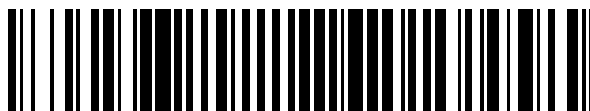


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 489**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

G01R 31/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2009 E 09804263 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013 EP 2377225**

54 Título: **Procedimiento y sistema para comprobar plantas eólicas**

30 Prioridad:

17.12.2008 DK 200801803

17.12.2008 US 138271 P

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

06.05.2013

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 44

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

MARTÍNEZ GARCÍA, JORGE;

KJÆR, PHILIP CARNE y

NIELSEN, PETER

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 402 489 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 y sistema para comprobar plantas eólicas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema para comprobar una instalación de turbina eólica, preferentemente una central eólica. En concreto, la presente invención se refiere a un procedimiento y a un sistema que aplica circuitos de resonancia sintonizados a la frecuencia fundamental, o a armónicos de la misma, de una red de suministro eléctrico conectada a la instalación de turbina eólica que va a ser comprobada.

Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de pruebas actuales para la comprobación in situ y a escala completa de aerogeneradores para suministro ininterrumpido son bastante voluminosos. De hecho requieren de un equipo de pruebas que ocupa todo un contenedor con el fin de realizar una comprobación a escala completa realista de un único aerogenerador. Además, los sistemas conocidos, tales como el sistema sugerido en el documento EP 1 801 414, requieren que el aerogenerador que se va a comprobar sea desconectado de una red de suministro eléctrico durante la comprobación. El documento EP 1764894 divulga un sistema de pruebas móvil para la comprobación in situ de
15 una instalación de turbina eólica, comprendiendo dicho sistema un circuito de resonancia que tiene una impedancia variable a la frecuencia fundamental de la red.

Con el fin de comprobar una central eólica completa se requiere el equivalente de un contenedor de pruebas para cada aerogenerador en la central. Obviamente, la comprobación in situ de centrales eólicas utilizando sistemas y procedimientos convencionales no es realista.

20 Por las anteriores razones se puede ver como un objeto de modos de realización de la presente invención proporcionar un procedimiento y un sistema de pruebas capaz de comprobar centrales eólicas en condiciones realistas.

Se puede ver como un objeto adicional de modos de realización de la presente invención proporcionar un procedimiento y un sistema de pruebas para comprobar centrales eólicas, siendo capaz dicho procedimiento y sistema de pruebas de realizar pruebas in situ y a escala completa de centrales eólicas sin perturbar la red de
25 suministro eléctrico, incluyendo los consumidores conectados a la misma.

Se puede ver como un objeto adicional de modos de realización de la presente invención proporcionar un sistema de pruebas móvil para centrales eólicas.

Descripción de la invención

30 Los objetos anteriormente mencionados se alcanzan proporcionando, en un primer aspecto, un sistema de pruebas móvil para la comprobación in situ de una instalación de turbina eólica conectada funcionalmente a una red de suministro eléctrico, comprendiendo el sistema de pruebas un primer circuito de resonancia que tiene una impedancia variable a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico, estando adaptado el primer circuito de resonancia para insertarse en serie con la instalación de turbina eólica y la red de suministro eléctrico.

35 Los autores de la invención han concluido que con el fin de comprobar una central eólica completa utilizando técnicas conocidas se requiere el equivalente de un contenedor de pruebas para cada aerogenerador en la central. El sistema de pruebas móvil propuesto permitirá la comprobación in situ y a escala completa de centrales eólicas con una cantidad de equipo altamente reducida.

40 El término "instalación de turbina eólica" debe ser entendido en un sentido amplio. Así pues, el término instalación de turbina eólica puede cubrir cualquier instalación que convierta energía eólica en energía eléctrica. Ejemplos de tales instalaciones son aerogeneradores aislados, pequeños grupos de aerogeneradores, centrales eólicas o subgrupos de los mismos.

45 El término "móvil" debe ser entendido como un sistema que puede ser adaptado para ser desplazado de un emplazamiento eólico a otro emplazamiento eólico. Así pues, el sistema de pruebas de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención puede ser desplazado fácilmente entre emplazamientos de centrales con el fin de comprobar centrales eólicas situadas en diferentes ubicaciones.

50 El primer circuito de resonancia puede estar adaptado para ser insertado entre un punto de acoplamiento común y la red de suministro eléctrico. De este modo, se establece una conexión en serie que comprende la instalación de turbina eólica, el primer circuito de resonancia y la red de suministro eléctrico. El primer circuito de resonancia puede estar constituido por un único circuito de resonancia, o puede estar constituido por una pluralidad de

circuitos de resonancia que se acoplan en paralelo, en el que cada uno de dicha pluralidad de circuitos de resonancia está sintonizado para acoplarse con armónicos seleccionados.

5 El sistema de pruebas puede comprender además un segundo circuito de resonancia que tiene una impedancia variable a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico, estando adaptado el segundo circuito de resonancia para ser insertado entre el punto de acoplamiento común y tierra.

10 Las impedancias primera y segunda son variables de tal modo que se puede obtener un nivel de corriente de cortocircuito predeterminado. Asimismo, el nivel de tensión en el punto de acoplamiento común puede ser variado entre 0 y un nivel que supera su valor nominal variando un cociente entre las impedancias de los circuitos de resonancia primero y segundo. La razón para esto es que los circuitos de resonancia primero y segundo forman un divisor de tensión en combinación.

Las impedancias de los circuitos de resonancia primero y segundo pueden en principio ser tan altas o tan bajas como se desee. Sin embargo, el primer circuito de resonancia está adaptado típicamente para ser sintonizado para tener una impedancia inferior a la impedancia del segundo circuito de resonancia a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico.

15 Preferentemente, la impedancia en serie con la red, esto es, el primer circuito de resonancia, deja el cociente de cortocircuito (SCR) a un máximo de cinco. Así pues, el cociente entre las impedancias de los circuitos de resonancia primero y segundo es preferentemente menor que cinco. La impedancia del segundo circuito de resonancia define el nivel de tensión remanente en el punto de acoplamiento común.

20 Se pueden proporcionar disyuntores de circuito para cada uno de los circuitos de resonancia primero y segundo con el fin de activar y/o desactivar los circuitos de resonancia primero y/o segundo. El disyuntor o disyuntores de circuito dispuestos para activar y/o desactivar el primer circuito de resonancia está(n) dispuesto(s) en paralelo con el mismo. De este modo, el primer circuito de resonancia puede estar cortocircuitado y por lo tanto en derivación en el caso de que la demanda así lo requiera. En el caso de que el primer circuito de resonancia esté constituido por una pluralidad de circuitos de resonancia acoplados en paralelo, se puede proporcionar un disyuntor de circuito para cada uno de los circuitos de resonancia de modo que cada circuito de resonancia individual puede ser activado y/o desactivado. Alternativamente, se puede proporcionar un disyuntor de circuito común para activar y/o desactivar el primer circuito de resonancia en su conjunto. En términos de implementación, los disyuntores de circuito pueden estar constituidos por conmutadores eléctricos controlables.

25 En lo que se refiere al segundo circuito de resonancia se puede proporcionar un disyuntor de circuito en serie con el mismo.

Se pueden proporcionar dispositivos de medición para cada uno de los circuitos de resonancia primero y segundo. Cada uno de dichos dispositivos de medición puede estar adaptado para medir un parámetro eléctrico, tal como una tensión, una corriente, una frecuencia, etc. De este modo las tensiones, corrientes, etc. proporcionados a los circuitos de resonancia respectivos pueden monitorizarse.

30 Con el fin de controlar el sistema de pruebas, se pueden proporcionar medios de control adaptados para señalar el procesamiento de parámetros medidos y para controlar disyuntores de circuito.

40 El sistema de pruebas puede comprender además medios de compensación, tales como un STATCOM o un compensador síncrono. Estos medios de compensación opcionales pueden ser utilizados para compensar perturbaciones no deseadas de la tensión de red provocadas por la conmutación de las impedancias. La supresión de perturbaciones indeseadas es importante ya que, de otro modo, alcanzarían y perturbarían a los consumidores y/o a otros generadores eólicos conectados funcionalmente a la red.

45 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para comprobar in situ una instalación de turbina eólica conectada funcionalmente a una red de suministro eléctrico, comprendiendo el procedimiento la etapa de proporcionar un primer circuito de resonancia que tiene una impedancia variable a una frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico, en el que dicho primer circuito de resonancia está dispuesto en serie entre un punto de acoplamiento común y la red de suministro eléctrico.

50 De nuevo, el término instalación de turbina eólica debe ser entendido en un sentido amplio. Así pues, el término instalación de turbina eólica puede cubrir cualquier instalación que convierta energía eólica en energía eléctrica. Ejemplos de tales instalaciones son aerogeneradores aislados, pequeños grupos de aerogeneradores, centrales eólicas o subgrupos de los mismos.

El procedimiento puede comprender además la etapa de proporcionar un segundo circuito de resonancia que tiene una impedancia variable a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico, estando dispuesto el segundo circuito de resonancia entre el punto de acoplamiento común y tierra.

El primer circuito de resonancia puede estar adaptado para ser insertado entre un punto de acoplamiento común y la red de suministro eléctrico. De este modo, se establece una conexión en serie que comprende la instalación de turbina eólica, el primer circuito de resonancia y la red de suministro eléctrico. El primer circuito de resonancia puede estar constituido por un único circuito de resonancia, o puede estar constituido por una pluralidad de circuitos de resonancia que están acoplados en paralelo, en el que cada uno de dicha pluralidad de circuitos de resonancia está sintonizado para acoplarse con armónicos seleccionados.

Las impedancias primera y segunda son variables de tal modo que se puede obtener un nivel de corriente de cortocircuito predeterminado si las impedancias primera y segunda se seleccionan adecuadamente. Los términos de valores de las impedancias primera y segunda pueden ser seleccionados dentro de los intervalos mencionados en conexión con el primer aspecto de la presente invención.

Como se mencionó previamente, el nivel de tensión en el punto de acoplamiento común puede ser variado entre 0 y un nivel que supere su valor nominal mediante la variación de un cociente entre impedancias de los circuitos de resonancia primero y segundo.

Con el fin de llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención, pueden ser medidos uno o más parámetros eléctricos tales como una tensión, una corriente, una frecuencia, etc. y utilizados subsiguientemente como parámetros de entrada a un sistema de control que controla un número de disyuntores de circuito adaptados para activar y/o desactivar circuitos de resonancia.

Breve descripción de la invención

La presente invención se explicará a continuación en mayor detalle con referencia al dibujo adjunto.

Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, en el dibujo se ha mostrado un modo específico de realización a modo de ejemplo y se describirá en detalle aquí. Se debe entender, sin embargo, que la invención no pretende estar limitada a la forma particular descrita. Antes bien, la invención cubre todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caigan dentro del espíritu y ámbito de la invención según se define por las reivindicaciones adjuntas.

25 Descripción detallada de la invención

En su aspecto más amplio la presente invención se refiere a un sistema de pruebas móvil y a un procedimiento asociado, adecuado para la comprobación in situ y a escala completa de centrales eólicas en condiciones de funcionamiento realistas. El sistema y el procedimiento asociado, de acuerdo con la presente invención están dirigidos a realizar pruebas sobre centrales eólicas sin perturbar la red de suministro eléctrico conectada funcionalmente con la central eólica. El principio que subyace a la presente invención descansa en la aplicación de circuitos de resonancia que están sintonizados de modo que se acoplen con la frecuencia fundamental, o con armónicos de la misma, de la red de suministro eléctrico.

El sistema de pruebas y el procedimiento asociado de la presente invención facilita que puedan ser determinadas características de las centrales eólicas tales como, por ejemplo, control de tensión para diversos cocientes de cortocircuito. Además, características relativas a situaciones de suministro ininterrumpido pueden ser mapeadas. Asimismo, se pueden comprobar comportamientos de separación en marcha aislada y perturbaciones armónicas. Por ejemplo, si la impedancia a tierra está constituida por una carga resistiva, se puede analizar la tensión de frecuencia para funcionamiento en separación en marcha aislada.

En referencia a continuación a la fig. 1, se describe el sistema de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. Como se muestra en la fig. 1, una central eólica 1 que comprende una pluralidad de aerogeneradores 2 está conectada funcionalmente a una red de suministro eléctrico 3 que tiene una impedancia de red Z_{grid} por medio del sistema de pruebas 4 de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. La central eólica 1 comprende típicamente un disyuntor de circuito 5 y un transformador de red 6 para ajustar el nivel de tensión de la central al nivel de tensión de la red. Además, cada uno de los aerogeneradores 2 puede estar acoplado opcionalmente a una red de centrales 7 mediante un transformador 8.

El sistema de pruebas mostrado en la fig. 1 comprende un primer circuito de resonancia 9 y un segundo circuito de resonancia 10. En la fig. 1, el primer circuito de resonancia 9 está insertado entre un punto de acoplamiento común y la red de suministro eléctrico 3. De este modo, se establece una conexión de serie que comprende la central eólica, el primer circuito de resonancia y la red de suministro eléctrico.

En la fig. 1 el primer circuito de resonancia 9 está constituido por un único circuito de resonancia. Sin embargo, el primer circuito de resonancia 9 puede estar constituido alternativamente por una pluralidad de circuitos de resonancia que están acoplados en paralelo, en el que cada uno de dicha pluralidad de circuitos de resonancia está sintonizado para acoplarse con armónicos seleccionados de la frecuencia fundamental de la red de suministro

eléctrico. Unos armónicos seleccionados satisfacen la expresión $6n \pm 1$, en la que n es un entero positivo. Así pues, en el extremo inferior del espectro de armónicos, los armónicos de red típicos son el quinto, el séptimo, el undécimo y el decimotercero.

5 Cada circuito de resonancia del sistema de pruebas comprende un condensador y un inductor acoplados en paralelo o en serie. Además, se pueden proporcionar resistencias a efectos de amortiguación.

Con el fin de determinar los valores de diseño de los circuitos de resonancia primero y segundo el siguiente sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas (L, C y R) necesita ser resuelto:

$$\omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

$$Z = \frac{R}{2}$$

$$X_L = \pi \cdot f \cdot L$$

15 Donde L y C son la inductancia y la capacitancia, respectivamente y R es la resistencia interna (no ilustrada en la fig. 1) tanto en la rama inductiva como en la capacitiva del filtro. Además, Z denota la impedancia del filtro en resonancia, X_L es la impedancia de la rama inductiva mientras que ω_r es la frecuencia de resonancia del filtro.

Unos medios de detección apropiados 11, 12 se proporcionan en conexión con cada uno de los circuitos de resonancia 9, 10. Estos medios de detección pueden ser sensores de tensión y/o corriente. Unas señales de los medios de detección son procesadas por un módulo de medida y control 15.

20 Además, se proporcionan disyuntores de circuito controlables 13, 14 para activar o desactivar los circuitos de resonancia primero 9 y segundo 10, respectivamente. El módulo de medida y control 15 está dispuesto para controlar los disyuntores de circuito 13, 14. En el caso de que el primer circuito de resonancia 9 vaya ser activado, se necesita cerrar el disyuntor de circuito 13. De modo similar, en el caso en el que el segundo circuito de resonancia 10 vaya ser activado, se necesita abrir el disyuntor de circuito 14. En el caso de que tan solo se vaya
25 activar el segundo circuito de resonancia 10, ambos disyuntores de circuito 13 y 14 necesitan estar abiertos.

El sistema de pruebas mostrado en la fig. 1 está equipado con medios de compensación 16 opcionales en forma de, por ejemplo, un STATCOM o un compensador síncrono. Se pueden proporcionar medios de detección 17 opcionales en conexión con los medios de compensación 16 opcionales.

30 El sistema de pruebas mostrado en la fig. 1 puede funcionar en diversos modos de funcionamiento. Por ejemplo, si ambos disyuntores de circuito 13, 14 se dejan abiertos solamente está activo el primer circuito de resonancia. Este modo de funcionamiento puede ser aplicado si la respuesta de la central a diversos cocientes de cortocircuito va a ser comprobada.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de pruebas móvil (4) para la comprobación in situ de una instalación de turbina eólica (1), comprendiendo dicho sistema de pruebas móvil (4) un primer circuito de resonancia (9) que tiene una impedancia variable a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico (3),
- 5 caracterizado porque
- dicho sistema de pruebas móvil (4) está conectado funcionalmente a una red de suministro eléctrico (3) y está adaptado el primer circuito de resonancia (9) para ser insertado en serie con la instalación de turbina eólica (1) y la red de suministro eléctrico (3).
2. Un sistema de pruebas de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer circuito de resonancia (9) está adaptado para ser insertado entre un punto de acoplamiento común y la red de suministro eléctrico (3).
- 10 3. Un sistema de pruebas de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además un segundo circuito de resonancia (10) que tiene una impedancia variable a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico, estando adaptado el segundo circuito de resonancia (10) para ser insertado entre el punto de acoplamiento común y tierra.
- 15 4. Un sistema de pruebas de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las impedancias primera y segunda son variables de tal modo que se puede obtener un nivel de corriente de cortocircuito predeterminado.
5. Un sistema de pruebas de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el primer circuito de resonancia (9) está adaptado para ser sintonizado para tener una impedancia que es menor que una impedancia del segundo circuito de resonancia (10) a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico.
- 20 6. Un sistema de pruebas de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el cociente entre la impedancia de los circuitos de resonancia primero y segundo (9, 10) es menor que cinco.
7. Un sistema de pruebas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-6, en el que se proporcionan disyuntores de circuito (13, 14) para cada uno de los circuitos de resonancia primero y segundo, estando adaptados dichos disyuntores de circuito (13, 14) para activar y/o desactivar los circuitos de resonancia primero y/o segundo (9, 10).
- 25 8. Un sistema de pruebas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-7, en el que se proporcionan dispositivos de medición (11, 12) para cada uno de los circuitos de resonancia primero y segundo (9, 10).
9. Un sistema de pruebas de acuerdo con la reivindicación 8, en el que cada uno de los dispositivos de medición (11, 12) está adaptado para medir un parámetro eléctrico, tal como una tensión, una corriente, una frecuencia, etc.
- 30 10. Un sistema de pruebas de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, que comprende además medios de control (15) adaptados para el procesamiento de señal de parámetros medidos y para controlar los disyuntores de circuito (13, 14).
11. Un sistema de pruebas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, que comprende además medios de compensación (16), tales como un STATCOM o un compensador síncrono.
- 35 12. Un sistema de pruebas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que el primer circuito de resonancia (9) comprende una pluralidad de circuitos de resonancia acoplados en paralelo, en el que cada uno de dicha pluralidad de circuitos de resonancia está sintonizado para acoplarse con armónicos seleccionados.
13. Un procedimiento para la comprobación in situ de una instalación de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento la etapa de proporcionar un primer circuito de resonancia (9) que tiene una impedancia variable a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico (3),
- 40 caracterizado por
- dicha instalación de turbina eólica (1) conectada funcionalmente a una red de suministro eléctrico (3) y dicho primer circuito de resonancia (9) dispuesto en serie entre un punto de acoplamiento común y la red de suministro eléctrico (3).
- 45 14. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además la etapa de proporcionar un segundo circuito de resonancia (10) que tiene una impedancia variable a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico (3), estando dispuesto el segundo circuito de resonancia (10) entre el punto de acoplamiento común y tierra.

15. Un sistema de procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende además la etapa de seleccionar las impedancias primera y segunda de tal modo que se pueda obtener un nivel de corriente de cortocircuito predeterminado.
- 5 16. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14 o 15, en el que la impedancia del primer circuito de resonancia (9) a la frecuencia fundamental de la red de suministro eléctrico (3) es inferior a la impedancia del segundo circuito de resonancia (10) a la frecuencia fundamental.
17. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 14-16, en el que un cociente entre las impedancias de los circuitos de resonancia segundo y primero (9, 10) es menor que cinco.
- 10 18. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-17, que comprende además la etapa de medir uno o más parámetros eléctricos, tales como una tensión, una corriente, una frecuencia, etc.

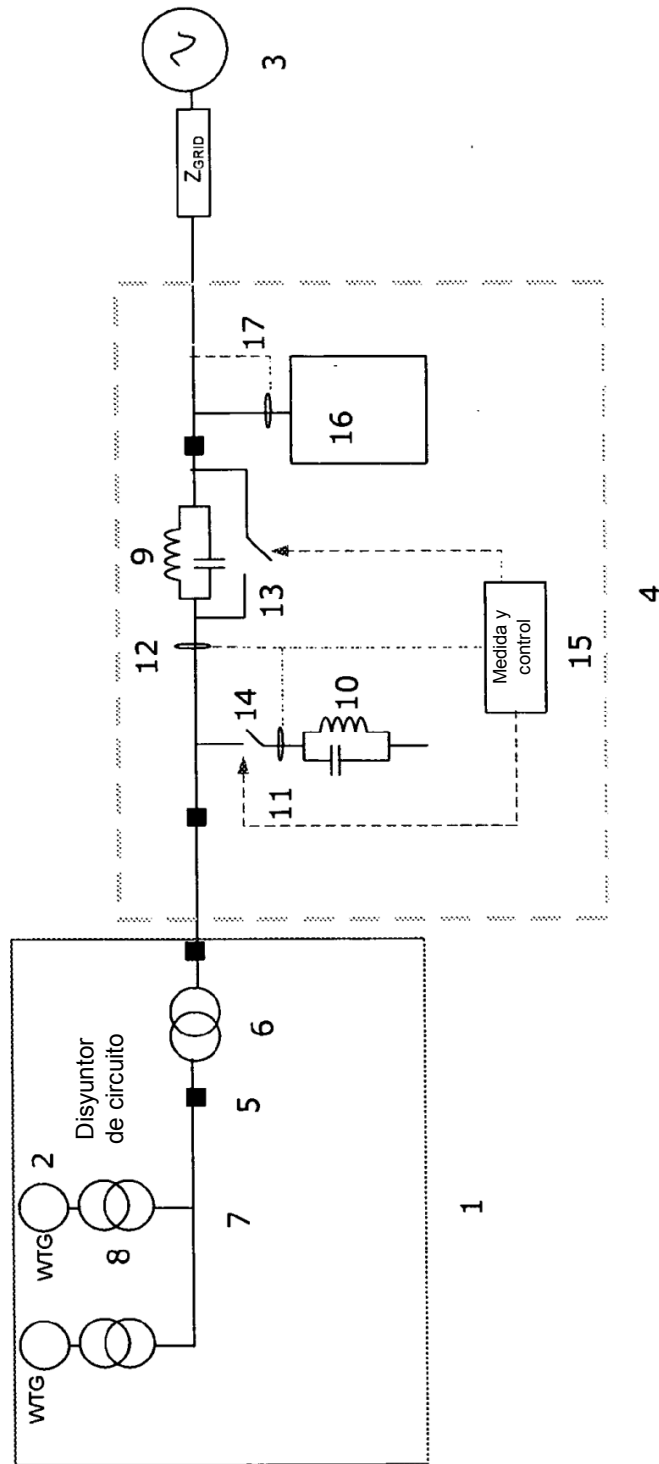


Figura 1