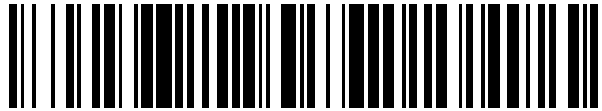


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 369**

51 Int. Cl.:

F03D 7/00 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

H02P 9/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07021864 .9**

96 Fecha de presentación: **10.11.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1970562**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.09.2008**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica en caso de cambios bruscos de tensión en la red**

30 Prioridad:

20.12.2006 DE 102006060323

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

20.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

20.12.2012

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)

BORNBARCH 2

22848 NORDERSTEDT, DE

72 Inventor/es:

THULKE, MATTHIAS;

SCHMIDT, GUNNAR;

FRESE, THOMAS y

VOSS, EBERHARD

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 393 369 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 una planta de energía eólica en caso de cambios bruscos de tensión en la red

5

La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con un rotor que transmite un par motor a un generador a través de un grupo motor, proporcionando el generador un par generador predefinible que contrarresta el par motor y pudiéndose conectar éste a una red.

10 Las plantas de energía eólica de este tipo están conectadas generalmente a una red de suministro de una empresa suministradora de energía y alimentan energía eléctrica a la red de suministro. En este caso, las plantas de energía eólica proporcionan la potencia activa y la potencia reactiva y en determinadas circunstancias pueden contribuir a estabilizar la red de suministro.

15 Los requerimientos, que exigen las empresas suministradoras de energía a las plantas de energía eólica, están recogidos en normas detalladas sobre la conexión a la red. En los últimos años han variado en gran medida los requerimientos relativos al comportamiento de las plantas de energía eólica en caso de fallos de tensión en la red. Mientras que antes había que desconectar las plantas de energía eólica lo más rápido posible de la red al producirse un fallo de la tensión, las normas actuales sobre la conexión a la red exigen que las plantas de energía eólica se mantengan conectadas a la red al producirse determinados fallos de la tensión con el fin de apoyar a la red por

20 medio del suministro de potencia reactiva. Las normas sobre la conexión a la red pueden exigir, por ejemplo, que la planta de energía eólica no se pueda desconectar de la red al existir un fallo de la tensión, en el que la tensión restante en la red sea mayor que el 15% de la tensión nominal y no supere un período de tiempo determinado.

25 No obstante, se han de tomar medidas de seguridad especiales para evitar dañar o destruir los componentes eléctricos de la planta de energía eólica si estos se mantienen conectados a la red durante los cambios bruscos de la tensión en la red.

Por el documento WO2004/030199 es conocido un sistema generador con un dispositivo de protección correspondiente y un procedimiento para el funcionamiento del sistema generador. El sistema generador conocido presenta un generador trifásico de doble alimentación con un devanado de estátor acoplado a la red y al menos un devanado de rotor. En el caso del procedimiento conocido, el flujo de corriente en el circuito del estátor se interrumpe mediante la activación de una unidad de desconexión rápida después de detectarse un cambio brusco de la tensión de la red. A continuación se vuelve a sincronizar el generador con la tensión de la red actual y se vuelve a permitir el flujo de corriente entre la red y el estátor. Estas medidas evitan una sobrecarga eléctrica en los componentes del sistema generador.

30 Sin embargo, cuando se usa un sistema generador de este tipo en una planta de energía eléctrica, se han de tener en cuenta también las cargas mecánicas que se producen durante un cambio de tensión. Como resultado de los cambios bruscos de la tensión se originan sobre todo cambios bruscos del par generador, lo que provoca, junto con las grandes inercias de las partes móviles de una planta de energía eólica, una sollicitación mecánica demasiado alta, por ejemplo, de los elementos del grupo motor.

Por el documento DE10344392A1 es conocida una planta de energía eólico con un módulo de control de la potencia reactiva para apoyar la red. El módulo de control de la potencia reactiva debe controlar la planta de energía eólica de manera que en caso de faltar la tensión, ésta contribuya lo más posible a la estabilización de la red. A este respecto, se determina una potencia activa mínima de seguridad que representa un límite inferior para la potencia activa que se va a alimentar. La potencia sobrante se puede alimentar a la red en forma de potencia reactiva. La planta de energía eólica conocida presenta además un módulo amortiguador de vibraciones por choque que debe influir en parámetros eléctricos o mecánicos de la planta de energía eólica de manera que se amortigüen las frecuencias propias del grupo motor y de las palas del rotor, provocadas por una carga de choque.

Partiendo de esto, la invención tiene el objetivo de poner a disposición un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica que reduzca la sollicitación mecánica de los componentes de una planta de energía eólica provocada por los cambios bruscos de la tensión en la red.

Este objetivo se consigue mediante el procedimiento con las características de la reivindicación 1.

El procedimiento según la invención sirve para el funcionamiento de una planta de energía eólica con un rotor que transmite un par motor a un generador a través de un grupo motor, proporcionando el generador un par generador predefinible que contrarresta el par motor y pudiéndose conectar éste a una red, controlándose el par generador en función de la posición de fase de una vibración torsional del grupo motor después de producirse un cambio brusco de la tensión en la red.

El procedimiento se basa en el conocimiento de que un cambio brusco de la tensión en la red debido a un cambio brusco del par generador, asociado al cambio de la tensión, puede provocar una vibración mecánica en particular del grupo motor de una planta de energía eólica. El grupo motor puede comprender aquí el árbol del rotor y el árbol del generador, así como un engranaje interconectado. En caso de una planta de energía eólica sin engranaje, el grupo motor está compuesto, por el contrario, esencialmente de un árbol continuo que une el generador al rotor.

El par motor es el par de giro que ejerce el rotor sobre el árbol del rotor y que se obtiene del viento. El par generador predefinible contrarresta este par motor, lo que corresponde a un accionamiento del generador mediante el rotor. En esta definición de los pares, tanto el par motor como el par generador son positivos durante el funcionamiento normal. El cambio brusco de la tensión en la red puede ser, por ejemplo, un fallo de la tensión provocado por una avería en la red o por otras causas, como el descenso de la tensión de la red en un valor considerable. El descenso de la tensión puede ser, por ejemplo, el 30% de la tensión de la red o más. Sin embargo, se puede tratar también de un aumento brusco de la tensión en la red, en particular después de eliminarse una avería que pudo haber provocado antes un fallo de la tensión.

Los análisis y los cálculos han demostrado que las vibraciones torsionales del par del grupo motor, que fueron generadas por un cambio brusco del par generador, pueden presentar una amplitud considerable que puede alcanzar un orden de magnitud similar al par nominal transmitido durante el funcionamiento normal. De este modo, el par motor y el par generador pueden asumir valores de pico altos, así como valores negativos. Una consideración de la posición de fase de esta vibración torsional permite reducir claramente la carga de los pares, producida en general, del grupo motor y de los componentes de la planta de energía eólica que se encuentran conectados a éste.

En el caso de la invención, el par generador asume un valor mínimo tras producirse el cambio brusco de la tensión y aumenta a partir del valor mínimo en un momento dependiente de la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor. En el caso de la invención se reconoció que en particular el momento del aumento del par generador influye sobre la carga mecánica. La carga se puede reducir adecuadamente si se selecciona el momento conforme a la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor.

En una configuración preferida de la invención, el momento coincide con un intervalo de tiempo, en el que el par motor es positivo y aumenta. El aumento es positivo, es decir, el par motor presenta un gradiente positivo. Por tanto, el aumento del par generador tiene lugar junto con el par motor que aumenta. De este modo se consigue que el aumento del par generador contrarreste la vibración del grupo motor. Por consiguiente, la vibración se amortigua mediante el control adecuado del par generador. El par motor es aquí el par de giro que actúa sobre el árbol del rotor y que produce asimismo una vibración debido a la reacción de la vibración torsional del grupo motor.

Según otra configuración preferida de la invención, el momento coincide aproximadamente con un punto de inflexión en el transcurso del par motor. El par generador, que contrarresta la vibración torsional, se activa en este caso en el momento, en el que la aceleración del movimiento torsional invierte su dirección. Por tanto, se produce una amortiguación especialmente eficaz de la vibración torsional.

La generación del par generador finaliza con preferencia esencialmente en el momento de alcanzarse el máximo del par motor que sigue al punto de inflexión. Sin embargo, la velocidad posible de la generación del par está limitada, de manera que en determinadas circunstancias, el par no se puede generar completamente dentro del intervalo de tiempo favorable entre el punto de inflexión y el máximo subsiguiente. Por tanto, en una configuración preferida de la invención, el par generador aumenta en varios intervalos de tiempo, que siguen al cambio brusco de la tensión, con par motor positivo y ascendente y se mantiene aproximadamente constante en intervalos de tiempo con par motor descendente o negativo. En intervalos de tiempo con par motor descendente o negativo se detiene esencialmente el aumento del par generador para evitar una excitación de la vibración torsional del grupo motor. El par generador varía sólo en aquellos intervalos de tiempo, en los que el aumento del par generador contrarresta la vibración torsional. De este modo se puede minimizar la carga mecánica del sistema y la vibración torsional se reduce lo más rápido posible. La generación del par generador se puede llevar a cabo opcionalmente también durante toda la "semionda positiva" de la vibración torsional, es decir, hasta el punto de inflexión en el flanco descendente del par motor. En caso de una máxima velocidad posible limitada de la generación del par, el par se puede generar así dentro de una menor cantidad de periodos de vibración y, por tanto, en un período de tiempo más corto.

Según una configuración preferida de la invención, el par generador aumenta hasta alcanzarse un valor nominal predefinido. El procedimiento se ejecuta con preferencia hasta que la planta de energía eólica vuelve a funcionar normalmente.

El aumento del par generador se puede llevar a cabo básicamente con cualquier desarrollo, por ejemplo, lineal o exponencial. En una configuración preferida de la invención, el par generador aumenta con una amortiguación, cuya

constante de tiempo depende de la frecuencia de la vibración del grupo motor. De este modo se consigue adaptar la velocidad del aumento del par generador a la velocidad de la vibración del grupo motor. La vibración de grupo motor se amortigua así de manera especialmente eficaz y se impide una excitación de otros modos de vibración.

- 5 Según otra configuración de la invención, la constante de tiempo está dimensionada de manera que el aumento del par generador finaliza esencialmente dentro de un cuarto de período de una vibración torsional del grupo motor. En este período de tiempo se puede aumentar, por ejemplo, el par generador a 3/4 del valor nominal. Por tanto, un porcentaje esencial del par generador ya se consigue en el primer período de la vibración torsional, de manera que la planta de energía eólica vuelve a funcionar muy rápidamente con un alto par generador, sin que la vibración torsional experimente una excitación adicional.

Según otra configuración preferida de la invención, la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se determina mediante la medición directa y continua del par motor. La medición se puede llevar a cabo en el árbol del rotor, por ejemplo, con ayuda de un extensómetro.

- 15 En otra configuración preferida de la invención, la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se determina mediante la medición continua de la velocidad de rotación del grupo motor o de un elemento del grupo motor. Por tanto, el par generador se puede controlar a partir de los valores de medición de la velocidad de rotación.
- 20 En otra configuración preferida de la invención, la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se determina mediante la medición continua de una aceleración del rotor o de un elemento del grupo motor.

Según otra configuración preferida de la invención, la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se determina mediante la evaluación de los valores de corriente y/o tensión medidos continuamente en el generador. A partir de los valores de corriente y/o tensión en el generador se puede determinar, por ejemplo, el par generador. La vibración torsional del grupo motor influye sobre el par generador. Sobre la base de un modelo matemático adecuado se puede calcular a partir de esto el desarrollo y la posición de fase del par motor.

- 25 partir de los valores de corriente y/o tensión en el generador se puede determinar, por ejemplo, el par generador. La vibración torsional del grupo motor influye sobre el par generador. Sobre la base de un modelo matemático adecuado se puede calcular a partir de esto el desarrollo y la posición de fase del par motor.
- 30 Según otra configuración preferida de la invención, la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se puede determinar por extrapolación de una magnitud medida continuamente. Por tanto, el momento óptimo para el control del par generador se anticipa sobre la base de los datos medidos que contienen siempre un cierto retardo debido al proceso de medición y a la evaluación de los datos. Esto permite aumentar la precisión del control del par generador.

- 35 Según otra configuración preferida de la invención se mide o se calcula una frecuencia propia de la vibración torsional del grupo motor y se determina la posición de fase de la vibración torsional a partir de la frecuencia propia y del momento de un cambio brusco de la tensión. En este caso se puede eliminar una medición costosa de la posición de fase de la vibración torsional y predefinir, en su lugar, el aumento del par generador sobre la base de las propiedades mecánicas conocidas del grupo motor de la planta de energía eólica.

- 40 En otra configuración preferida de la invención, el par generador aumenta aproximadamente al valor cero después de producirse un cambio brusco de la tensión en un intervalo de tiempo. Esto posibilita un inicio especialmente suave del par generador.

- 45 La invención se explica detalladamente a continuación por medio de dos ejemplos de realización representados en cuatro figuras.

Muestran:

- 50 Fig. 1 desarrollo del par motor y del par generador en un primer ejemplo de realización del procedimiento según la invención;
Fig. 2 diagrama de flujo del control del par generador para el procedimiento de la figura 1;

- Fig. 3 diagrama de flujo de una regulación del par generador en un segundo ejemplo de realización del procedimiento según la invención; y

- 55 Fig. 4 transcurso del par motor y del par generador en un segundo ejemplo de realización con la regulación según la figura 3.

- 60 En el diagrama superior de la figura 1 está representado el desarrollo del par motor, es decir, del par de giro de una planta de energía eólica que se obtiene del viento y que actúa sobre un árbol de rotor. En el diagrama inferior está representado el desarrollo del par generador.

El eje de tiempo común de ambos diagramas de la figura 1 cubre un intervalo de tiempo de aproximadamente un segundo. Los desarrollos de los pares representados se tomaron de un cálculo de simulación.

Al iniciarse el período de tiempo representado, la planta de energía eólica funciona normalmente. En ese momento, el par motor 10 y el par generador 12 están ajustados al valor 1. En el período de tiempo identificado con $t = 20$ segundos se produce un fallo brusco de la tensión en la red. Como resultado del fallo de la tensión aumenta inicialmente de forma brusca el par generador para descender a continuación a cero dentro de un período de tiempo muy corto.

Como resultado de la fluctuación brusca del par generador 12 se excita una vibración torsional mecánica del grupo motor que repercute sobre el par motor 10. Por tanto, el par motor asume valores fuertemente fluctuantes en un intervalo menor que -0,5 a mayor que 1. Como se puede observar en el diagrama, la frecuencia de la vibración torsional que se va formando es de 2 a 3 Hz aproximadamente.

La curva 14, representada con líneas discontinuas, indica el desarrollo del par motor en el caso de que no se restablezca el par generador, sino que permanece en el valor cero. Por tanto, la curva 14 es una imagen de las propiedades mecánicas de la vibración del grupo motor. Se muestra que la amplitud de la vibración torsional se mantiene casi constante dentro del intervalo de tiempo representado, lo que permite deducir una pequeña amortiguación interna del sistema mecánico.

El desarrollo del par motor identificado con el número 16 representa el desarrollo de la vibración torsional conforme a un aumento, según la invención, del par generador en el momento 18. En el caso del procedimiento se mide continuamente la posición de fase del par motor. En el momento identificado con el número 18, el par motor 10 es positivo y ascendente. De manera adicional, éste recorre precisamente un punto de inflexión, es decir, la velocidad angular de la vibración torsional comienza a disminuir ahora a partir de su valor máximo. En ese momento 18, el par generador 22 aumenta continuamente a un valor nominal, en el ejemplo con un desarrollo PT1. El par generador que se va generando provoca así una amortiguación de la vibración torsional en el intervalo de tiempo identificado con el número 20. El rápido descenso de la amplitud del par motor 16 como resultado de la amortiguación se puede observar claramente en el diagrama superior de la figura 1. Debido a la rápida generación del par generador dentro del intervalo de tiempo 20 ya se consigue a la vez esencialmente el valor nominal del par generador. Por tanto, una parte esencial de la potencia deseada se vuelve a alimentar antes a la red.

En el intervalo de tiempo que se une al intervalo de tiempo 20, el par generador 22 aumenta sólo lentamente, de manera que se evita en gran medida una excitación adicional de la vibración torsional.

El diagrama de flujo del control del par generador, que aparece representado en la figura 2, comienza en el rombo 30 (¿convertidor principal (HU) listo para la sincronización?) con una comprobación de si el convertidor principal vuelve a estar listo para la sincronización del generador con la red. Si éste es el caso, se evalúa la posición de fase de la vibración torsional en el rombo identificado con el número 32 (¿son favorables las posiciones de fase del par motor?). Con este fin se lleva a cabo, por ejemplo, una medición continua del par motor. A este respecto, para la generación del par generador es favorable una posición de fase, en la que el par generador que se va generando amortigua la vibración torsional. Como se describe anteriormente, esto ocurre en el intervalo de tiempo favorable, en el que el par motor es positivo y asume valores ascendentes. Esto corresponde al intervalo de tiempo identificado con el número 20 en la figura 1, en el que se retarda precisamente el movimiento torsional del grupo motor debido a la vibración. El intervalo comienza más exactamente con el punto de inflexión en el flanco ascendente del par motor.

Si la comprobación en el rombo 32 no indica una posición de fase del par motor favorable en este sentido, no se genera un par generador. Esto se indica mediante el rectángulo 34 (no se inicia la generación).

Si la comprobación en el número 32 indica, por el contrario, una posición de fase favorable del par motor, se inicia la generación del par generador en el rectángulo 36 (inicio de la generación del par generador con desarrollo predefinido). Con este fin, el convertidor principal recibe una señal de inicio, después de la que aumenta el par generador predefinido con un desarrollo predefinido. Este proceso puede seguir al desarrollo del par generador 22 activado en el momento 18 en la figura 1.

Una configuración alternativa de la invención prevé regular la generación del par generador. Este procedimiento de regulación comienza asimismo en el diagrama de flujo representado en la figura 3 con la comprobación de si el convertidor principal está listo para la sincronización (rombo 40, ¿convertidor principal listo para la sincronización?) y se lleva a cabo de manera continua hasta haber alcanzado el par generador un valor final.

Si éste es el caso, la evaluación de la medición continua del par motor comienza en el rombo 42 (posición de fase favorable del par motor). Si la evaluación indica una posición de fase favorable del par motor (véase explicaciones de la figura 2), en el rectángulo 44 (gradiente máximo para la generación del par generador) se aumenta el par

generador con una velocidad máxima predefinida, es decir, con un gradiente máximo predefinido. A este respecto, en el rectángulo 46 (medición del par generador) se mide el par generador. Esta medición se evalúa en el rombo 48 (¿valor final alcanzado?). Si el par generador ha alcanzado un valor final predefinido, finaliza la generación del par generador (rectángulo 50, finalizada la generación del par generador).

5

Si la comprobación en el número 48 indica, por el contrario, que el valor final predefinido del par generador no se ha alcanzado aún, se vuelve a recorrer el diagrama de flujo a partir del rombo 40. Si la evaluación, ejecutada en el número 42, de la posición de fase del par motor indica en este caso una posición de fase desfavorable, es decir, una posición de fase, en la que otro aumento del par generador excitaría adicionalmente la vibración torsional del grupo motor, en el rectángulo 52 (gradiente reducido o no hay gradiente para la generación del par generador) se detiene la generación ulterior del par generador o continúa sólo a una velocidad reducida. De este modo, el par generador se mantiene esencialmente constante en caso de existir una posición de fase desfavorable de la vibración torsional del grupo motor. A continuación, en el rectángulo 46 se mide de nuevo el par generador y en el número 48 se comprueba si se ha alcanzado el valor final predefinido. Dado el caso, se vuelve a recorrer el bucle.

10

15

La realización del procedimiento de regulación del par generador, representado en el diagrama de flujo de la figura 3, proporciona el desarrollo del par motor 60 y del par generador 62 que aparece representado en la figura 4.

20

Hasta el final del intervalo de tiempo 64, el desarrollo de los pares no se diferencia del ejemplo de realización representado en la figura 1. Sin embargo, a diferencia del primer ejemplo de realización, la generación del par generador se detiene en la zona identificada con el número 70 en el momento 66 con el final del flanco ascendente del par motor en el número 68. En el momento 66 se detectó una posición de fase desfavorable al comprobarse la posición de fase del par motor. A fin de evitar una excitación adicional de la vibración torsional, no se sigue aumentando el par generador.

25

En el momento identificado con el número 72 se vuelve a detectar una posición de fase favorable y el aumento del par generador comienza nuevamente en el intervalo de tiempo identificado con el número 74.

30

De este modo, la generación del par generador se limita a aquellos intervalos de tiempo, en los que la vibración torsional se amortigua mediante el aumento del par generador. Entre estos intervalos de tiempo se puede realizar alternativamente también un aumento del par generador. Sin embargo, esto se lleva a cabo a una velocidad esencialmente reducida.

35

En vez del desarrollo PT1 representado en las figuras 1 y 4, se puede realizar también un aumento lineal o un retardo de mayor magnitud del par generador.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con un rotor que transmite un par motor a un generador a través de un grupo motor, proporcionando el generador un par generador predefinible
5 que contrarresta el par motor y pudiéndose conectar éste a una red, **caracterizado porque** el par generador se controla en función de la posición de fase de una vibración torsional del grupo motor después de un cambio brusco de la tensión en la red, asumiendo el par generador un valor mínimo tras producirse el cambio brusco de la tensión y aumentando éste a partir del valor mínimo en un momento dependiente de la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el momento coincide con un intervalo de tiempo en el que el par motor es positivo y aumenta.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el momento coincide
15 aproximadamente con un punto de inflexión en el transcurso del par motor.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el par generador aumenta en varios intervalos de tiempo, que siguen al cambio brusco de la tensión, con par motor positivo y ascendente y se mantiene aproximadamente constante en intervalos de tiempo con par motor descendente o
20 negativo.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el par generador aumenta hasta alcanzarse un valor nominal predefinido
- 25 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el par generador aumenta con una amortiguación, cuya constante de tiempo depende de la frecuencia de la vibración del grupo motor.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la constante de tiempo está
30 dimensionada de manera que el aumento del par generador finaliza esencialmente dentro de un cuarto de período de una vibración torsional del grupo motor.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se determina mediante la medición directa y continua del par motor.
35
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se determina mediante la medición continua de la velocidad de rotación del grupo motor o de un elemento del grupo motor.
- 40 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se determina mediante la medición continua de una aceleración del rotor o de un elemento del grupo motor.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la posición de
45 fase de la vibración torsional del grupo motor se determina mediante la evaluación de los valores de corriente y/o tensión medidos continuamente en el generador.
12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado porque** la posición de fase de la vibración torsional del grupo motor se determina por extrapolación de una magnitud medida
50 continuamente.
13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** se mide o se calcula una frecuencia propia de la vibración torsional del grupo motor y se determina la posición de fase de la vibración torsional a partir de la frecuencia propia y del momento de un cambio brusco de la tensión.
55
14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado porque** el par generador aumenta aproximadamente al valor cero después de producirse un cambio brusco de la tensión en un intervalo de tiempo.

Fig.1

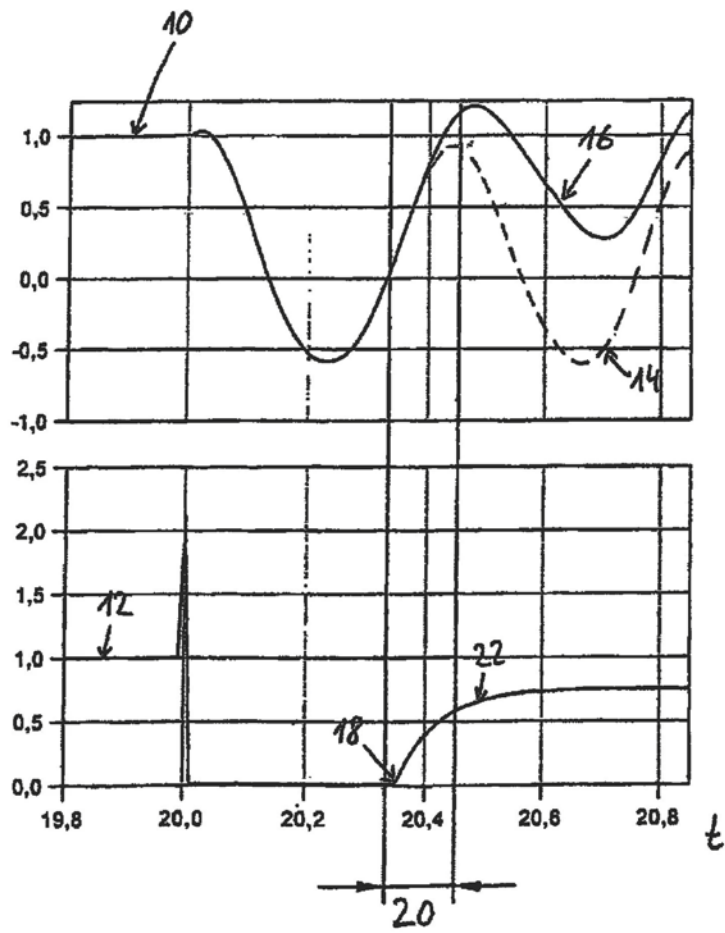


Fig.2

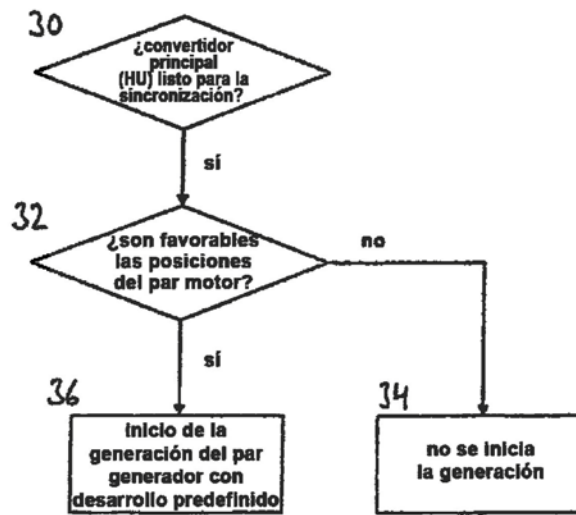


Fig.3

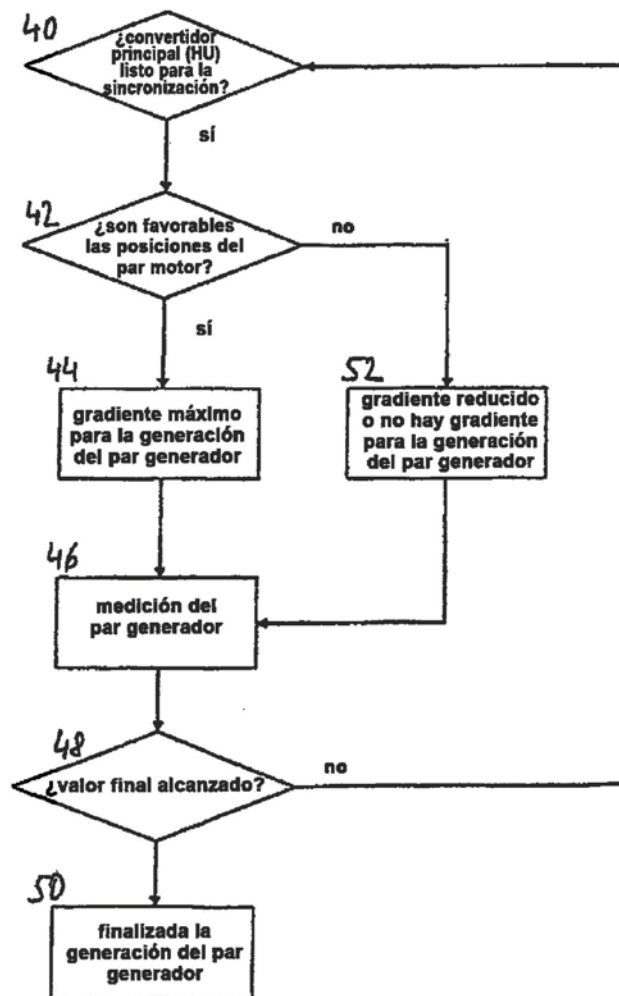


Fig.4

