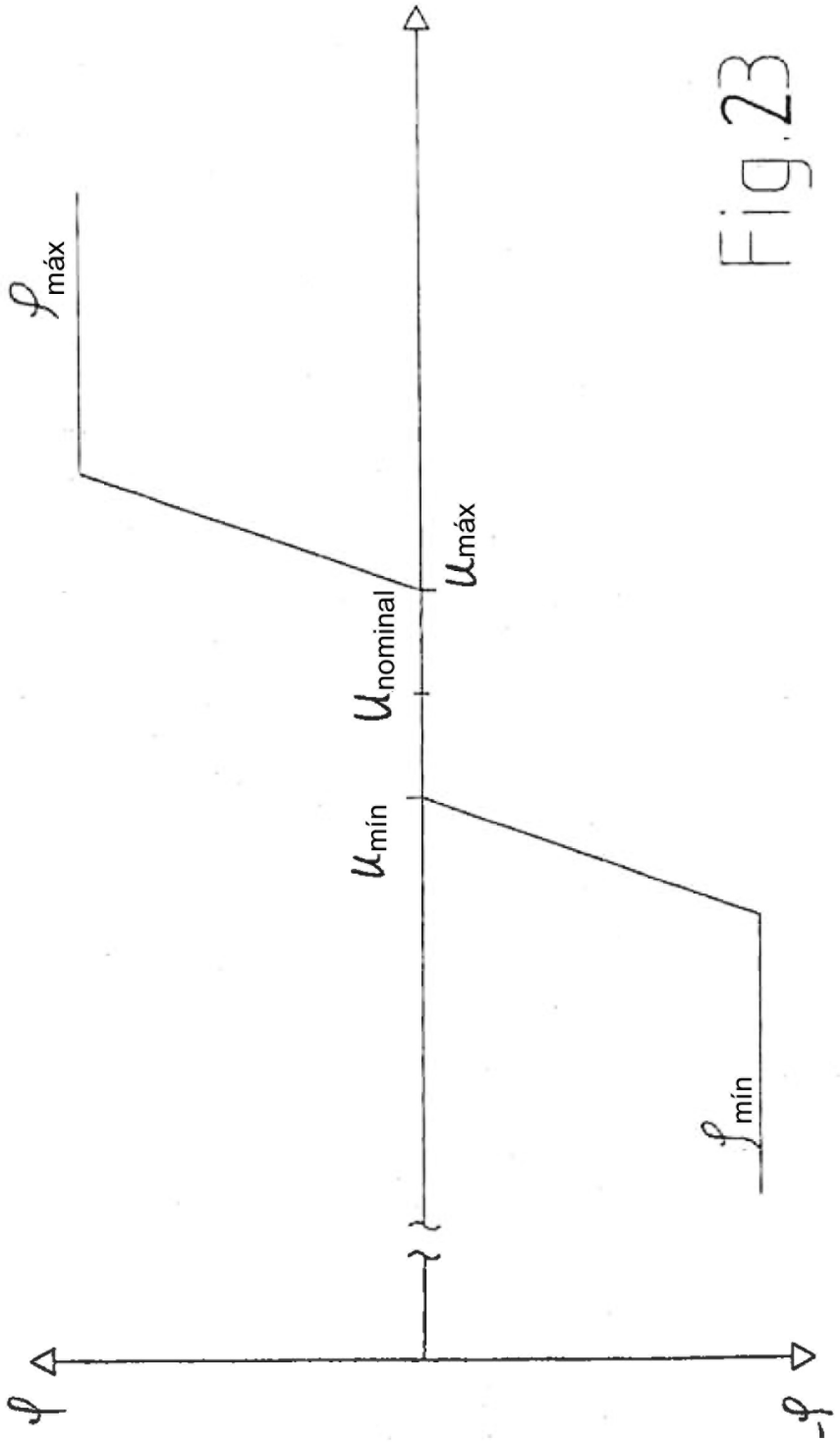



Fig.23

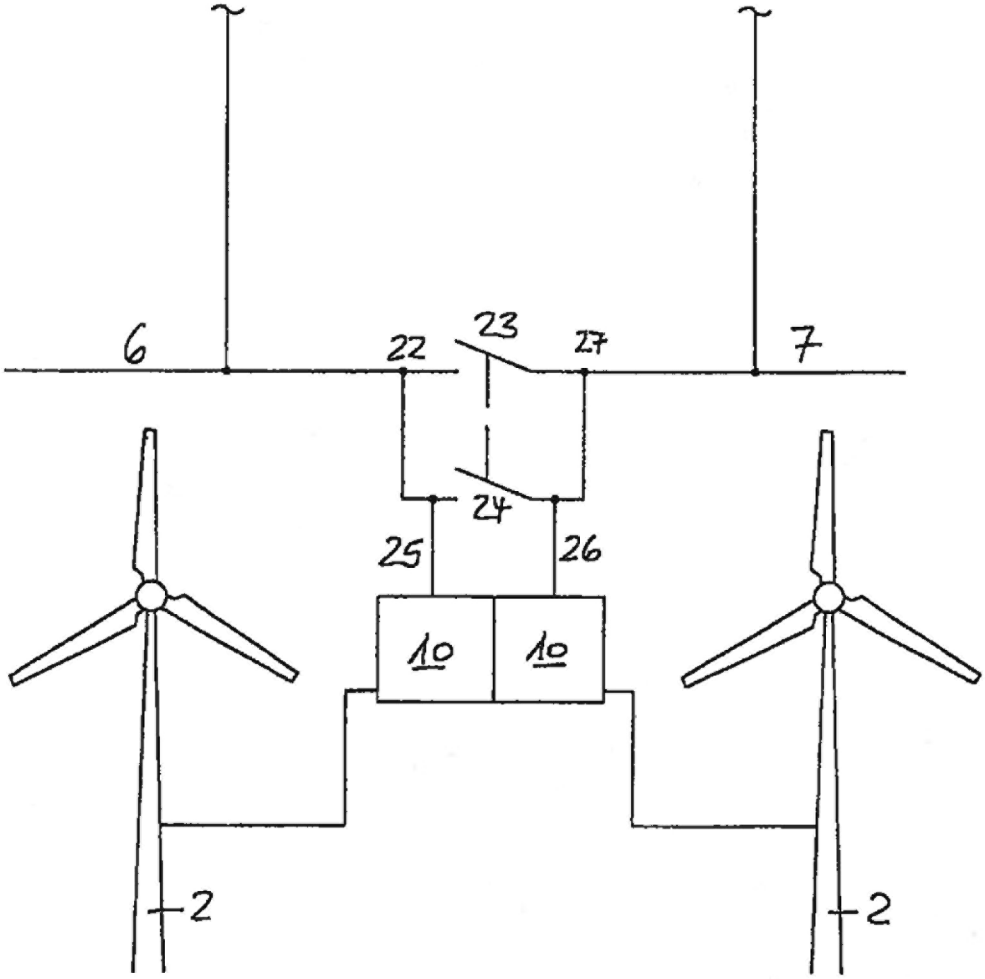



Fig.25