



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 354 158**

(51) Int. Cl.:

F03D 9/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **04765639 .2**

(96) Fecha de presentación : **27.09.2004**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1668245**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **14.06.2006**

(54) Título: **Instalación de energía eólica con un módulo de potencia reactiva para el soporte de la red y procedimiento asociado.**

(30) Prioridad: **25.09.2003 DE 103 44 392**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.03.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.03.2011

(73) Titular/es: **REPOWER SYSTEMS AG.**
Alsterkrugchaussee 378
22335 Hamburg, DE

(72) Inventor/es: **Fortmann, Jens y**
Letas, Heinz-Hermann

(74) Agente: **Carpintero López, Mario**

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

La invención se refiere a una instalación de energía eólica con un rotor, un generador accionado por éste, que genera potencia eléctrica y la entrega a una red eléctrica, y una unidad de control que controla el funcionamiento de la instalación de energía eólica y presenta un módulo de potencia reactiva.

Las instalaciones de energía eólica tienen cada vez más aceptación. Con frecuencia no se colocan solas sino que se reúnen en así denominados parques eólicos. La capacidad de la central eléctrica alimentada por las instalaciones de energía eólica es considerable. Por ello se pasa a conectar las instalaciones de energía eólica no en redes de distribución en el rango de media tensión, sino de forma creciente conectarlas directamente a la red de transporte en el rango de alta y muy alta tensión. Esto conlleva exigencias modificadas en la relación de la instalación de energía eólica con caídas de tensión. Al contrario que las centrales eléctricas conectadas en redes de distribución, las centrales eléctricas conectadas a redes de transporte no pueden separarse de la red durante una caída de tensión momentánea. Deben soportar la red durante una caída de tensión, por ejemplo, debida a un cortocircuito, y deben inyectar potencia activa en la red. En otro caso podría producirse una situación crítica para la red que podría conducir a una bajada de la frecuencia en la red y a la sobrecarga de los medios de funcionamiento y finalmente a la desconexión de todas las centrales eléctricas. Pero un requisito para la inyección de potencia activa es que en la red todavía se mantenga un nivel de tensión suficiente. Si baja demasiado la tensión en la red, así debería aumentarse en la misma medida la corriente según la relación conocida según la cual la potencia eléctrica es proporcional al producto de tensión e intensidad, para que todavía se pueda inyectar la misma potencia activa en la red. Dado que la corriente no puede aumentarse a voluntad debido al diseño de las centrales eléctricas, hay un valor límite crítico para la tensión; bajo este valor no es posible inyectar la potencia deseada a la red.

Se conoce elevar el nivel de tensión en el punto de interconexión entre central eléctrica y red mediante inyección de la corriente reactiva capacitiva, siempre y cuando el cortocircuito que ha provocado el fallo de la línea se encuentre a una distancia consabida del punto de interconexión. Los operadores de la red dan por ello a los operadores de las centrales eléctricas especificaciones consabidas respecto a la inyección de corriente reactiva en el caso de disminuciones de tensión. Una especificación semejante puede realizarse en la forma de la curva característica representada en la fig. 6. Así del documento DE-A-100 19 362 se conoce un procedimiento para la regulación de la potencia activa suministrada a la red, en el que adicionalmente se puede inyectar potencia reactiva para el soporte de la tensión de la red. Para que con ello no se supere la corriente global permitida está previsto reducir en caso necesario la potencia activa entregada.

Además, del documento GB-A-2 330 256 se conoce un procedimiento para la operación de parques eólicos en redes débiles, en el que para evitar un aumento crítico de la tensión con carga débil de la red está previsto bajar la potencia activa entregada por el parque eólico. No se describe como se realiza un soporte cuando baja la tensión de la red. Además, se conocen procedimientos de regulación que prevén una limitación pura de la corriente (DE-A-101 38 399). Adicionalmente pueden determinarse otros parámetros como un valor de una corriente a inyectar o del factor de potencia. Esto sirve en primer lugar para la protección ante sobrepasamientos de valores límite respecto a la corriente inyectada, no se describe el mantenimiento de un nivel determinado de tensión o corriente.

Finalmente, del documento DE-C-100 59 018 se conoce un procedimiento para la regulación de potencia de instalaciones de energía eólica, que prevé la inyección de una potencia aparente lo más constante posible. Como valor de entrada está prevista una especificación de una potencia activa deseada, por lo que el regulador ajusta luego una potencia reactiva correspondiente para el mantenimiento constante de la potencia aparente. La facilitación de una potencia aparente constante tiene la desventaja de que en los momentos con una carga débil de la red se inyecta una cantidad elevada de potencia reactiva. Esto puede conducir a influencias negativas indeseadas al valor de la tensión de red.

La corriente máxima suministrable por la instalación de energía eólica está limitada por los límites de funcionamiento de los componentes. Esto conduce a dificultades en el diseño. Si la instalación se diseña de forma que ya en el caso de una pequeña disminución de la tensión inyecta una corriente reactiva realmente elevada en la red, así sólo queda a disposición poca corriente activa y por consiguiente poca potencia activa. Si por el contrario la instalación se diseña de forma que en el caso de una disminución de la tensión inyecta sólo poca corriente reactiva en la red, queda a disposición suficiente corriente activa, no obstante, a la red se le apoya sólo en pequeña medida.

Partiendo del estado de la técnica mencionado en último lugar, la invención tiene el objetivo de mejorar una instalación de energía eólica del tipo mencionado al inicio, de forma que evite las desventajas de una regulación de la potencia aparente y en particular presente un mejor comportamiento para el soporte de la red en el caso de disminuciones de tensión.

La solución según la invención se encuentra en las características de las reivindicaciones independientes. Ampliaciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

Según la invención una instalación de energía eólica está prevista con un rotor, un generador accionado por

éste, que genera potencia eléctrica y la entrega a una red eléctrica, y una unidad de control que controla el funcionamiento de la instalación y presenta un módulo de control de la potencia reactiva, de forma que la unidad de control presenta un dispositivo de determinación para una potencia activa mínima de seguridad y está previsto un dispositivo de limitación que está unido con el dispositivo de determinación y el módulo de control de la potencia reactiva y actúa de forma que como máximo se genera tanta potencia reactiva que todavía queda a disposición la potencia activa mínima de seguridad.

A continuación se explican algunos conceptos utilizados.

Bajo un generador se entiende una máquina que convierta la energía mecánica en energía eléctrica. El concepto no se limita a máquinas de corriente continua convencionales, sino que comprende también generadores para corriente alterna monofásica o multifase. Puede tratarse de una máquina síncrona o de una máquina asíncrona. En general el generador comprende también un ondulator, no obstante, no es obligatorio. El ondulator puede estar realizado también como ondulator doble. El ondulator puede estar realizado con diferentes topologías, como por ejemplo, circuito intermedio de tensión, circuito intermedio de corriente, convertidor directo.

Bajo un rotor se entiende una hélice que está realizada con una pala o varias palas. Las palas pueden ajustarse preferiblemente en su ángulo de ataque.

Bajo potencia activa mínima de seguridad se entiende aquella potencia activa que es necesaria para que se mantenga la velocidad de rotación de la instalación de energía eólica, de manera que no abandone una zona de trabajo permitida y que la carga mecánica de la cadena de accionamiento se mantenga por debajo de límites consabidos.

La invención se basa en la idea de controlar la instalación de energía eólica, de forma que en el caso de una disminución de la tensión contribuya lo máximo posible a la estabilización de la red, mientras que determina la necesidad de potencia requerida para su funcionamiento posterior seguro propio y utiliza la potencia sobrante en su totalidad para el soporte de la red. Para ello la invención prevé que mediante un dispositivo de determinación se determine la potencia activa mínima necesaria para el funcionamiento seguro. La regulación está diseñada según la invención de forma que al menos se genera esta potencia activa. Por consiguiente se asegura que la instalación de energía eólica permanece dentro de sus límites de funcionamiento, en particular que la velocidad de rotación del rotor no abandona el rango de trabajo permitido. Ya que si no se generase la potencia activa mínima de seguridad existiría el peligro de que el rotor por ello descargado aumentase su velocidad de rotación más allá del rango de trabajo, por lo que podrían producirse daños en la instalación de energía eólica. El módulo de control de la potencia reactiva está diseñado de forma que la diferencia (vectorial) respecto a la potencia aparente disponible pueda entregarse a la red para el soporte como potencia reactiva. La invención consigue de esta manera que pueda entregarse de forma rápida y en gran cantidad potencia reactiva para el soporte de la red. La potencia aparente que queda a disposición se utiliza gracias a la invención de forma máxima para el soporte de la red, pero sin intentar mantener constante la potencia aparente, por lo cual en el caso de carga débil de la red podría producirse una elevada inyección de potencia reactiva con consecuencias frecuentemente negativas para la calidad de la tensión de red. En el caso de una regulación de la potencia aparente, tal y como se conoce del estado de la técnica, no puede asegurarse condicionado por el principio que la potencia activa no quede por debajo de un valor determinado. Con una regulación de la potencia aparente no puede conseguirse por ello el mantenimiento de una potencia activa mínima de seguridad. Mediante la invención se supera el dilema, que existe en el estado de la técnica, de encontrar un compromiso entre una curva característica plana con bajo soporte de la red o una curva característica vertical con el peligro de que no se genere suficiente potencia activa para un funcionamiento seguro de la instalación, y en este caso proporcionar capacidad de potencia para tener suficiente margen de seguridad. En particular pueden tenerse en cuenta individualmente condiciones actuales de la instalación, ubicación y entorno para el aumento del efecto de soporte.

La determinación de la potencia activa mínima de seguridad puede realizarse de distinta manera. Puede estar previsto determinar directamente la potencia necesaria para ello, o determinar el momento de giro necesario (momento de giro mínimo de seguridad). Por último se vincula directamente a través de la velocidad angular (velocidad de rotación) con la potencia activa mínima de seguridad. El dispositivo de determinación presenta preferiblemente un módulo de reserva de la velocidad de rotación. Este módulo está diseñado para determinar la velocidad de rotación actual del rotor y compararla con los límites del rango de funcionamiento de la velocidad de rotación. Cuanto menor es la distancia entonces más potencia activa debe generarse para impedir un sobrepasamiento del rango de funcionamiento. Preferiblemente existen todavía otros módulos. Para obtener un buen comportamiento dinámico puede estar previsto adicionalmente un módulo de aceleración de la rotación. Éste registra el cambio de la velocidad de rotación y determina de esta manera si, partiendo de la velocidad de rotación actual, es inminente o no un sobrepasamiento próximo del rango de funcionamiento de la velocidad de rotación. Según si se aumenta o disminuye la potencia activa mínima de seguridad necesaria para mantener un funcionamiento estable. Así la potencia necesaria para el funcionamiento de seguridad puede ser incluso cero en determinados puntos de operación. Para la mejora posterior puede estar previsto de manera correspondiente un módulo para el ángulo de pala del rotor.

La facilitación rápida de la potencia reactiva para el soporte de la red y la reducción que le acompaña de la

potencia activa generada a la potencia activa mínima de seguridad representa una carga de choque que puede conducir a una fuerte carga mecánica. Esto es válido en particular luego si en la cadena de accionamiento entre rotor y generador esta dispuesto un engranaje. Mediante una carga de choque semejante pueden excitarse oscilaciones de la cadena de accionamiento. Para amortiguarlas está previsto preferiblemente un módulo de amortiguación de las oscilaciones por choque. Está configurado para intervenir en parámetros eléctricos y dado el caso también mecánicos de la instalación de energía eólica, de forma que se amortiguan las frecuencias propias de la cadena de accionamiento y de las palas del rotor, excitadas por la carga de choque. Para permitir una reacción suficientemente rápida, la constante de tiempo del módulo de amortiguación de las oscilaciones por choque es ventajosamente claramente menor que la de un amortiguador de las oscilaciones en funcionamiento normal existente eventualmente, y es preferiblemente menor de 1/8. Por ello pueden regularse mejor cambios no constantes, como es el caso en la amortiguación de oscilaciones diseñada en la amortiguación de procesos periódicos para el funcionamiento normal. Para no perjudicar innecesariamente el soporte de la red, el módulo de amortiguación de las oscilaciones por choque está configurado convenientemente de forma que sólo utiliza una parte limitada de la potencia activa disponible para la amortiguación de las oscilaciones.

Está previsto preferiblemente un módulo de sobrepasamiento que actúa con los módulos antes mencionados y que permite un sobrepasamiento dependiente del tiempo de los valores límite predeterminados. El módulo de sobrepasamiento presenta para ello en particular un valor límite dinámico y un valor límite estático. Se diseña de forma que en un momento determinado no se puede sobrepasar el valor límite dinámico y luego el valor límite estático (más bajo). El módulo de sobrepasamiento genera así valores límite dependientes del tiempo. Esto permite sobrepasar durante poco tiempo los valores límite para la mejora del comportamiento de funcionamiento de la instalación de energía eólica. Esto es especialmente ventajoso en referencia al módulo de amortiguación de las oscilaciones por choque, ya que éste puede amortiguar entonces, con utilización a corto plazo de los valores límite dinámicos más elevados, de forma rápida las oscilaciones que aparecen por cargas de choque.

En una forma de realización preferida, el módulo de control de la potencia reactiva está realizado como regulador de estado. Esto tiene la ventaja de que puede regularse mejor un sistema multivariante, y éste es el caso típico en una instalación de energía eólica. Esto es ante todo una ventaja considerable con la complejidad creciente de las instalaciones. Un regulador de estado tiene posteriormente la ventaja de que pueden tenerse en cuenta mejor sistemas o componentes de sistemas no lineales o variables en el tiempo. Por consiguiente también el dispositivo de determinación presenta preferiblemente un observador de estado. Con ello puede mejorarse la exactitud en la determinación de la potencia activa mínima de seguridad, en particular si la instalación de energía eólica presenta en su sistema no linealidades y variables en el tiempo.

La invención se refiere además a un procedimiento correspondiente para el control del funcionamiento de una instalación de energía eólica en una red eléctrica con un generador, inyectándose potencia reactiva en la red eléctrica en función de una disminución de la tensión en la red eléctrica, determinándose según la invención una potencia activa mínima de seguridad necesaria para el funcionamiento posterior seguro y limitándose la potencia reactiva generada a un valor tal preferiblemente lo mayor posible, que todavía se genera la potencia activa mínima de seguridad. El procedimiento según la invención se ocupa de que la potencia reactiva inyectada para el soporte alcance un valor lo más elevado posible, hasta que se limita. En referencia a otros detalles y ampliaciones ventajosas es válido lo anterior conforme al sentido.

La invención se explica a continuación en referencia al dibujo adjunto, en el que se representa un ejemplo de realización ventajoso de la invención. Muestran:

- Fig. 1 una vista esquemática de una instalación de energía eólica según la invención, conectada a una red eléctrica;
- Fig. 2 una vista esquemática de una unidad de control de la instalación de energía eólica según la invención;
- Fig. 3 una vista esquemática de un dispositivo de determinación;
- Fig. 4 un plan de actuación de la instalación de energía eólica según la invención;
- Fig. 5 una variante del plan de actuación según la fig. 4; y
- Fig. 6 una curva característica en referencia a la inyección de la corriente reactiva sobre la tensión.

Una instalación de energía eólica según la invención, designada en su totalidad con la cifra de referencia 1, comprende un poste 2 con una carcasa de máquina 3 dispuesta en su extremo superior, con un rotor 4. La instalación de energía eólica 1 está unida con una red eléctrica 6 a través de un dispositivo de conexión 5. La red eléctrica 6 es una red de alta o muy alta tensión que sirve para el transporte a gran distancia de energía eléctrica. El dispositivo de conexión 5 presenta medios de transformación apropiados para elevar la potencia eléctrica suministrada por la instalación de energía eólica 1 a un nivel de tensión apropiado para la inyección a la red 6.

El rotor 4 está alojado de forma móvil en rotación en la cara frontal de la carcasa de máquina 3. El rotor 4 presenta tres palas de rotor 41 dispuestas en un cubo central 40. El ángulo de ataque de las palas del rotor 41 puede cambiarse a través del regulador de ángulo de pala 44. En la carcasa de la máquina están dispuestos, entre otros como grupos constructivos principales, una máquina asíncrona 30, un bloque ondulatorio 31, así como una unidad de control 32. Esta disposición está sólo a modo de ejemplo; se entiende que en formas de realización alternativas también puede ser empleado un generador asíncrono de doble alimentación, un generador síncrono excitado independientemente o permanentemente. El rotor 4 acciona a través de un árbol de accionamiento 42 directa o indirectamente a través de un engranaje (no representado) la máquina asíncrona 30. Convierte la potencia mecánica facilitada por el rotor 4 en potencia eléctrica que se suministra como corriente trifásica al bloque ondulatorio 31. El bloque ondulatorio 31 presenta en su lado de entrada dirigido hacia la máquina asíncrona 30 un ondulatorio 310 pasivo o activo. De éste se conduce la potencia eléctrica a través de un circuito intermedio 311 con un condensador acumulador 312 como tensión continua a un ondulatorio 313. Allí la potencia eléctrica se transforma en una corriente trifásica. Como componentes del ondulatorio se utilizan en particular diodos, tiristores, IGBTs, IGSTs o GTO. Puede estar realizado de doble alimentación. El funcionamiento del bloque ondulatorio 31 se controla por la unidad de control 32. Mediante líneas de control apropiadas (representadas sólo parcialmente) determina la tensión, la corriente, así como la división de la potencia entregada en potencia activa y potencia reactiva. La potencia eléctrica entregada como corriente trifásica por el bloque ondulatorio 31 se suministra a través del dispositivo de conexión 5 a la red eléctrica 6. La tensión así como la posición de fase de la potencia eléctrica entregada se mide y se reconduce al dispositivo de control 32. El convertidor está adaptado de forma apropiada en los tipos alternativos de generadores.

El dispositivo de control 32 comprende un procesador para guiado del funcionamiento 323, un módulo de control de la potencia reactiva 321, así como un dispositivo de limitación 322. El módulo de control de la potencia reactiva 321 sirve para controlar la potencia reactiva entregada por el ondulatorio 31 a la red. El dispositivo de limitación 322 se ocupa de que el valor para la potencia reactiva, emitido por el módulo de control de la potencia reactiva 321, no sobrepase determinados límites. La unidad de control 32 está unida opcionalmente a través de un bus de datos 33 con la unidad de teletransmisión de datos 34. Está configurada para recibir especificaciones y cambios de parámetros de una central situada a distancia y para transmitir a la unidad de control 32, y para transmitir en dirección contraria información sobre el funcionamiento de la instalación de energía eólica a la central situada a distancia.

Según la invención está previsto un dispositivo de determinación 35 para la potencia activa mínima de seguridad. Al dispositivo de determinación de la potencia activa mínima de seguridad se le suministran en una primera rama como valores de entrada la velocidad de rotación (n), su derivación en el tiempo, así como el ángulo de pala. En la fig. 3 está representada más en detalle la estructura del dispositivo de determinación de la potencia activa mínima de seguridad. La velocidad de rotación (n) se evalúa respecto a un valor límite (n límite) y se conduce a través de un primer elemento de tratamiento 351 a un elemento sumador 354. Su señal de salida está delimitada de forma que es como mínimo cero. La derivación de la velocidad de rotación en el tiempo se conduce a través de un segundo elemento de tratamiento 352 con signo contrario al elemento sumador 354. Además, el ángulo de pala y opcionalmente la velocidad del viento y el momento de giro medido en el árbol de accionamiento 42 o en el engranaje (no representado) se conducen a través de un tercer elemento de tratamiento 353 con signo contrario al elemento sumador 354. La suma producida por ellos es una medida de la potencia activa al menos necesaria para mantener un funcionamiento estable. Se da como un primer sumando en un segundo elemento sumador 355. En una segunda rama se determina la potencia activa necesaria para la amortiguación de las oscilaciones por choque. Esto ocurre mediante un cuarto elemento de tratamiento 356. La potencia activa determinada con ello para la amortiguación de las oscilaciones se da como segundo sumando en el segundo elemento sumador 355. Se indica que la segunda rama que se refiere a la amortiguación de oscilaciones por choque no es totalmente necesaria. Mediante la suma se obtiene en la salida del segundo elemento sumador 355 la potencia activa mínima de seguridad. La potencia activa mínima de seguridad se transmite como señal de salida del dispositivo de determinación 35 a la unidad de control 32. Conforme a la conversión $P = M \cdot \omega$ puede realizarse la representación en lugar de con potencia activa también con momentos de giro.

El modo de funcionamiento en el caso de un fallo en la red con disminución de la tensión de la red se describe a continuación en referencia a la fig. 4. Por una unidad para el guiado del funcionamiento de la instalación de energía eólica, no representada, se predetermina un valor nominal de potencia activa (paso 101) y un valor nominal de potencia reactiva (111). De éste puede calcularse por división con la tensión de red, dicho más exactamente con el factor $\sqrt{3}$ de la tensión entre fases en una red de corriente trifásica, el valor nominal para la corriente activa (paso 102), así como para la corriente reactiva (112). Mediante el dispositivo de determinación (35) se determina la potencia activa mínima de seguridad que se produce en el punto actual de funcionamiento (paso 121). De ella se calcula igualmente por división por la tensión de la red la corriente activa mínima de seguridad necesaria (paso 122).

Si se produce ahora un fallo de la red que conduce a una bajada de la tensión de la red, así la instalación de energía eólica 1 tiene que inyectar corriente reactiva para el soporte de la red 6. La cantidad de la corriente reactiva a

inyectar se calcula según las especificaciones del operador de la red. Un ejemplo de ello se da en la fig. 6. Se trata de una relación sencilla entre la disminución de la tensión en la red y la corriente reactiva a inyectar. Se entiende que esta relación puede ser también más compleja, por ejemplo, en forma de una regulación de tensión conocida en sí en el sector de centrales eléctricas, en la que se regula la tensión en la red con la ayuda de la corriente reactiva, de forma que a través de medios de teletransmisión de datos el operador de la red transmite directamente la corriente reactiva a suministrar por la instalación de energía eólica 1. Esta determinación de la corriente reactiva de soporte deseada se realiza en el paso 132. Esta corriente reactiva de soporte representa el límite inferior para la corriente reactiva; si el valor nominal calculado en el paso 112 queda más bajo, así se eleva sobre esta limitación al valor mínimo (paso 113). También es posible realizar especificaciones para una corriente reactiva de soporte deseada adicionalmente mediante una curva característica similar (no representado). A partir del valor nominal de corriente reactiva corregido con ello se calcula una corriente activa máxima permitida que se basa en la corriente aparente (142) (paso 114). Este valor de corriente activa máxima permitida se limita hacia abajo por la corriente activa mínima de seguridad determinada en el paso 122 (paso 123). La corriente activa entregada aquí, que es al menos tan grande como la corriente activa mínima de seguridad, representa un límite superior para el valor nominal de corriente activa calculada en el paso 102 (paso 103). Del así denominado valor nominal limitado de corriente activa se calcula por multiplicación con la tensión de red (paso 106) el valor nominal limitado de potencia activa; por consiguiente se calcula del valor nominal corregido de potencia reactiva igualmente por multiplicación con la tensión de red un valor nominal limitado de la potencia reactiva (paso 116). Este valor se suministra al bloque ondulator 31. Con ello se garantiza un funcionamiento seguro de la instalación de energía eólica 1.

En la fig. 5 está representada una variante en la que la limitación a al menos un valor mínimo de seguridad se realiza en el paso 123'.

Basándose en este valor nominal limitado de potencia activa se calcula de nuevo, teniendo en cuenta la corriente aparente máxima (paso 142), una corriente reactiva máxima permitida en un paso de cálculo 142. Ésta representa el límite superior para la corriente reactiva que puede inyectar a la red la instalación de energía eólica (1) para el soporte. De ello se calcula por multiplicación con la tensión de red el valor nominal limitado de potencia reactiva (paso 116). Este valor se suministra igualmente al bloque ondulator 31.

Por ejemplo, para una instalación de energía eólica con máquina asíncrona de doble alimentación (DASM) puede describirse la cantidad disponible de potencia reactiva en función de la velocidad de rotación del generador con buena alimentación como

$$|Q| = |Q_{Stator}| + |Q_{Rotor}| = \sqrt{(S_{Stator})^2 - (P_{Stator})^2} + \sqrt{(S_{Rotor})^2 - (sP_{Stator})^2}$$

Con

$$s = \frac{n_{sync} - n}{n_{sync}}$$

S_{Stator}	Potencia aparente disponible en la rama del estator
S_{Rotor}	Potencia aparente disponible en la rama del rotor (es decir, en particular convertidor en el lado de la red)
P_{Stator}	Contribución de potencia activa por la rama del estator
Q_{Stator}	Contribución de potencia reactiva por la rama del estator
Q_{Rotor}	Contribución de potencia reactiva por la rama del rotor
s	Deslizamiento
n_{sync}	Velocidad de rotación síncrona
n	Velocidad de rotación del generador

El bloque ondulator 31 ajusta el ondulator 313 mediante estos valores nominales limitados de la potencia activa y valores nominales limitados de la potencia reactiva, de forma que las potencias activas y reactivas correspondientes se entregan a través del dispositivo de conexión 5 a la red 6. Si el bloque ondulator presenta, en lugar del rectificador de

- 5 onda completa 310 en el lado de entrada, un segundo ondulator, así se le suministran los valores nominales correspondientes. El circuito intermedio con el acumulador de carga 312 está a disposición adicionalmente como acumulador de energía para el taponamiento. Si la instalación de energía eólica no presenta un bloque ondulator 31, sino que la potencia activa y la potencia reactiva necesarias se prestan directamente a través del ajuste correspondiente del generador 30, así se conducen los valores nominales correspondientes directamente al generador 30.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Instalación de energía eólica con un rotor (4), un generador (3) accionado por éste, que genera potencia eléctrica y la entrega a una red eléctrica (6), y una unidad de control (32) que controla el funcionamiento de la instalación de energía eólica y presenta un módulo de control de la potencia reactiva (321), **caracterizada porque** la unidad de control (32) presenta un dispositivo de determinación (35) de una potencia activa mínima de seguridad, siendo la potencia activa mínima de seguridad la potencia activa necesaria para el funcionamiento de la instalación de energía eólica en sus límites de funcionamiento, y estando previsto un dispositivo de limitación (323) que está unido con el dispositivo de determinación (35) y el módulo de control de la potencia reactiva (321) y actúa de forma que como máximo se genera tanta potencia reactiva que todavía queda a disposición la potencia activa mínima de seguridad.
- 10 2.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el dispositivo de determinación (35) presenta un módulo de reserva de velocidad de rotación (351).
- 15 3.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 2, **caracterizada porque** el dispositivo de determinación (35) presenta un módulo de aceleración de la rotación (352) y/o un módulo de ángulo de pala (353).
- 4.- Instalación de energía eólica según las reivindicaciones 2 ó 3, **caracterizada porque** el dispositivo de determinación (35) presenta un módulo de amortiguación de oscilaciones por choque (356).
- 20 5.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 4, **caracterizada porque** la constante de tiempo del módulo de amortiguación de oscilaciones por choque (356) es menor de 1/8 de un amortiguador de oscilaciones para el funcionamiento normal.
- 6.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** está previsto un módulo de sobrepasamiento de valores límites para al menos uno de los módulos.
- 7.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 6, **caracterizada porque** el módulo de sobrepasamiento de valores límites comprende un valor límite dinámico y un valor límite estático.
- 25 8.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** el módulo de control de la potencia reactiva (321) está realizado como regulador de estado.
- 9.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** el dispositivo de determinación (35) presenta un observador de estado.
- 30 10.- Procedimiento para el control del funcionamiento de una instalación de energía eólica en una red eléctrica con un generador, inyectándose una potencia reactiva o corriente reactiva en la red eléctrica en función de una disminución de la tensión en la red eléctrica, **caracterizado por** la determinación de una potencia activa mínima de seguridad necesaria para el funcionamiento posterior seguro y la limitación de la potencia reactiva a un valor tal que todavía se genera al menos la potencia activa mínima de seguridad.

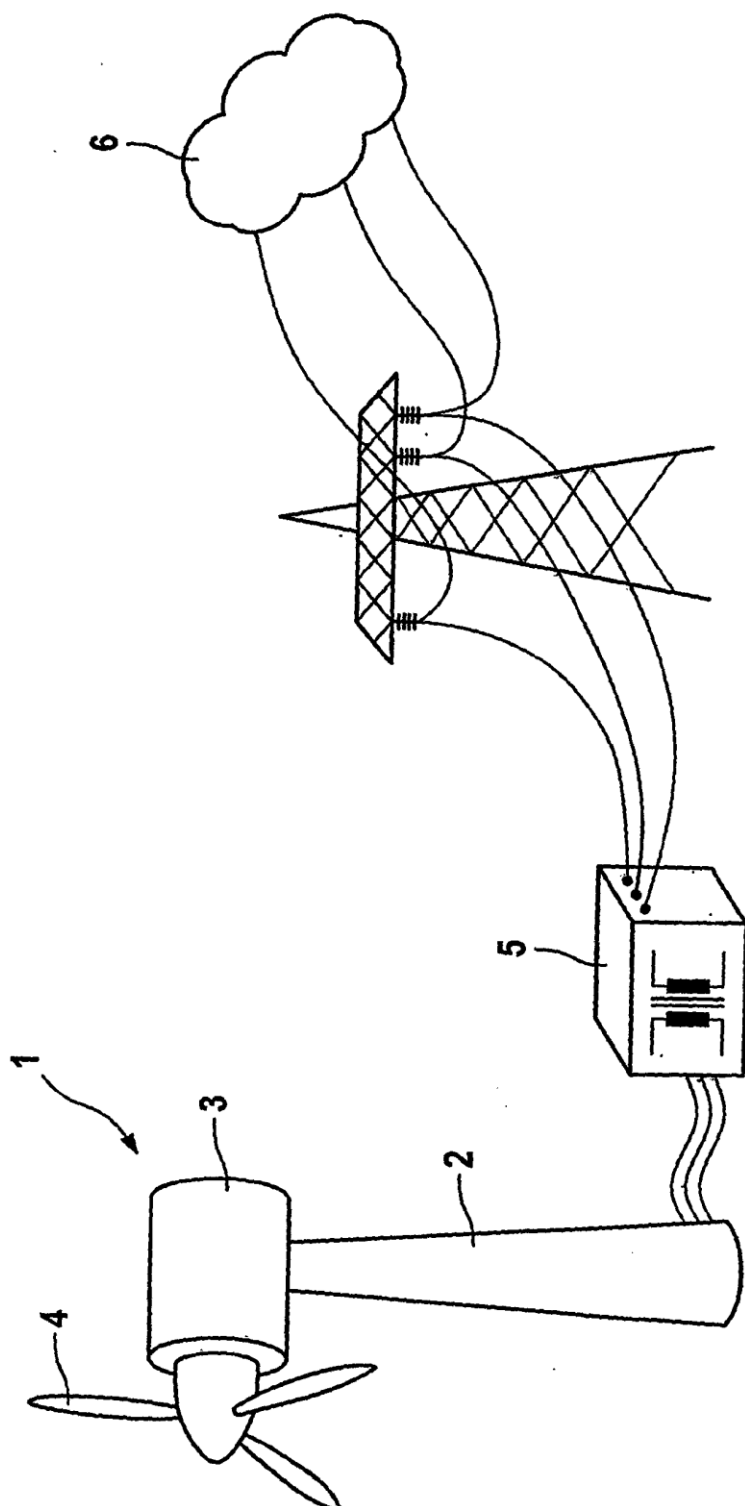


Fig. 1

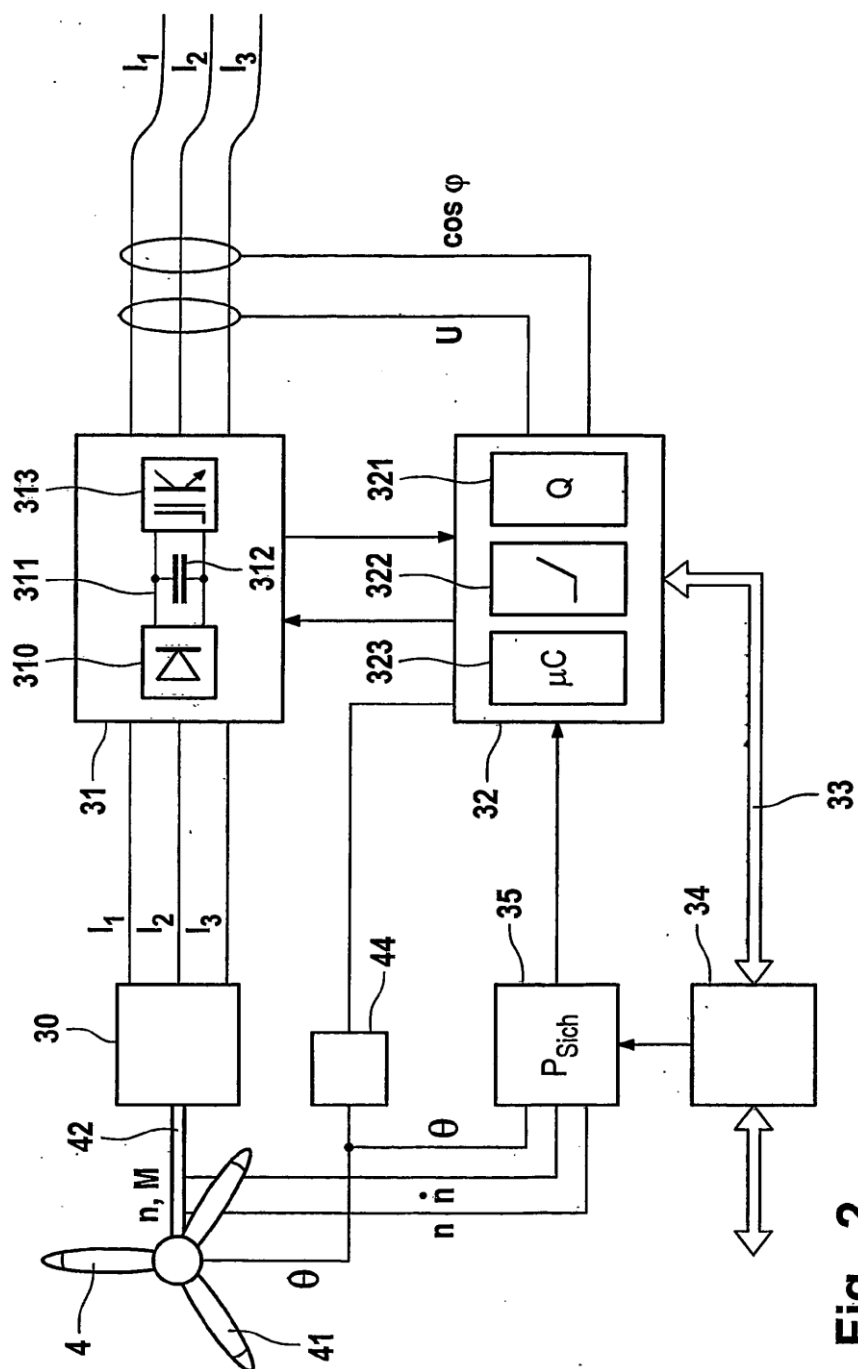


Fig. 2

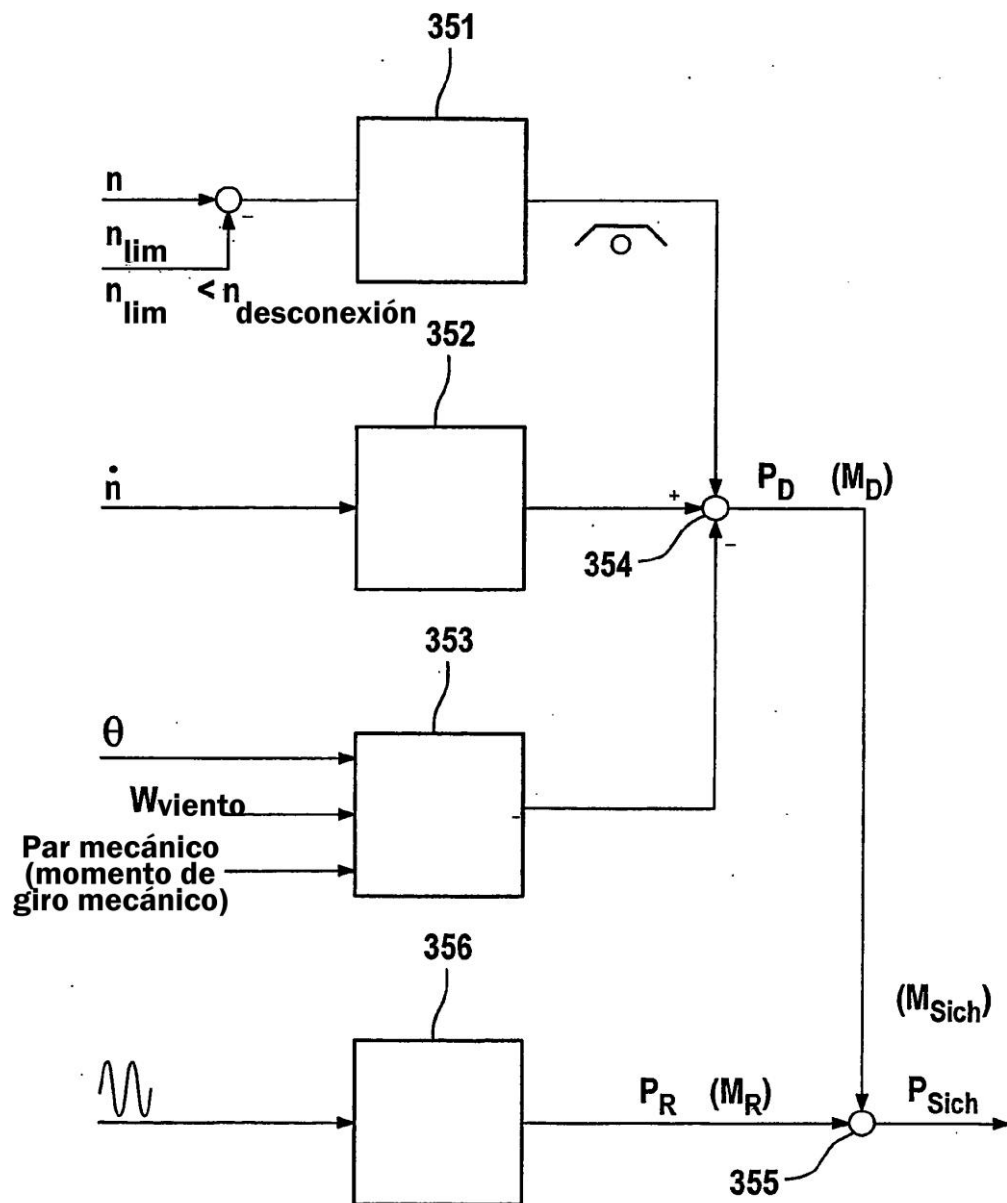
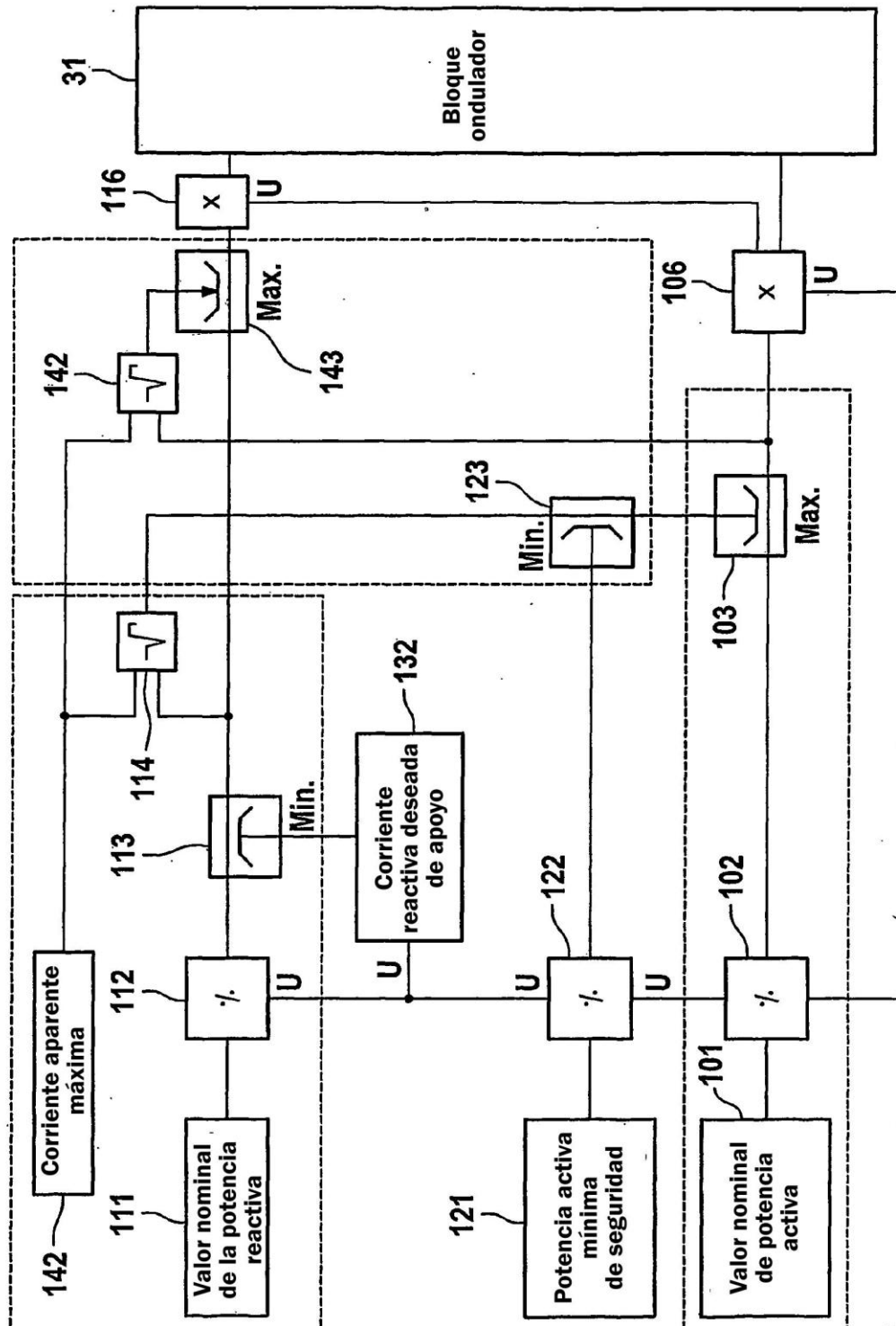


Fig. 3

Fig. 4



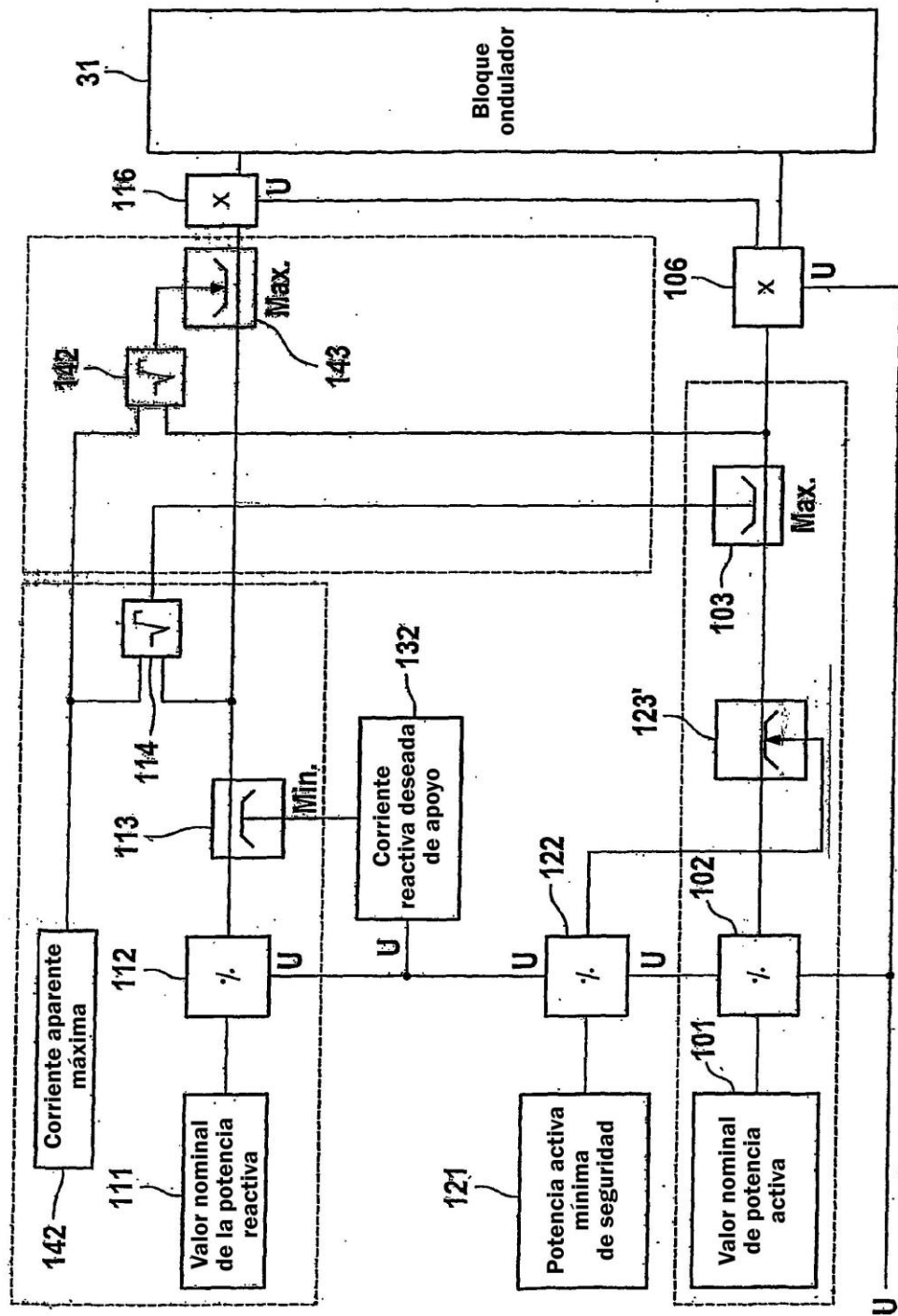
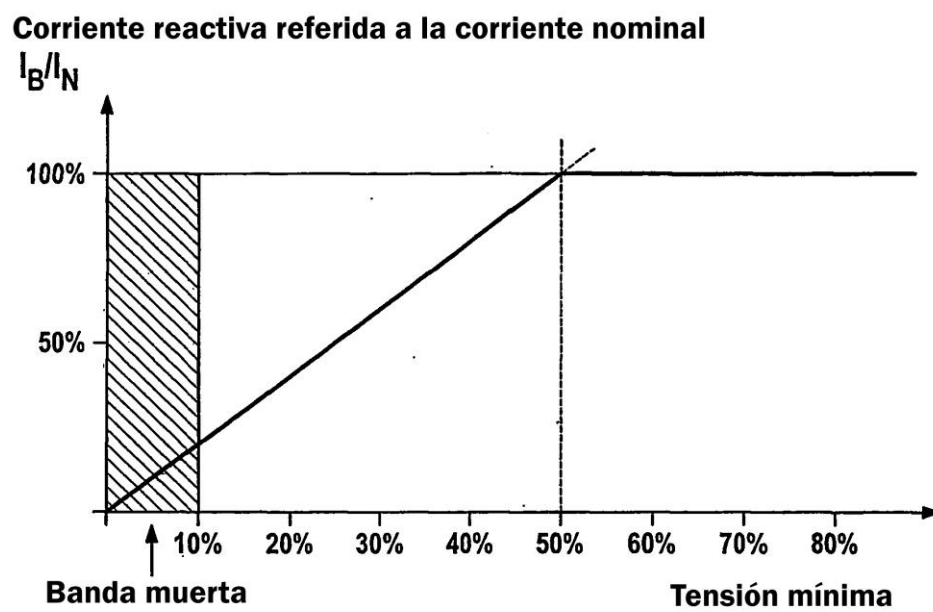


Fig. 5

**Fig.6**