

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 898**

51 Int. Cl.:

<b>F03D 7/04</b>	(2006.01)
<b>H02J 3/38</b>	(2006.01)
<b>H02J 3/12</b>	(2006.01)
<b>H02J 3/18</b>	(2006.01)
<b>F03D 9/25</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.08.2014 PCT/EP2014/066615**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.02.2015 WO15022206**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2014 E 14750164 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 3033816**

54 Título: **Procedimiento para la introducción de energía eléctrica en una red de suministro**

30 Prioridad:

**15.08.2013 DE 102013216241**

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

**15.10.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BEEKMANN, ALFRED y  
BUSKER, KAI**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

ES 2 685 898 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 la introducción de energía eléctrica en una red de suministro

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la introducción de potencia eléctrica en una red de suministro eléctrico mediante un parque eólico. Además, la presente invención se refiere a un parque eólico que realiza dicho procedimiento o está preparado para realizar dicho procedimiento.

10 Es conocido introducir potencia eléctrica en una red de suministro mediante un parque eólico. En principio, se piensa en un parque eólico, como se muestra esquemáticamente en la Fig. 2, que comprende una pluralidad de turbinas eólicas de acuerdo con el esquema de la Fig. 1.

15 También es conocido usar dicho parque eólico para sustentar la red de suministro a la que alimenta. Por lo tanto, un parque eólico no solo funciona de manera que se introduce la máxima potencia en la red de suministro, lo que se conoce como operación paralela a la red, sino, en caso de necesidad, también se puede adaptar la introducción en función del tipo y la cantidad para que la red de suministro pueda ser sustentada. Dicho procedimiento es conocido, por ejemplo, a partir de la solicitud estadounidense 10/490,896.

20 Hoy en día, los parques eólicos se usan cada vez más para el soporte de la red. Aunque esta tendencia generalmente es bienvenida, existe el riesgo de que muchos parques eólicos de alimentación y estabilización de una red de suministro puedan funcionar en una constelación desfavorable, uno contra otro, y existe la posibilidad de un comportamiento vibratorio. En principio, ese riesgo también existe en relación con otros productores descentralizados en la red de suministro que desean contribuir a la estabilización.

25 La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado en la solicitud de prioridad la siguiente técnica anterior: DE 10 2009 030 725 A1, EP 1 802 866 B1 y EP 2 551 984 A2.

30 El documento DE 10 2011 081 446 A1 describe un procedimiento para la introducción de energía de una turbina eólica en una red con puntos de medición.

La presente invención, por tanto, tiene por objetivo abordar al menos uno de los problemas mencionados. En particular, se debe crear una solución que contribuya a aumentar la estabilidad o al menos a mantener la estabilidad de una red de suministro eléctrico. Al menos se debe proponer una solución alternativa.

35 Según la invención, se propone un procedimiento según la reivindicación 1. De acuerdo con ello, un parque eólico introduce energía eléctrica en una red de suministro eléctrico. El parque eólico alimenta la red de suministro desde una red de conexión a través de un transformador. En este caso, la red de conexión presenta una tensión de red de conexión y la red de suministro presenta una tensión de red de suministro. La red de conexión puede ser, por ejemplo, también una red del parque que conecta las instalaciones de energía eólica del parque eólico. El transformador puede formar el punto de entrada o estar situado en el punto de entrada, a través del cual el parque eólico alimenta la red de suministro eléctrico.

45 La introducción se realiza en función de una tensión de medición virtual. Durante la introducción, por lo tanto, se hace, al menos en algunos aspectos, referencia a esta tensión de medición virtual. Como tensión de medición virtual, se calcula una tensión de un punto de medición virtual. Por lo tanto, se determina un punto de medición virtual, que está situado preferentemente en una línea de la red de suministro, una línea de la red de conexión o en el transformador, y mediante el conocimiento de la topología se calcula la tensión en este punto de medición virtual.

50 Por lo tanto, se mide en un punto, por ejemplo, en la red de conexión en el transformador. Además, se determina un punto de medición virtual, que particularmente puede estar situado en un punto deseado en la red de suministro o también en un punto deseado en el transformador. El punto de medición virtual también puede estar situado en una línea de conexión entre el transformador y la red de suministro. A partir de los valores medidos en el punto de medición real, se calcula entonces una tensión en el punto de medición virtual, que representa, por tanto, la tensión virtual. Esta tensión de medición virtual calculada se toma, por tanto, como base de la introducción de potencia eléctrica en la red de suministro.

60 Con esto se logra detectar la tensión en un punto deseado, es decir, en el punto de medición virtual. Una ventaja de este procedimiento es que tiene lugar un desacoplamiento al menos parcial de la medición de la tensión real. La tensión virtual, es decir, la tensión calculada, es menos dependiente de otros suministradores. Por lo tanto, se evitan problemas que pueden ocurrir como resultado de desviaciones de medición, en algunos casos solo mínimos, en

particular, en relación con reguladores con un componente I.

En el ejemplo mencionado, es posible medir en la red de conexión, es decir, por ejemplo, en la red del parque y, sin embargo, se puede tomar como base una tensión en la red de suministro en una ubicación deseada. Por lo demás, se propone para cada realización descrita, como una posibilidad, que la red de suministro sea una red del parque.

De acuerdo con una realización, se propone que se sitúe el punto de medición virtual en el transformador. En particular, se puede esperar un voltaje estable en este procedimiento. La introducción puede referenciarse a esta tensión estable y, por lo tanto, puede lograrse una mayor estabilidad de la introducción y con ello, en última instancia, de la red de suministro. En particular, dicho punto de medición virtual en el transformador no será utilizado por otro parque eólico. Por lo tanto, se puede evitar que, por ejemplo, dos parques eólicos deseen regular la tensión en un punto idéntico o al menos en un lugar idéntico y de esa manera trabajen el uno contra el otro. De esta manera se evita que estos dos parques eólicos mencionados a modo de ejemplo trabajen uno contra otro mientras se controla la misma tensión.

El parque eólico introduce preferentemente desde una red de media tensión en la red de alta tensión, de manera que la red de conexión es una red de media tensión y, por tanto, la tensión de la red de conexión es una tensión media y la red de suministro es una red de alta tensión, es decir, la tensión de la red de suministro es una tensión alta. En este caso, el parque eólico toca un nivel de red comparativamente alto al introducir en esta red de alta tensión. El alcance de la introducción a este alto nivel de red, en consecuencia, es alto.

Una tensión alta suele ser de 110 kV, aunque esto se puede definir de forma algo diferente según el país. Un voltaje medio se sitúa aproximadamente en un intervalo de 1 a 50 kV. De nuevo, la definición puede ser ligeramente diferente según el país.

De acuerdo con una realización, se propone que el punto de medición virtual en el transformador se ajuste a un valor nominal predeterminado, que preferentemente puede estar en el rango de aproximadamente 20 kV.

Por ejemplo, cuando se mide en una red de 20 kV y el transformador aumenta a 110 kV, se calcula la tensión virtual en relación con la tensión medida. Por ejemplo, la tensión virtual podría calcularse a partir de la tensión medida de 20,2 kV, más una diferencia de voltaje, por ejemplo, como un cálculo de la derivación virtual del transformador de 0,7 kV. Por lo tanto, la tensión virtual en este ejemplo es de 20,9 kV. Un regulador de voltaje usado aquí funciona ahora con una tensión virtual de 20,9 kV y una tensión nominal de 20 kV en el ejemplo mencionado.

Según una realización, se calcula la tensión de medición virtual en el punto de medición virtual a partir de una tensión medida, la potencia introducida en el momento y la potencia reactiva aplicada en el momento, teniendo en cuenta la resistencia correspondiente y la reactancia correspondiente que se encuentra entre el punto de medición real y el punto de medición virtual.

Dependiendo de la elección del punto de medición virtual, esta también puede ser la resistencia y la reactancia de una línea que se encuentra entre el punto de medición real y el punto de medición virtual. En caso necesario, se añaden la resistencia y la reactancia del transformador. En caso necesario, puede ser suficiente considerar solo la resistencia o solo la reactancia si uno de los dos es insignificante.

Sin embargo, como valores medidos, pueden considerarse también otros valores adicionalmente o solos, tales como, por ejemplo, una corriente del transformador, desde la cual, si procede, se puede derivar la potencia y/o la potencia reactiva.

Además, la medición y el cálculo pueden basarse en un valor efectivo. Preferentemente, se usa, sin embargo, al menos para la tensión medida y/o la tensión virtual calculada en cada caso un valor complejo, es decir, un voltaje en cada caso según la magnitud y la fase. Si se tiene en cuenta la corriente, también se puede considerar esta como un valor complejo, es decir, según la cantidad y la fase. Como resultado, se puede determinar la potencia activa y la reactiva si es necesario. Cabe señalar que, en lo que se refiere a la potencia introducida, esto significa la potencia activa introducida.

Según una realización, se propone que, dependiendo de la tensión de medición virtual, se modifique la potencia introducida y/o la potencia reactiva introducida. Por lo tanto, se propone un control de potencia dependiente de la tensión y/o un control de potencia reactiva dependiente de la tensión, que se refiere a la tensión de medición virtual.

Según la invención, también se propone un parque eólico que, según con al menos una de las realizaciones

- descritas anteriormente, realice la introducción de energía eléctrica a una red de suministro o esté preparado para dicha realización. En particular, dicha preparación incluye que el parque eólico presente una unidad de control correspondiente que controle la introducción de la potencia en un punto de entrada, en particular, en el transformador, y/o que pueda evaluar los valores medidos correspondientes para una tensión de medición y, si corresponde, la potencia activa y reactiva introducida. Además, o de forma alternativa, se proporciona esta u otra unidad de control o unidad aritmética que pueda llevar a cabo el cálculo de la tensión de medición virtual. En particular, dicha unidad de control, en particular, una unidad de control del parque presenta un microprocesador correspondiente.
- 5
- 10 A continuación, se explica la invención con más detalle mediante ejemplos de realización con referencia a los dibujos anexos.
- La Fig. 1 muestra esquemáticamente una turbina eólica en una vista en perspectiva.
- 15 La Fig. 2 muestra esquemáticamente un parque eólico.
- Las Figs. 3 y 4 muestran cada una esquemáticamente una parte de una red de suministro que incluye un punto de conexión común y además un diagrama de circuito equivalente.
- 20 La Fig. 5 muestra esquemáticamente un operador de cálculo para ilustrar el cálculo de una tensión virtual.
- Las Figs. 6 a 8 muestran tres constelaciones posibles de un parque eólico conectado con diferentes puntos de medición virtual.
- 25 La Fig. 1 muestra una turbina eólica 100 con una torre 102 y una góndola 104. En la góndola 104, está colocado un rotor 106 con tres palas de rotor 108 y un rotámetro 110. El rotor 106 se pone en movimiento por el viento en un movimiento giratorio y, por lo tanto, impulsa a un generador en la góndola 104.
- La Fig. 2 muestra un parque eólico 112 con tres turbinas eólicas 100, a modo de ejemplo, que pueden ser iguales o diferentes. Las tres turbinas eólicas 100 son, por tanto, representativas de prácticamente cualquier número de turbinas eólicas de un parque eólico 112. Las turbinas eólicas 100 proporcionan su energía, en particular, la electricidad generada a través de una red de parques eléctricos 114. Se trata de sumar las corrientes o potencias generadas por cada una de las turbinas eólicas 100 y normalmente se dispone de un transformador 116, que transforma en gran medida la tensión en el parque para la introducción a la red de suministro 120 en el punto de
- 30 suministro 118, también conocido como PCC. La Fig. 2 es sólo una representación simplificada de un parque eólico 112, que, por ejemplo, no muestra ningún control, aunque naturalmente existe un control. La red del parque 114, por ejemplo, también puede estar conformada de manera diferente, estando, por ejemplo, presente un transformador a la salida de cada turbina eólica 100, por nombrar solo otro ejemplo de realización.
- 35
- 40 La Fig. 3 muestra en su parte superior una sección de una red con un punto de introducción, a saber, una red de suministro eléctrico 2, una red de conexión 4 indicada y un transformador 6 para transformar una tensión eléctrica en la red de conexión 4, es decir, una tensión de red de conexión, a una tensión en la red de suministro 2, es decir, una tensión de red de suministro. Además, se indican tres sitios de medición o puntos de medición, a saber, un punto de medición del parque 8, un punto de medición de la red 10 y un punto de medición virtual 12. El punto de medición del parque 8, que también puede denominarse como punto de medición del lado del parque, está situado en la red de conexión 4, que en este caso también constituye la red del parque 4, directamente delante del transformador 6. El punto de medición de la red 10, que también puede denominarse como punto de medición del lado de la red, está situado en la red de suministro 2, directamente en el transformador 6. Desde el punto de vista de la red del parque o de la red de conexión 4, el punto de medición de la red 10 está colocado detrás del transformador 6. El punto de
- 45 medición virtual 12 está situado básicamente en cualquier punto de la red de suministro 4, particularmente a una distancia significativa del punto de medición de la red 10. El punto de medición virtual es un punto en la red de suministro en una posición en la que la tensión eléctrica es de interés, en particular, para una regulación basada en la misma. La Fig. 3, y también la Fig. 4, muestran el punto de medición virtual 12 en la red de suministro 2. Sin embargo, también se puede considerar para el punto de medición virtual una posición en el transformador 6.
- 50
- 55 El punto de medición de la red 10 o el transformador 6 como tal puede denominarse como un punto de introducción común (PCC).
- La Fig. 3 también muestra un circuito equivalente ESB para la sección de red mostrada, incluido el punto de
- 60 introducción. Para el transformador 6, la resistencia  $R_T$  y la reactancia  $X_T$  son los componentes de recambio. Los

componentes de recambio  $R_L$  y  $X_L$  representan la característica de la red de suministro 2 para el tramo desde el punto de medición de la red 10 hasta el punto de medición virtual 12. En el punto de medición de la red 10 hay una tensión del conductor actual  $U_{act}$ , que se indica en el circuito equivalente ESB como tensión de fase  $U_{act}/\sqrt{3}$  contra el conductor neutro N. Además, fluye una corriente I. En este caso se usan valores complejos de corriente y tensión. La Fig. 3 ilustra el caso en el que el punto de medición virtual corresponde al punto de medición real, en este caso, el punto de medición de la red 10. La tensión de medición virtual se especifica aquí como  $U_{act}$ . Dado que en este caso la tensión de medición y la tensión virtual son idénticas, se considera:

$$\underline{U}_{act}^* = \underline{U}_{act}$$

10

Matemáticamente, esto también se puede expresar de manera que los valores sustitutivos R y X presentan el valor 0:

$$R = X = 0$$

15

La Fig. 4 ilustra el caso en el que el punto de medición virtual 12 está situado en la red de suministro 2 a una distancia significativa del punto de medición de la red 10. En este caso, la tensión virtual  $U_{act}^*$  puede calcularse a partir de la tensión medida  $U_{act}$  usando la resistencia  $R_L$  y la reactancia  $X_L$  de la red de suministro 2. Por razones de simplificación, estos parámetros del circuito equivalente ESB de la red de suministro 2 se usan sin índice en el cálculo. En la siguiente ecuación, R y X describen la resistencia o reactancia de la red de suministro 2 entre el punto de medición de la red 10 y el punto de medición virtual 12. La cifra de la tensión de medición virtual  $U_{act}^*$  se calcula según la siguiente ecuación:

20

$$U_{act}^* = \left| \underline{U}_{act} + \sqrt{3} \cdot (R + jX) \cdot \underline{I} \right| = \sqrt{\left( U_{act} + R \cdot \frac{P_{act}}{U_{act}} + X \cdot \frac{Q_{act}}{U_{act}} \right)^2 + \left( X \cdot \frac{P_{act}}{U_{act}} - R \cdot \frac{Q_{act}}{U_{act}} \right)^2}$$

25

La tensión de medición virtual  $U_{act}^*$  se calcula a partir de la resistencia y de la reactancia R y X, así como de la corriente de línea I. La corriente de línea I también se puede dividir en partes reales e imaginarias y se puede calcular a partir de la potencia activa actual  $P_{act}$ , la potencia reactiva introducida  $Q_{act}$  y la tensión de red actual medida  $U_{act}$ :

30

$$\text{Re}(\underline{I}) = \frac{P_{act}}{U_{act}}; \text{Im}(\underline{I}) = \frac{Q_{act}}{U_{act}}$$

La fórmula de cálculo anterior para calcular la tensión virtual  $U_{act}^*$  supone que la resistencia R y la reactancia X no son igual a 0, sino inferiores, porque sus efectos se compensan durante el cálculo de la tensión de medición virtual  $U_{act}^*$ .

35

Para el cálculo actual se pueden usar valores normalizados, en particular, los parámetros para la resistencia R y la reactancia X. Por ejemplo, la impedancia  $Z_{Base}$  se puede usar como valor de referencia o valor de base para la normalización, que se calcula a partir de la tensión nominal  $U_{rat}$  y de la potencia nominal efectiva  $P_{rat}$  que vaya a introducirse, según la siguiente fórmula:

40

$$Z_{Base} = \frac{U_{rat}^2}{P_{rat}}$$

Por tanto, se puede determinar la tensión de medición virtual  $U_{act}^*$  para el punto de medición virtual 12.

45

Según otra realización, se propone que el punto de medición virtual 12 esté situado en el transformador. El cálculo de la tensión de medición virtual  $U_{act}^*$  puede realizarse de la misma manera que en el caso del punto de medición virtual 12 en la red de suministro 2, en el que la resistencia R' y la reactancia X' deben usarse para la parte correspondiente, es decir, la parte correspondiente de las espiras del transformador 6.

50

Los valores para la resistencia R o R' y la reactancia X o X' pueden determinarse mediante mediciones o a partir del

conocimiento de la topología subyacente. También se puede considerar un cálculo a partir de valores medidos, especialmente para un punto de medición virtual en el transformador.

La Fig. 5 ilustra la determinación de la tensión de medición virtual  $U_{VIRT}$  mediante un bloque de funciones 50. Este bloque de funciones 50 requiere la resistencia  $R$  correspondiente y la reactancia  $X$  correspondiente como parámetros de entrada y la potencia reactiva  $Q$  introducida actualmente, la potencia activa  $P$  introducida actualmente y la tensión  $U$  aplicada actualmente como valores medidos para el punto de referencia o el punto de medición. En general, la tensión de medición virtual  $U_{VIRT}$  es una función de estos dos parámetros y estos tres valores medidos:

$$10 \quad U_{VIRT} = f(R, X, P, Q, U).$$

La tensión virtual  $U_{VIRT}$  calculada de esta manera puede usarse como valor REAL para una regulación de la tensión, que obtiene una tensión de referencia  $U_{ref}$  como valor nominal y calcula a partir de ahí una variable de ajuste, en particular, una corriente reactiva que se va a introducir.

15 Las Figs. 6 a 8 muestran diferentes constelaciones para la conexión del parque eólico incluyendo la medición virtual de la tensión propuesta. Según la Fig. 6, un sistema de control central FCU del parque realiza la medición en la red de conexión 4 desde la perspectiva del parque eólico 112 frente al transformador 6. En este caso, el punto de medición virtual 12 está ubicado en el transformador 6. Para el cálculo de la tensión virtual, el transformador también  
20 puede describirse esencialmente por el circuito equivalente indicado de la conexión en serie del componente inductivo  $X_{Trafo}$  y del componente óhmico  $R_{Trafo}$ .

En la constelación que se muestra, es de particular importancia una sección local 602 de la red de suministro eléctrico 2 que presenta esquemáticamente un generador  $G$  y un consumidor  $V$ , que son representativos para varios  
25 componentes. Finalmente, el tramo local 602 se conecta a través de la línea 604 a otro tramo 606 de la red de suministro 2.

La estructura según la Fig. 7 se corresponde con la de la Fig. 6, en la que el punto de medición virtual 12 se sitúa en la zona de la línea de conexión 608, que se encuentra entre el transformador 6 y el tramo local 602 de la red de  
30 suministro eléctrico 2. Aquí la línea de conexión 608 es predominante, al menos no insignificante, de manera que aquí se puede seleccionar el punto de medición virtual 12 tal y como se muestra. La medición se realiza mediante el sistema de control del parque FCU, en relación al parque eólico 112, detrás del transformador 6.

De acuerdo con la constelación de la Fig. 8, no se proporciona ninguna sección local 602, al menos no presentada  
35 como importante. El punto de medición virtual 12 se sitúa en el transformador 6 y la medición se realiza mediante el sistema de control del parque FCU, desde la perspectiva del parque eólico 112, detrás del transformador 6 y delante de una línea 604, que forma una conexión con la red de suministro 2 o con el tramo restante o el tramo más distante 606 de la red de suministro 2.

40 Las Figs. 6 a 8 muestran claramente que el punto de medición virtual se puede colocar en el transformador o en una posición y una línea, en función de la topología específica. Además, la medición real, relacionada con el parque eólico, puede tener lugar antes o después del transformador. En cualquier caso, la tensión virtual se calcula sobre la base de una medición, en la que se tiene en cuenta una corriente introducida, en particular, la corriente reactiva.

45 Por lo tanto, se propone calcular una tensión virtual en la red de suministro compensando una caída de tensión en una línea de suministro y/u otros componentes de la red. En particular, se propone calcular una tensión virtual en un transformador de esta manera según una realización. La ventaja es que tiene lugar un desacoplamiento correspondiente de la medición de tensión verdadera.

50 La compensación requiere para el cálculo una indicación de la resistencia y de la reactancia que debe compensarse. Además, se tienen en cuenta las magnitudes de medición del punto de medición correspondiente. El resultado es la tensión en el punto de medición virtual. Este punto, por tanto, tiene lugar la regulación, es decir, particularmente la regulación de la introducción que incluye cualquier medida de soporte de red se basa en esta tensión en el punto virtual o en esta tensión virtual.

55 Por lo tanto, se propone una solución en la que la medición de la tensión esté desacoplada. La tensión de red del parque eólico no solo se ve afectada por este parque eólico, sino también puede verse afectada por otros generadores o consumidores conectados al mismo punto de red o a uno cercano.

60 En esta situación, si varias unidades, en particular, varios parques eólicos, llevan a cabo la regulación de la tensión

5 en este punto de acceso a la red, en particular, con un controlador PI o PID, esto puede provocar inestabilidad en el control. Esto puede deberse al hecho de que cada una de estas unidades mide una pequeña tensión de red diferente. Esta desviación puede ser causada por las tolerancias de la medición, que a su vez puede depender del instrumento de medición respectivo, de diferentes procedimientos de medición o de núcleos de transductores con tolerancias, por nombrar solo algunos ejemplos.

Si cada uno de los controladores, es decir, los respectivos controladores de las unidades intentan regular esta tensión, pueden producirse problemas, causados en particular, por el componente integral (componente I). Incluso la desviación más pequeña se convertirá tarde o temprano en un valor significativo debido al componente integral.

10

Para abordar este problema, se propone, en particular, desacoplar en cada caso la tensión de red medida de cualquier manera adecuada y para ello se propone, según la invención, el uso de un punto de medición virtual. El cálculo del punto de medición virtual, es decir, la tensión en el punto de medición virtual se realiza mediante el cálculo electrotécnico de una línea o de un transformador. Se supone que estos componentes, es decir, la línea o el transformador son componentes óhmicos-inductivos. La fórmula correspondiente ya se ha indicado anteriormente como cálculo para la tensión de medición virtual  $U^*_{act}$ .

15

El uso del punto de medición virtual, es decir, la tensión calculada sobre el ya no usa la medición de tensión real como valor real para la regulación, sino más bien la suma de la tensión real y la caída de tensión del componente óhmico-inductivo, es decir, del transformador o de la línea. Esta caída de tensión se calcula a partir de los parámetros para R y X de la corriente I introducida del parque eólico, es decir, a partir de la corriente que fluye a través del componente correspondiente.

20

Si la regulación de tensión introduce una corriente reactiva mayor, por ejemplo, esto influye en la tensión real y, al mismo tiempo, en la caída de tensión en la línea o en el transformador. De esta manera se desacopla parcialmente la medición verdadera de la tensión real.

25

La tensión virtual es, por lo tanto, una función que depende de los valores  $U_{ist}$ ,  $P_{ist}$  y  $Q_{ist}$ . Con esta tensión (virtual) convertida, se puede usar, en particular, un regulador de tensión PI.

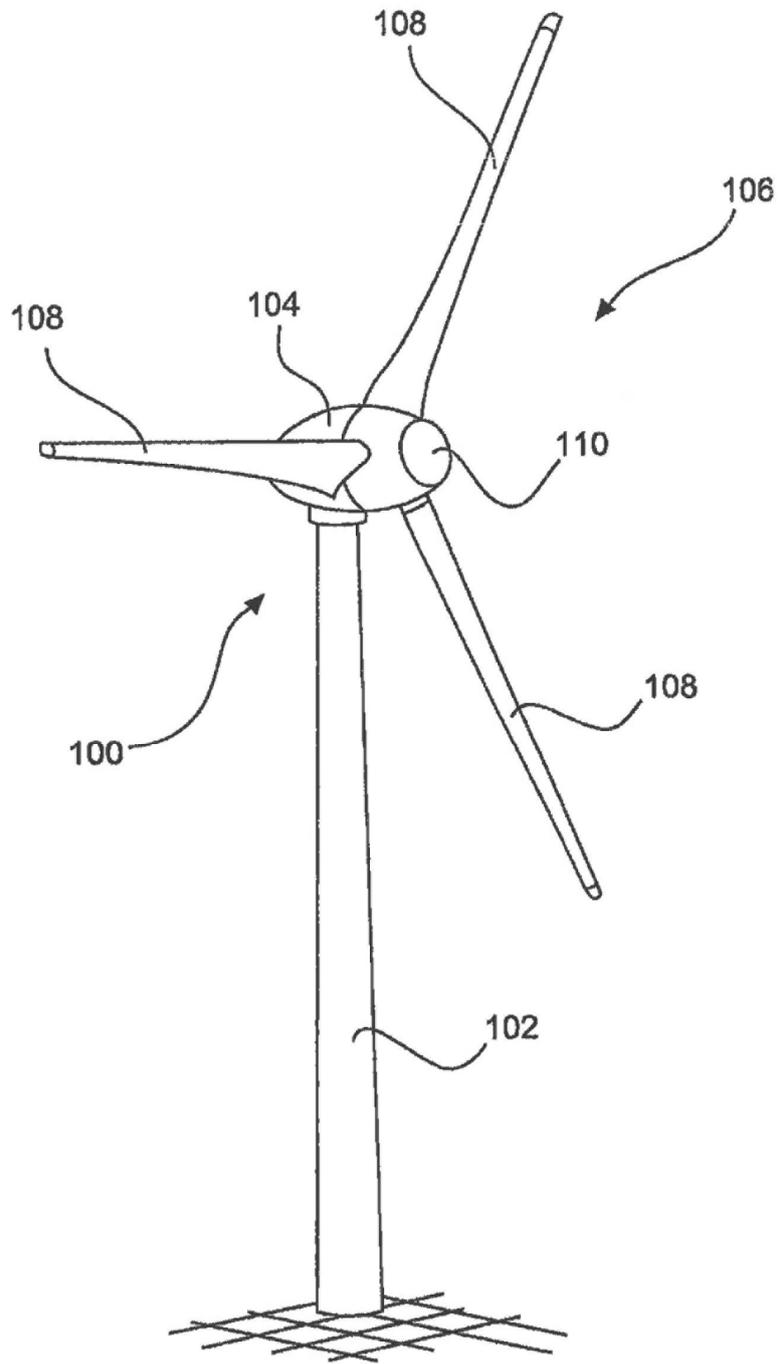
30

**REIVINDICACIONES**

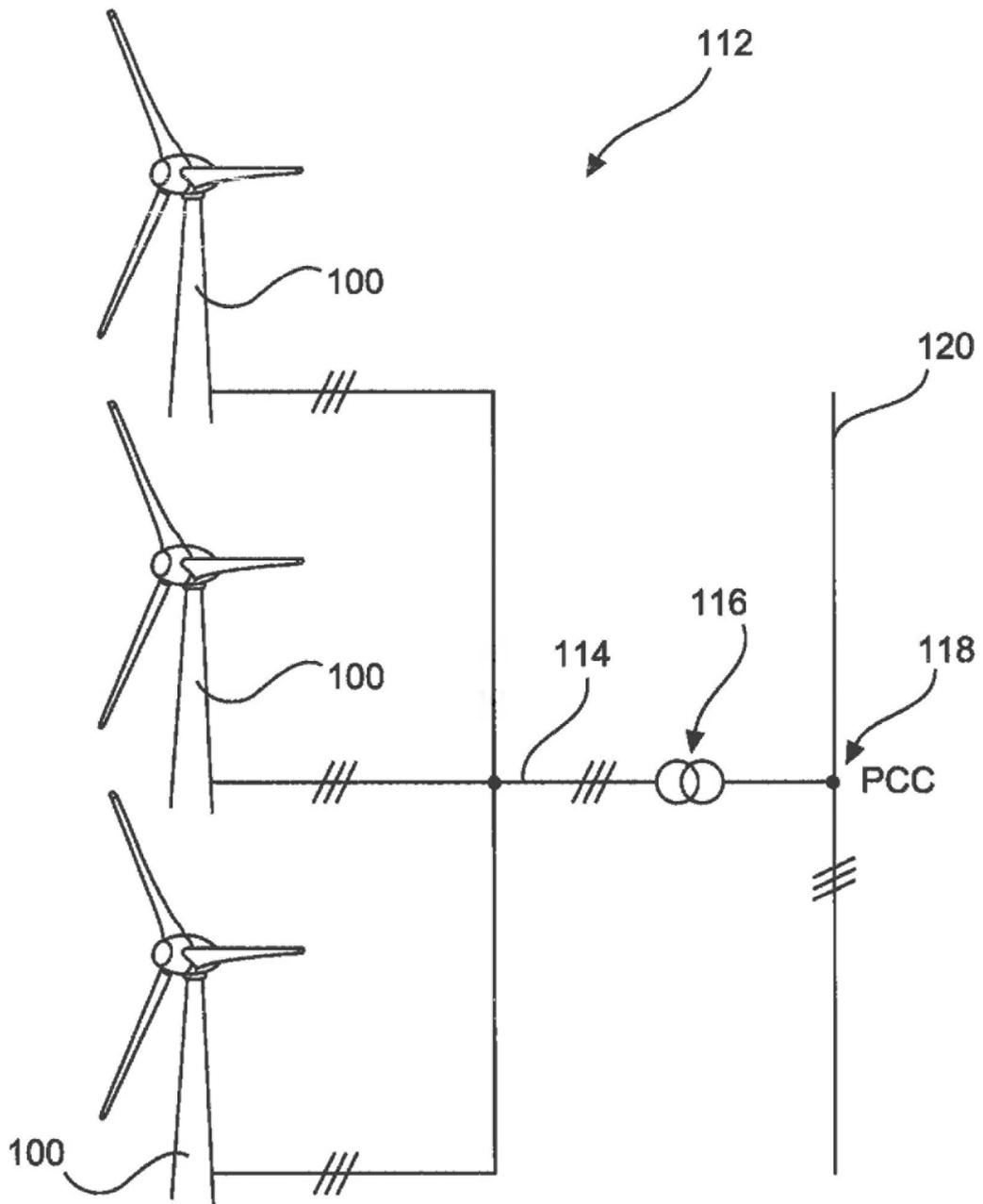
1. Procedimiento para la introducción de energía eléctrica (P) en una red de suministro eléctrico (2) mediante un parque eólico (112), en el que
- 5 - el parque eólico (112) introduce en la red de suministro eléctrico (2) desde una primera red de conexión (4) a través de un transformador (6) y la primera red de conexión (4) presenta una tensión de conexión y la red de suministro eléctrico (2) presenta una tensión de red de suministro, caracterizado porque la introducción se realiza en función de una tensión de medición virtual ( $U_{VIRT}$ ) y
- 10 - como tensión de medición virtual ( $U_{VIRT}$ ), se calcula una tensión de un punto de medición virtual (12).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el punto de medición virtual (12)
- está situado en una línea de la red de suministro eléctrico (2),
- 15 - está situado en una línea de la primera red de conexión (4) o
- está situado en una línea de suministro entre el transformador y la red de suministro eléctrico.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el punto de medición virtual (12)
- 20 - está situado en el transformador (6), y/o
- se coloca en un valor nominal predeterminado, preferentemente en un rango de aproximadamente 20 kV.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- 25 - la tensión de suministro es una tensión alta, en particular, de unos 110 kV y/o
- la tensión de la red conexión es una tensión media, en particular, de unos 20 kV.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la tensión de medición virtual ( $U_{VIRT}$ ) en el punto de medición virtual (12) se calcula a partir de
- 30 - la tensión de la red de conexión,
- una corriente del transformador (I),
- la potencia introducida (P) en el momento y/o
- una potencia reactiva (Q) introducida en el momento
- 35 y/o que el cálculo se realiza en función de
- una resistencia (R) y/o
- una reactancia (X)
- 40 del transformador (6) o de una parte del mismo y/o de una línea entre un punto de medición real (10) y el punto de medición virtual (12).
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- 45 - el punto de medición virtual (12) está situado en el transformador (6),
- en el punto de medición virtual es efectiva una parte de las espiras del transformador (6) y la posición electrotécnica del punto de medición se define por la relación entre el número de estas espiras efectivas y el número total de espiras del transformador (6),
- 50 - para calcular la tensión virtual ( $U_{VIRT}$ ) en este punto de medición virtual, se usan como parámetros la resistencia (R) y la reactancia (X) de estas espiras efectivas, y
- los valores de esta resistencia (R) y de esta reactancia (X) de las espiras efectivas se calculan a partir de la resistencia y de la reactancia de todo el transformador (6) y de la relación entre el número de espiras efectivas y el número total de espiras del transformador (6).
- 55
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, dependiendo de la tensión de medición virtual ( $U_{VIRT}$ )
- se aumenta o se reduce la potencia introducida (P) y/o
- 60 - se aumenta o se reduce una potencia reactiva introducida (Q).

8. Parque eólico (112) para la introducción de potencia eléctrica (P) a una red de suministro (2), en el que el parque eólico (112) está preparado para realizar la introducción con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

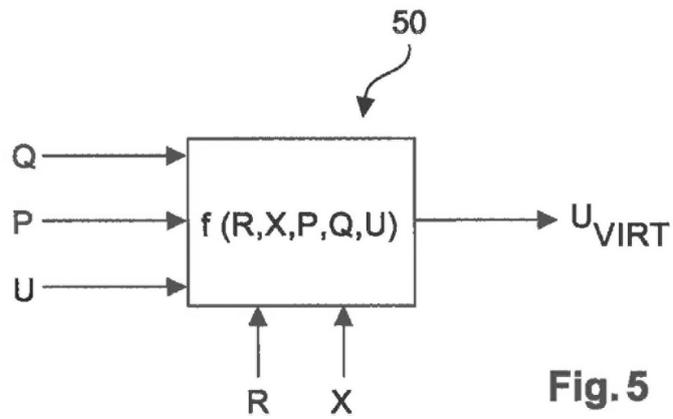
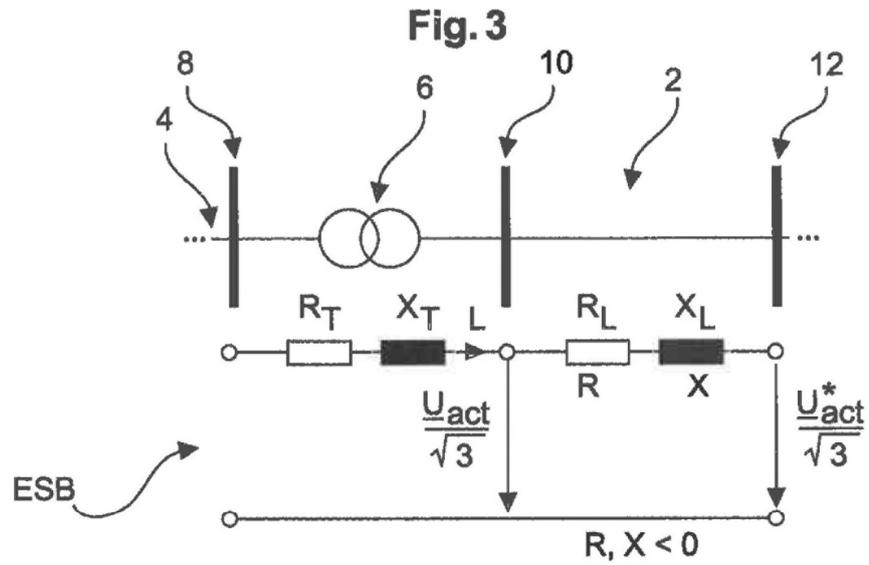
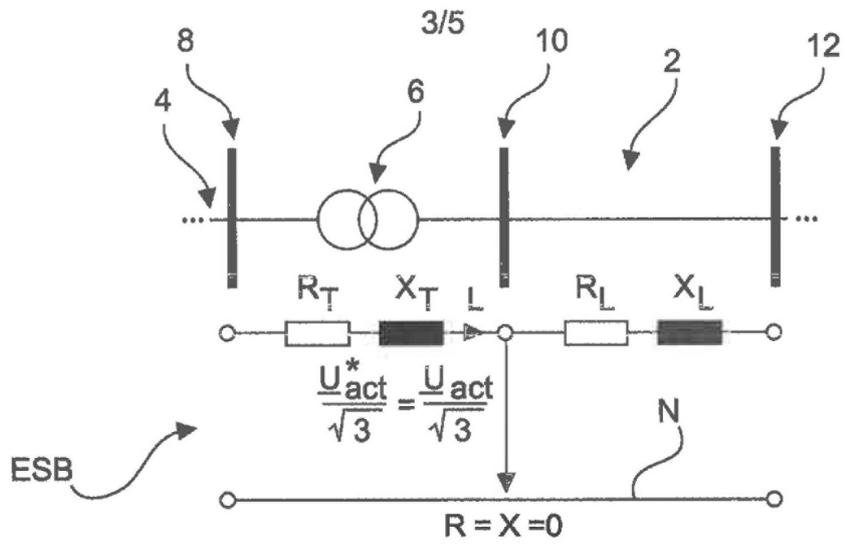
5



**Fig. 1**



**Fig. 2**



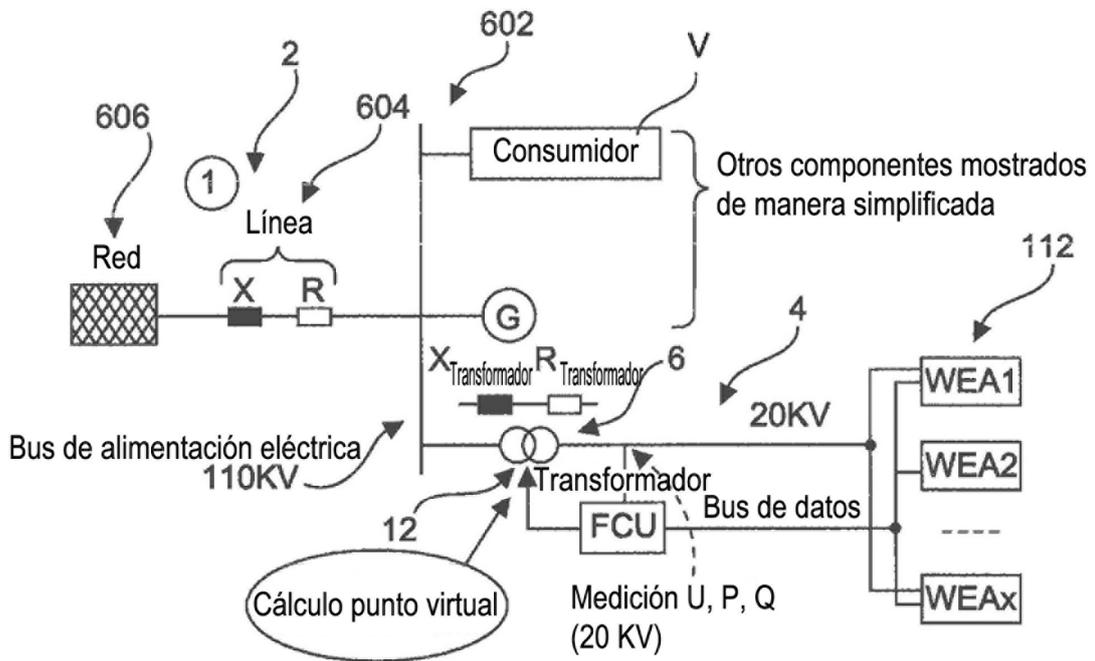


Fig. 6

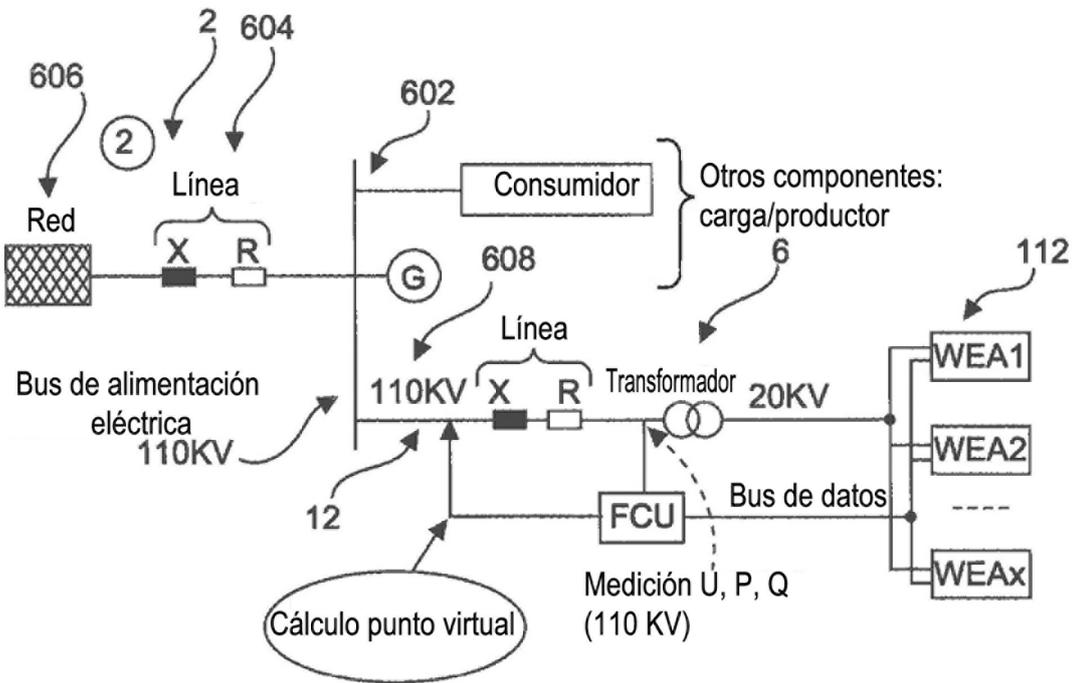
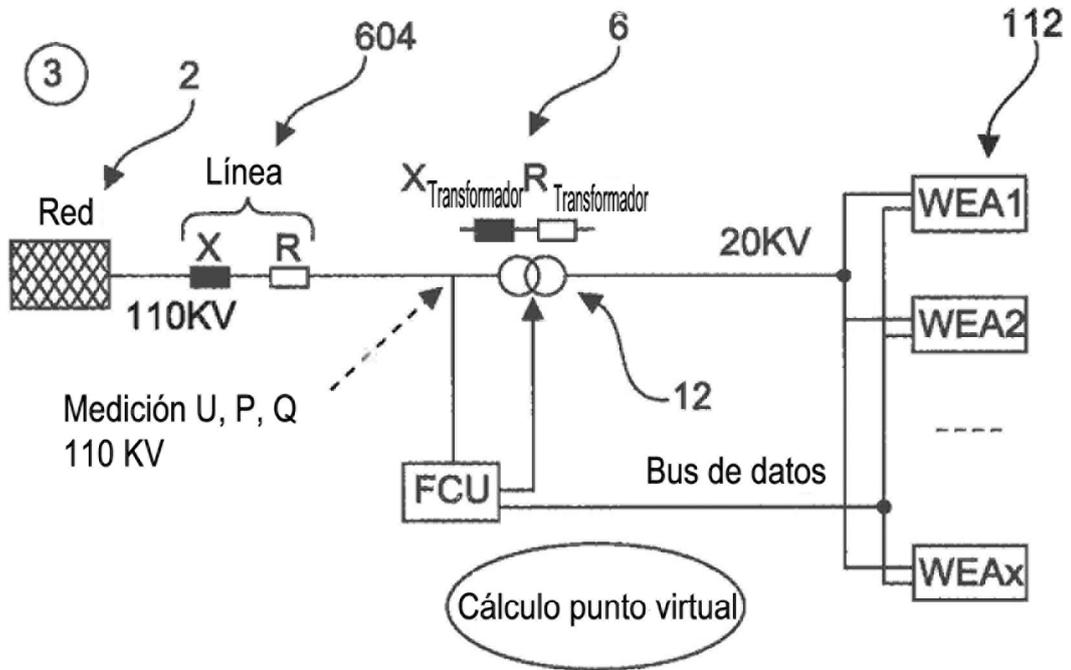


Fig. 7



**Fig. 8**