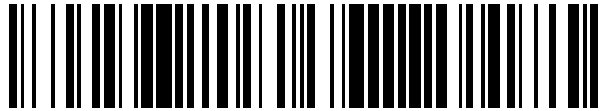


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 574 707**

51 Int. Cl.:

F03D 9/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2011 E 11799348 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2649306**

54 Título: **Un procedimiento para hacer funcionar una turbina eólica, así como un sistema adecuado para el mismo**

30 Prioridad:

10.12.2010 DK 201070538

10.12.2010 US 421649 P

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

21.06.2016

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

GUPTA, AMIT KUMAR;

TRIPATHI, ANSHUMAN;

STYHM, OVE;

HELLE, LARS;

KARUPPANAN, YUGARAJAN y

OPINA, GIL JR LAMPONG

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 574 707 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

Un procedimiento para hacer funcionar una turbina eólica, así como un sistema adecuado para el mismo

Antecedentes

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una turbina eólica. Además, la presente invención se refiere a un sistema de control del funcionamiento de una turbina eólica. Finalmente, la presente invención se refiere a una turbina eólica.

10 En los últimos años se ha convertido en un aspecto importante de los códigos de red que gestionen adecuadamente la sobretensión que se produce en las redes eléctricas a las que están conectadas las turbinas eólicas. Es decir, las turbinas eólicas han de ser capaces de permanecer conectadas a las redes eléctricas o funcionar incluso en el caso de sobretensión. Las turbinas eólicas que son capaces de permanecer conectadas a las redes eléctricas durante la sobretensión pueden denominarse turbinas eólicas capaces de funcionar en caso de sobretensión/alta tensión.

15 Las sobretensiones (OV) están ganando la atención de los dueños de parques eólicos y de los fabricantes de turbinas eólicas debido a la gran cantidad de electrónica de potencia sensible en las turbinas eólicas con convertidores de frecuencia. Los operadores de sistemas de transmisión también están interesados en este fenómeno, ya que se han producido situaciones en las que el sistema de conexión de red de parques eólicos marinos donde los sistemas de aislamiento se han sometido a tensiones en situaciones nunca antes experimentadas. Se han observado sobretensiones de hasta 2 p.u. En estos casos, el disyuntor del circuito principal disparó el cable del parque eólico en el punto de conexión en tierra y dejó el parque eólico en funcionamiento aislado con el cable y el transformador del parque eólico. Aunque dichos eventos son raros, esto representa un riesgo de

20 daño para el equipo. Por lo tanto, el operador del sistema de transmisión danés realizó investigaciones acerca de dicha sobretensión en relación con la planificación de nuevos parques eólicos marinos. Estas investigaciones han mostrado que los niveles de sobretensión se ven influidos por muchos parámetros, incluyendo las características operativas de los generadores de turbinas eólicas (WTG) antes de la desconexión, sistemas de protección, control y la precisión de la representación del cable y de los transformadores en el intervalo de frecuencias relevante.

25 De acuerdo con los estudios de los códigos de red, puede aplicarse una tensión de hasta 2,0 veces la tensión de red nominal en los terminales WTG. Por ejemplo, en Australia, la sobretensión temporal puede ser de hasta 1,6 pu y en Canadá-Manitoba, la sobretensión temporal puede ser de hasta 2,0 pu.

30 En W. Sweet, "Danish Wind Turbines Take Unfortunate Turn", IEEE Spectrum, vol. 41, N° 11, págs. 30, 2004 se informaba de que un parque eólico marítimo en la costa oeste de Dinamarca, denominado Horns Rev 1, conectado mediante un cable submarino, experimentó sobretensiones (OV) que llegaron a 2 p.u. (por unidad) cuando el disyuntor saltó en el punto de conexión en tierra y dejó el parque eólico en funcionamiento aislado con el cable y el transformador del parque eólico.

35 En W. Wiechowski, J.C. Hygebjerg y P. Børre Eriksen, — "Higher Frequency Performance of AC Cable Connections of Offshore". *7 th int. Conf. on Large Scale Integration of Wind Power and on Transmission Networks for Offshore Wind Farms*, págs. 211-217, 2008, se informó de que el operador del sistema de transmisión danés, Energinet.dk, realizó investigaciones acerca de tal sobretensión en relación con la planificación del nuevo parque eólico marítimo Horns Rev 2. Estas investigaciones han mostrado que los niveles de sobretensión se ven influidos por muchos parámetros, incluyendo las características operativas del generador de turbina eólica (WTG) antes de la desconexión, sistemas de protección, control y la precisión de la representación del cable y de los transformadores

40 en el intervalo de frecuencias relevante.

Es deseable proporcionar un procedimiento para gestionar la sobretensión para turbinas eólicas que sean altamente eficaces y fáciles de implementar.

Sumario de la invención

45 De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona un procedimiento para hacer funcionar una turbina eólica que incluye un generador de potencia, un convertidor del lado de máquina conectado al generador de potencia, un convertidor del lado de línea conectado a una red eléctrica a través de componentes de potencia, y un enlace de CC conectado entre el convertidor del lado de máquina y el convertidor del lado de línea. El procedimiento monitoriza la red eléctrica para comprobar eventos de sobretensión. Si se detecta un evento de sobretensión, se realizan los siguientes procesos: se deshabilita el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina y del

50 convertidor del lado de línea; se habilita una descarga de CA conectada entre el convertidor del lado de máquina y el generador de potencia para disipar la potencia de salida del generador de potencia a la descarga de CA; se espera durante un periodo de espera; y se habilita el funcionamiento activo del convertidor del lado de línea y del convertidor del lado de máquina si el evento de sobretensión finaliza durante el periodo de espera.

55 De acuerdo con un aspecto, deshabilitar el funcionamiento activo de un convertidor significa (o al menos incluye) que se inhiban las señales PWM (modulación por ancho de pulsos) al convertidor. Por el contrario, habilitar el funcionamiento activo de un convertidor puede incluir que las señales PWM al convertidor ya no se inhiban.

Las ventajas de este aspecto son que los componentes de potencia principales en el sistema de convertidor permanecen inalterados para asegurar un funcionamiento en sobretensión a corto plazo para la turbina. Además, únicamente han de hacerse cambios de software menores (con respecto al software de control que controla el funcionamiento de la turbina eólica). Pueden ser necesarios cambios de hardware menores, tal como sensores y cableado. El procedimiento es muy robusto. Independientemente de si la sobretensión es de naturaleza simétrica o asimétrica, la capacidad de funcionamiento es siempre posible.

Típicamente, una tensión de red por encima de 1,1 por unidad (pu) se considera una sobretensión o un desequilibrio de tensión. Sin embargo, el rango de tensión nominal y el nivel de sobretensión cambian de un país a otro. Una pequeña cantidad de sobretensión puede gestionarse absorbiendo la potencia reactiva mediante procesos de conmutación activa del convertidor del lado de máquina y el convertidor del lado de línea (comúnmente conocidos como convertidores de potencia). Pero dicha absorción de la potencia reactiva a través de los convertidores de potencia puede no ser adecuada para gestionar una sobretensión mayor.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, la expresión "evento de sobretensión" se refiere a la aparición de una sobretensión. El evento de sobretensión puede incluir una pequeña sobretensión de aproximadamente 1,1 pu (por unidad) o una gran sobretensión de aproximadamente 2,0 pu o más. A pesar de que se menciona que una pequeña sobretensión de 1,1 pu puede gestionarse por los convertidores absorbiendo la potencia reactiva, también es posible que una pequeña sobretensión se gestione de acuerdo con la presente invención. El evento de sobretensión también puede incluir la aparición de una concatenación de varios eventos de sobretensión seguidos.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la duración del periodo de espera se ajusta dinámicamente dependiendo de la sobretensión detectada. Por ejemplo, la duración del periodo de espera puede disminuir exponencialmente con el aumento de la magnitud de la sobretensión. Pueden usarse otras relaciones distintas de las relaciones exponenciales entre la sobretensión y el tiempo de espera.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el procedimiento incluye adicionalmente: monitorizar si, debido al evento de sobretensión, la tensión de enlace de CC excede un límite de tensión de enlace de CC predeterminado (debido a un aumento de la tensión de enlace de CC afectada por el evento de sobretensión); si se determina que el enlace de CC excede el límite de tensión de enlace de CC predeterminado, esperar hasta que la tensión de enlace de CC caiga por debajo del límite de tensión de enlace de CC predeterminado; y habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina y del convertidor del lado de línea después de que la tensión de enlace de CC caiga por debajo del límite de tensión de enlace de CC predeterminado hasta un rango de tensión de enlace de CC predeterminado. El límite de tensión de enlace de CC predeterminado se selecciona, por ejemplo, basándose en los requisitos de la red, los requisitos de los generadores y/o los aspectos de diseño de los convertidores. Esperar hasta que la tensión de enlace de CC caiga por debajo del límite de tensión de enlace de CC predeterminado garantiza que el convertidor del lado de línea sea capaz de comenzar el funcionamiento activo de forma segura.

De acuerdo con una realización, el procedimiento incluye adicionalmente monitorizar si, debido al evento de sobretensión, la tensión de red excede un límite de tensión de red predeterminado; si se determina que la tensión de red excede el límite de tensión de red predeterminado, esperar hasta que la tensión de red caiga por debajo del límite de tensión de red predeterminado; y habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina y del convertidor del lado de línea después de que la tensión de red caiga por debajo del límite de tensión de red predeterminado.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el convertidor del lado de máquina se activa después de que el convertidor del lado de línea se haya activado. El orden de activación del convertidor del lado de máquina después del convertidor del lado de línea asegura que los procesos de activación de los convertidores se realizan con un aumento de la seguridad y una transferencia de potencia uniforme. De acuerdo con una realización de la presente invención, hay un pequeño espacio de tiempo entre la activación del convertidor del lado de máquina y la activación del convertidor del lado de línea. El espacio de tiempo ayuda a garantizar que el funcionamiento del convertidor del lado de línea ya se ha estabilizado antes de activar el convertidor del lado de máquina, aumentando adicionalmente de este modo la estabilidad y la fluidez del proceso.

De acuerdo con una realización de la presente invención, después del final del evento de sobretensión, la descarga de CA se desactiva y se activa una descarga de enlace de CC conectada a través del enlace de CC, donde la potencia del generador se disipa a la descarga de enlace de CC. La activación de la descarga de enlace de CC puede realizarse opcionalmente (por ejemplo, controlada por un ciclo de trabajo) para atenuar el proceso de aumento de la potencia del generador a la red. En esta situación, la tensión de enlace de CC ya puede estar dentro de un límite de tensión predeterminado.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la potencia activa producida por el convertidor del lado de línea se aumenta gradualmente después de que la descarga de enlace de CC se haya activado. Este aumento asegura una transición estable y fluida de un modo de funcionamiento en sobretensión a un modo operativo normal de la turbina eólica.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la potencia disipada a la descarga de CC se disminuye gradualmente, mientras que la potencia activa producida por el convertidor del lado de línea se aumenta gradualmente de forma simultánea. El proceso de aumento/disminución asegura una transición fluida entre un modo de sobretensión y un modo operativo normal de la turbina eólica.

5 De acuerdo con una realización de la presente invención, se realiza un proceso de paso de pala y/o un proceso de apagado de turbina si el evento de sobretensión aún permanece después del periodo de espera. De acuerdo con una realización de la presente invención, la descarga de CA puede habilitarse continuamente durante el proceso de paso de pala/proceso de apagado de turbina, asegurando así un paso de la pala o las palas/proceso de apagado de la turbina seguros.

10 De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona un sistema para controlar el funcionamiento de una turbina eólica que comprende un generador de potencia, un convertidor del lado de máquina conectado al generador de potencia, un convertidor del lado de línea conectado a una red eléctrica, y un enlace de CC conectado entre el convertidor del lado de máquina y el convertidor del lado de línea. El sistema comprende: una primera unidad de monitorización configurada para monitorizar la red eléctrica para los eventos de sobretensión; una
15 unidad de descarga de CA conectada entre el convertidor del lado de máquina y el generador de potencia; y una unidad de control conectada a la primera unidad de monitorización y la unidad de descarga de CA, en el que la unidad de control está configurada para controlar los siguientes procesos si se detecta un evento de sobretensión por la primera unidad de monitorización: deshabilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina y del convertidor del lado de línea, habilitar la unidad de descarga de CA para disipar la potencia producida por el
20 generador de potencia a la unidad de descarga de CA, esperar durante un periodo de espera, y habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina y del convertidor del lado de línea si el evento de sobretensión finaliza durante el periodo de espera.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la unidad de control está configurada para ajustar dinámicamente el periodo de espera dependiendo de la cantidad de sobretensión detectada.

25 De acuerdo con una realización de la presente invención, el sistema comprende una segunda unidad de monitorización conectada a la unidad de control y configurada para determinar si, debido al evento de sobretensión, la tensión de enlace de CC excede un límite de tensión de enlace de CC predeterminado, en el que la unidad de control está configurada adicionalmente para controlar los siguientes procesos: si se determina por la segunda
30 unidad de monitorización que la tensión de enlace de CC excede el límite de tensión de enlace de CC predeterminado, esperar hasta que la tensión de enlace de CC caiga por debajo del límite de tensión de enlace de CC predeterminado; y habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de línea únicamente después de que la tensión de enlace de CC caiga por debajo del límite de tensión de enlace de CC predeterminado

De acuerdo con una realización, el sistema comprende adicionalmente una segunda unidad de monitorización conectada a la unidad de control y configurada para determinar si, debido al evento de sobretensión, la tensión de
35 red excede un límite de tensión de red predeterminado, en el que la unidad de control está configurada adicionalmente para controlar los siguientes procesos: si se determina por la segunda unidad de monitorización que la tensión de red excede el límite de tensión de red predeterminado, esperar hasta que la tensión de red caiga por debajo del límite de tensión de red predeterminado; y habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina y del convertidor del lado de línea después de que la tensión de red caiga por debajo del límite de tensión
40 de red predeterminado.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la unidad de control está configurada para activar el convertidor del lado de máquina después de que el convertidor del lado de línea se haya activado.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el sistema comprende adicionalmente una unidad de
45 descarga de enlace de CC conectada al enlace de CC, en el que la unidad de control está configurada para desactivar, después del final del evento de sobretensión, la unidad de descarga de CA, y para activar la unidad de descarga de enlace de CC para disipar la potencia a la unidad de descarga de enlace de CC.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la unidad de control está configurada para aumentar gradualmente la potencia activa producida por el convertidor del lado de línea después de que la unidad de descarga de enlace de CC se haya activado.

50 De acuerdo con una realización de la presente invención, la unidad de control está configurada para disminuir gradualmente la potencia disipada a la unidad de descarga de CC, mientras que la potencia activa producida por el convertidor del lado de línea se aumenta gradualmente.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la unidad de control está configurada para controlar un
55 proceso de paso de pala y/o un proceso de apagado de turbina si el evento de sobretensión permanece después del periodo de espera.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la unidad de descarga comprende al menos un conmutador y al menos una resistencia que puede activarse mediante el al menos un conmutador. Finalmente, la

presente invención proporciona una turbina eólica que comprende un sistema de acuerdo con cualquier realización como se ha descrito anteriormente.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se proporciona una turbina eólica que comprende un sistema para controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones que se han mencionado previamente.

Breve descripción de los dibujos

- La Fig. 1 muestra un dibujo esquemático de una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención;
- La Fig. 2 muestra un dibujo esquemático de un sistema usado para hacer funcionar una turbina eólica convencional;
- 10 La Fig. 3 muestra un diagrama vectorial que ilustra cómo un control de convertidor de potencia de un WTG gestiona una sobretensión absorbiendo la potencia reactiva para el sistema mostrado en la Fig. 2;
- La Fig. 4 muestra un diagrama vectorial que ilustra cómo un control de convertidor de potencia de un WTG gestiona la sobretensión absorbiendo la potencia reactiva máxima para el sistema mostrado en la Fig. 2;
- 15 La Fig. 5 muestra un diagrama vectorial de un evento de sobretensión que no puede gestionarse ni siquiera absorbiendo la potencia reactiva máxima para el sistema mostrado en la Fig. 2;
- La Fig. 6 muestra un dibujo esquemático de un sistema para hacer funcionar una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención;
- La Fig. 7 muestra un dibujo esquemático de un sistema para hacer funcionar una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención;
- 20 La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para hacer funcionar una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención;
- La Fig. 9 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para hacer funcionar una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención; y
- 25 La Fig. 10 muestra una posible relación entre una magnitud de una sobretensión y un tiempo de espera útil en el procedimiento/sistema para hacer funcionar una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción

La figura 1 ilustra una configuración común de una turbina eólica 100 que puede usar el procedimiento/sistema de la invención como se describe a continuación. La turbina eólica 100 se monta sobre una base 102. La turbina eólica 100 incluye una torre 104 que tiene varias secciones de torre. Una góndola 106 de turbina eólica se coloca en la parte superior de la torre 104. El rotor de la turbina eólica incluye un buje 108 y al menos una pala de rotor 110, por ejemplo, tres palas de rotor 110. Las palas del rotor 110 se conectan al buje 108 que, a su vez, se conecta a la góndola 106 a través de un eje de baja velocidad que se extiende fuera de la parte frontal de la góndola 106.

La Fig. 2 muestra un dibujo esquemático de un sistema eléctrico 200 de una turbina eólica. La turbina eólica comprende un generador 202, un convertidor CA/CC (lado de generador o máquina) 204, un convertidor CC/CA (lado de red o línea) 206, y un enlace de CC 208 conectado entre el convertidor CA/CC 204 y el convertidor CC/CA 206. Los terminales de salida del generador 202 están conectados a los terminales de entrada del convertidor CA/CC 204. Un primer extremo del enlace de CC 208 está conectado a los terminales de salida del convertidor CA/CC 204, y el otro extremo del enlace de CC 208 está conectado a los terminales de entrada del convertidor CC/CA 206. El enlace de CC 208 comprende un condensador de enlace de CC 210, así como una resistencia de descarga de enlace de CC 212. La resistencia de descarga de enlace de CC 212 puede activarse/desactivarse (conectarse entre dos brazos del enlace de CC 208 o desconectarse de los mismos) a través de un conmutador 214. Se ha de observar que los conmutadores usados de acuerdo con las diversas realizaciones, tal como el conmutador 214, puede ser un conmutador electrónico de corriente. Los terminales de salida del convertidor CC/CA 206 se conectan a través de una línea eléctrica 215 que incluye unos inductores/bobinas 216 a un transformador de red 218. Un sistema de filtro 220 para filtrar los armónicos de conmutación se conecta a la línea eléctrica 215. El sistema de filtro también puede contener una derivación de amortiguamiento de resonancia (no mostrada) para evitar el fenómeno de resonancia.

El sistema eléctrico 200 puede incluir adicionalmente una descarga de CA (no mostrada) acoplada a las líneas de fase entre el generador 202 y el convertidor CA/CC 204, de forma análoga como se describe a continuación con referencia a la figura 7.

En la condición normal, la potencia activa fluye como se muestra en la Fig. 2. Es decir, el conmutador 214 se abre y

los convertidores LSC (convertidor del lado de línea) y MSC (convertidor del lado de máquina) se conmutan (es decir, están en operación activa). Dependiendo del algoritmo de control que se use y de los regímenes del hardware, pueden soportar una sobretensión de red de, por ejemplo, 1,1-1,3 pu. Un enfoque popular para soportar sobretensiones de red es absorber la potencia reactiva como se muestra en la Fig.3. Sin embargo, hay una tensión $v_{T(máx)}$ después de la cual el control del convertidor ya no puede gestionar la tensión de red. A esta tensión, toda la tensión del convertidor y las capacidades de intensidad se usan para absorber la potencia reactiva máxima.

En condiciones normales, si la tensión de red es mayor de lo que un convertidor del lado de línea puede gestionar, éste puede comenzar la carga del enlace de CC a través del convertidor de red que actúa ahora como un rectificador. Esto puede conducir a una interrupción no intencionada del sistema de convertidor/turbina eólica.

La Fig. 3 muestra la relación entre las tensiones v_G , v_L y v_T que se producen en las posiciones de la línea eléctrica 215 como se indica en la Fig. 2. Como puede observarse a partir de la Fig. 3, en un evento de sobretensión, una tensión del transformador de red v_T es mayor que una tensión máxima v_G del convertidor CC/CA 206 que se obtiene a través de la utilización máxima de la tensión de enlace de CC V_{dc} representada por la circunferencia externa del círculo 300 que se muestra en la Fig. 3. Para compensar esta sobretensión (es decir, para asegurar que $v_G = v_L + v_T$), el convertidor CC/CA 206 (convertidor del lado de línea) se opera de tal forma que se absorbe una potencia reactiva que conduce a una intensidad de red I_g en los terminales de salida del convertidor CC/CA 206 que comprende un componente de intensidad reactiva I_r y un componente de intensidad activa I_a . El componente de intensidad reactiva I_r y el componente de intensidad activa I_a de la intensidad de red I_g se escogen de tal forma que la caída de tensión v_L a través de los inductores 216 ("tensión de bobina de red") es igual a la diferencia vectorial entre la tensión del transformador de red v_T y la tensión del convertidor v_G , como se muestra en la Fig. 3. En la situación mostrada en la Fig. 3, la intensidad de red I_g aún comprende un componente de intensidad activa I_a .

La Fig. 4 muestra un escenario de sobretensión en el que, en comparación con el escenario mostrado en la Fig. 3, la tensión del transformador de red v_T se aumenta. El escenario de sobretensión mostrado en la Fig. 4 es la tensión del transformador de red máxima v_T que puede gestionarse por el convertidor CC/CA 206 que aún es capaz de compensar las tensiones absorbiendo la potencia reactiva. Sin embargo, para compensar la sobretensión en este caso, la intensidad de red I_g inyectada en los terminales de salida del convertidor CC/CA 206 únicamente contiene un componente de intensidad reactiva I_r , es decir, ningún componente de intensidad activa I_a .

La Fig. 5 muestra un escenario de sobretensión en el que la sobretensión es tan alta que incluso la intensidad de red máxima I_g que puede producirse por el convertidor CC/CA 206 no es suficiente para compensar la sobretensión. Como resultado de esta condición, el funcionamiento activo (conmutación activa) del convertidor CC/CA 206 se detiene, lo que significa que el convertidor CC/CA 206 actúa como un rectificador pasivo después de detener el funcionamiento activo. En consecuencia, la tensión de enlace de CC V_{dc} aumenta, lo que puede dar como resultado una interrupción no intencionada de la turbina eólica.

Las realizaciones de la presente invención tienen el objetivo de, al menos, resolver el escenario de sobretensión mostrado en la Fig. 5, es decir, el objetivo de proporcionar una solución para mantener la turbina eólica conectada a una red eléctrica incluso si se produce un escenario de sobretensión como se muestra en la Fig. 5. Se ha de observar que las realizaciones de la presente invención también pueden usarse para gestionar los escenarios de sobretensión como se muestra en la Fig. 3 y/o en la Fig. 4.

La Fig. 6 muestra un sistema 600 para controlar el funcionamiento de una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema 600 puede utilizarse en una turbina eólica que comprende un generador de potencia 602, un convertidor del lado de máquina 604 conectado al generador de potencia 602, un convertidor del lado de línea 606 conectado a una red eléctrica 608 a través de un transformador de red 618, y un enlace de CC 610 conectado entre el convertidor del lado de máquina 604 y el convertidor del lado de línea 606. El sistema 600 comprende: una primera unidad de monitorización 612 configurada para monitorizar la red eléctrica 608 para comprobar eventos de sobretensión; una unidad de descarga de CA 614 conectada entre el convertidor del lado de máquina 604 y el generador de potencia 602; y una unidad de control 616 conectada a la primera unidad de monitorización, el convertidor del lado de máquina 604, el convertidor del lado de línea 606, y la unidad de descarga de CA 614, en el que la unidad de control 616 está configurada para controlar los siguientes procesos si se detecta un evento de sobretensión por la primera unidad de monitorización 612: deshabilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina 604 y del convertidor del lado de línea 606; habilitar la unidad de descarga de CA 614 para disipar la potencia de salida del generador de potencia 602 en la unidad de descarga de CA; esperar durante un periodo de espera; y habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina 604 y del convertidor del lado de línea 608 si el evento de sobretensión finaliza durante el periodo de espera. Si el evento de sobretensión persiste después del periodo de espera, la turbina puede apagarse o las palas de la turbina cabecean.

De acuerdo con una realización, la unidad de control 616 también puede realizar las siguientes dos tareas: (1) Controla el funcionamiento de la descarga de enlace de CC (por ejemplo, controla el conmutador 214) y (2) controla los disyuntores y los contactores en el sistema del convertidor (no mostrado).

Se ha de observar que la primera unidad de monitorización 612 puede realizarse, por ejemplo, por un procesador que ejecuta un algoritmo de software correspondiente.

Se ha de observar que la unidad de control 616 únicamente puede deshabilitar el funcionamiento activo de los convertidores si el evento de sobretensión detectado es una sobretensión que no puede gestionarse por el convertidor del lado de línea absorbiendo la potencia reactiva (es decir, la situación mostrada en la Fig. 5). Como alternativa, la unidad de control 616 puede deshabilitar el funcionamiento activo de los convertidores siempre que se detecte un evento de sobretensión de cualquier nivel de sobretensión.

La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para hacer funcionar una turbina eólica que comprende un sistema como se indica en la figura 6. En 802, una red eléctrica se monitoriza para eventos de sobretensión. Se determina en 804 si se ha detectado un evento de sobretensión. Si no se ha detectado ningún evento de sobretensión, el flujo regresa a 802. Si se ha detectado un evento de sobretensión, el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina y del convertidor del lado de línea se deshabilita en 806. En 808, se habilita una descarga de CA conectada entre el convertidor del lado de máquina y el generador de potencia para disipar la potencia de salida del generador de potencia en la descarga de CA. En 810, se espera durante un periodo de espera. En 812, el funcionamiento activo del convertidor del lado de línea se habilita si el evento de sobretensión finaliza durante el periodo de espera.

La Fig. 7 muestra un ejemplo de una realización más detallada del sistema 600 como se muestra en la Fig. 6. Un sistema 700 para controlar el funcionamiento de una turbina eólica tiene sustancialmente la misma arquitectura que el sistema 600 mostrado en la Fig. 6. Por lo tanto, únicamente se explicarán las características adicionales de la turbina eólica y el sistema de control 700 no mostrado en la Fig. 6.

La turbina eólica es una turbina eólica trifásica. A cada fase 702 que conecta el generador de potencia 602 al convertidor CA/CC 604, se acopla una resistencia 704, respectivamente. Un primer terminal de cada resistencia 704 se acopla a su fase 702 correspondiente. Un segundo terminal de cada resistencia 704 puede conectarse a través de un conmutador 706 correspondiente a un punto de acoplamiento común. Como resultado, los segundos terminales de la resistencia 704 pueden conectarse entre sí si se activan todos los conmutadores correspondientes 706. La secuencia de conexiones entre la resistencia y el conmutador puede cambiar, y también son posibles otras disposiciones. Las tres resistencias 704 acopladas a la salida trifásica del generador 602 forma colectivamente una descarga de CA trifásica.

El enlace de CC 610 tiene dos brazos 708 que se conectan entre sí a través de un condensador de enlace de CC 724 (o un banco de condensadores) y que también pueden conectarse entre sí a través de una resistencia 710 (o un banco de resistencia). Para conectar los brazos de enlace de CC 708 entre sí a través de la resistencia 710, ha de activarse un conmutador 712. La combinación de resistencia de enlace de CC 710 y conmutador 712 forma una descarga de enlace de CC. La combinación de las resistencias 704 y el conmutador 706 forma una descarga de CA. Los conmutadores de descarga de CA 706, así como el conmutador de descarga de CC 712 se controlan por la unidad de control 616. El convertidor CC/CA 606 está conectado a través de una línea eléctrica 714 a la red eléctrica 608. Cada una de las tres fases de la línea eléctrica 714 comprende un inductor 718. Un sistema de filtro 720 que comprende elementos de condensador 722 también se conecta a la línea de electricidad 714 para filtrar los armónicos de conmutación. También puede incluirse una rama de filtro de resonancia en paralelo al banco de condensadores para amortiguar el fenómeno de resonancia.

El sistema 700 funciona como se indica a continuación: la primera unidad de monitorización 612 monitoriza la red eléctrica para comprobar las sobretensiones. En cuanto la primera unidad de monitorización 612 detecta un evento de sobretensión como se muestra en la Fig. 5, es decir, en cuanto el convertidor CC/CA 606 ya no es capaz de gestionar la sobretensión que se produce en la red eléctrica 608 en solitario, entonces se realizan las siguientes etapas: La primera unidad de monitorización 612 envía una señal correspondiente a la unidad de control 616 informando de que tal evento de sobretensión se ha detectado. La unidad de control 616 deshabilita el funcionamiento activo del convertidor CA/CC 604 y el convertidor CC/CA 606 enviando unas señales de desactivación correspondientes a los convertidores 604, 606. Deshabilitar el funcionamiento activo significa que los convertidores 604, 606 no realizan ninguna conmutación activa, es decir, no se proporciona ninguna señal PWM. Además, la unidad de control 616 envía una orden de activación a la descarga de CA 614, activando así los conmutadores 706 (es decir, los conmutadores se cierran). Como resultado de estas órdenes, la potencia activa producida por el generador de potencia 602 se disipa en la descarga de CA 614 (banco de resistencias trifásico) para proteger el convertidor CA/CC 604, el convertidor CC/CA 606, el banco de condensadores de enlace de CC y los demás componentes de hardware relacionados. Dado que el convertidor CA/CC 604 y el convertidor CC/CA 606 no realizan ninguna conmutación activa, estos convertidores actúan respectivamente como rectificadores pasivos. Como resultado, la tensión de enlace de CC V_{dc} aumenta correspondiendo con la sobretensión de red. Puesto que el convertidor CC/CA 606 funciona como un rectificador, para una tensión de red v_G , la V_{dc} puede determinarse como $\sqrt{2} \cdot v_G$ es decir, típicamente, la tensión de enlace de CC es proporcional a la tensión de red. Puede hacerse un funcionamiento activo de un convertidor hasta una tensión de enlace de CC máxima, V_{dc1} . Esta tensión de enlace de CC máxima V_{dc1} normalmente se especifica por el proveedor/fabricante del convertidor. Sin embargo, un convertidor puede tolerar una tensión de enlace de CC suficientemente alta V_{dc2} ($V_{dc2} > V_{dc1}$) cuando no está en conmutación. Puede entenderse fácilmente que V_{dc1} es la tensión de enlace de CC máxima por encima de la cual no es posible el funcionamiento activo del convertidor. Cuando la tensión de enlace de CC está por encima de la tensión de enlace de CC máxima, es decir, cuando $V_{dc} > V_{dc1}$, el convertidor CC/CA 606 funciona en modo pasivo/rectificador. Por lo tanto, después de haber deshabilitado el funcionamiento activo del convertidor CA/CC 604 y del convertidor CC/CA

606, y después de haber determinado la primera unidad de monitorización 612 que el evento de sobretensión ha finalizado, una segunda unidad de monitorización 724 monitoriza la tensión de enlace de CC V_{dc} . En cuanto la tensión de enlace de CC ha regresado a y cae por debajo de la tensión de enlace de CC máxima V_{dc1} (que permite el funcionamiento activo del convertidor CA/CC 606), se envía una señal correspondiente desde la segunda unidad de monitorización 724 a la unidad de control 616. La resistencia de descarga de CC 710 puede activarse cerrando el conmutador 712 para ayudar a reducir la tensión de enlace de CC a un rango normal después del evento de sobretensión (es decir, cuando la tensión de red regresa al intervalo nominal). En cuanto la unidad de control 616 recibe esta señal, habilita el funcionamiento activo del convertidor CC/CA 606 para prepararlo para administrar potencia a la red eléctrica 608. Antes de habilitar el funcionamiento activo del convertidor CC/CA 606, la tensión de enlace de CC puede regularse a una tensión de referencia de enlace de CC. Después, la unidad de control 616 habilita el funcionamiento activo de los convertidores CA/CC 604. Puede haber un espacio de tiempo entre habilitar el funcionamiento activo del convertidor CC/CA 606 y el convertidor CA/CC 604. Después, la unidad de control 616 desactiva los conmutadores 706 y controla la conmutación del conmutador 712. El conmutador 712 se controla normalmente usando señales PWM. La activación del conmutador 712 significa que toda la potencia procedente del convertidor del lado de máquina va a la resistencia 716 y nada de potencia va a la red 608. La relación de trabajo de la señal PWM que controla el conmutador 712 depende de la potencia del convertidor del lado de máquina y el régimen de potencia de los componentes de hardware. Posteriormente, cuando la potencia del convertidor del lado de línea a la red se aumenta gradualmente según los requisitos de la red/sistema, la potencia que va a la resistencia 716 se disminuye simultáneamente eventualmente a cero. Estos procesos ayudan a evitar los picos de intensidad/tensión en la turbina eólica.

Se ha de observar que el cierre del conmutador 712, o, en otras palabras, la activación de la descarga de CC, es opcional y puede realizarse opcionalmente para suavizar el proceso de transferencia de potencia.

Además, ha de apreciarse que, como alternativa a la tensión de enlace de CC V_{dc} , la tensión de red v_G puede monitorizarse y, en cuanto la tensión de red cae por debajo de una tensión de red máxima, se envía una señal correspondiente a la unidad de control 616.

Si el evento de sobretensión persiste después del periodo de espera, las palas de la turbina eólica pueden cabecear o, eventualmente, la turbina eólica puede apagarse. Durante estos procesos, los conmutadores 706 pueden permanecer activos para proteger mejor los convertidores 604, 606, su enlace de CC y el hardware relacionado.

El periodo de espera puede depender del tipo de sobretensión detectado, específicamente sobre la magnitud de la sobretensión. En la Fig. 10, se da una relación ejemplar entre el tiempo de espera y la magnitud de la sobretensión detectada. Se ha de observar que pueden usarse también otros tipos de relaciones entre el tiempo de espera y la sobretensión detectada.

En la siguiente descripción, se explicarán aspectos y realizaciones adicionales de la presente invención.

De acuerdo con una realización de la presente invención, se realiza el siguiente procedimiento, que se explicará con referencia a la Fig. 9:

Inicialmente, en 902, el convertidor del lado de línea y el convertidor del lado de máquina están en modo de generación de potencia normal. En 904, se determina si la tensión del transformador de red es mayor de $V_{T(máx)}$ (tensión del transformador de red permisible máxima). Si la tensión del transformador de red es mayor de $V_{T(máx)}$, entonces la conmutación activa del convertidor del lado de línea y del convertidor del lado de generador se inhiben en 906. Además, se activa una descarga de CA. Además, puede activarse una descarga de CC durante un breve tiempo si es necesario (que depende del tipo/cantidad de sobretensión detectada). En 908, se espera durante un tiempo de espera t_{ov} . El tiempo de espera t_{ov} puede depender de la magnitud de la sobretensión. Por ejemplo, si la sobretensión es 1,6 pu, entonces el tiempo de espera puede ser de 40 ms. Es posible configurar de nuevo t_{ov} , si es necesario (por ejemplo, si los requisitos del código de red cambian). En 910, se determina si la sobretensión ya se ha disminuido/reducido. Si la sobretensión ha desaparecido, se realizan los siguientes procesos en 914:

- La tensión de enlace de CC se disminuye a un intervalo nominal. Esto permitirá que los convertidores se habiliten para la transferencia de potencia.
- Se habilita el funcionamiento activo del convertidor del lado de línea 606. La tensión de enlace de CC se regula a una tensión de referencia. Se ha de observar que una vez que el enlace de CC se regula, el LSC está listo para transferir potencia a través del control de intensidad/potencia.
- El funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina 604 se habilita.
- La descarga de CA se desacopla, y la descarga de CC se acopla.
- La potencia activa de la red se aumenta gradual y lentamente por los requisitos de red, y simultáneamente, la descarga de CC se disminuye gradual y lentamente. La disminución de la descarga de CC puede hacerse controlando la señal PWM a través del conmutador 712.

Por otro lado, si después del tiempo de espera t_{ov} la tensión de red no se recupera, pueden realizarse los siguientes procesos en 912:

- La descarga de CA se mantiene encendida para mantener la potencia activa de descarga.
 - Las palas de la turbina eólica cabecean.
- 5 - Eventualmente, la turbina eólica se apaga.

Como se ha hecho evidente, las realizaciones de la presente invención permiten un uso eficaz de la capacidad del hardware del convertidor cuando el convertidor no conmuta, concretamente para dejar que la tensión de enlace de CC aumente.

- 10 Aunque la invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a realizaciones específicas, debe entenderse por los expertos en la técnica que pueden hacerse diversos cambios de forma y detalle en la misma sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, el alcance de la invención se indica por las reivindicaciones adjuntas, y por lo tanto, se pretende que se incluyan todos los cambios que entran dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para hacer funcionar una turbina eólica (100) que comprende un generador de potencia, (602) un convertidor del lado de máquina (604) conectado al generador de potencia, un convertidor del lado de línea (606) conectado a una red eléctrica (608) a través de los componentes de potencia, y un enlace de CC (610) conectado entre el convertidor del lado de máquina (604) y el convertidor del lado de línea, (606) comprendiendo el procedimiento:
- monitorizar la red eléctrica (608) para comprobar eventos de sobretensión,
 - si se detecta un evento de sobretensión,
 - 10 - deshabilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina (604) y del convertidor del lado de línea, (606)
 - habilitar una descarga de CA (614) conectada entre el convertidor del lado de máquina (604) y el generador de potencia (602) para disipar la potencia de salida del generador de potencia (602) a la descarga de CA (614), caracterizado por que hay que
 - esperar un periodo de espera, y
 - 15 - habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de línea (606) y el convertidor del lado de máquina (604) si el evento de sobretensión finaliza en el periodo de espera.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la duración del periodo de espera se ajusta dinámicamente dependiendo de la sobretensión detectada.
3. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente:
- 20 - monitorizar si, debido al evento de sobretensión, la tensión de enlace de CC (610) excede un límite predeterminado de tensión de enlace de CC (610)
- si se determina que la tensión de enlace de CC (610) excede el límite predeterminado de tensión de enlace de CC (610), esperar hasta que la tensión de enlace de CC (610) caiga por debajo del límite predeterminado de tensión de enlace de CC (610), y
 - 25 - habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina (604) y del convertidor del lado de línea (606) después de que la tensión de enlace de CC (610) caiga por debajo del límite predeterminado de tensión de enlace de CC (610) hasta un intervalo de tensión predeterminado de enlace de CC (610).
4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende adicionalmente:
- 30 - monitorizar si, debido al evento de sobretensión, la tensión de red excede un límite de tensión de red predeterminado
 - si se determina que la tensión de red excede el límite de tensión de red predeterminado, esperar hasta que la tensión de red caiga por debajo del límite de tensión de red predeterminado, y
 - 35 - habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina (604) y del convertidor del lado de línea (606) después de que la tensión de red caiga por debajo del límite de tensión de red predeterminado.
5. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el convertidor del lado de máquina (604) se activa después de que se haya activado el convertidor del lado de línea (606).
6. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, después del final del evento de sobretensión, la descarga de CA (614) se desactiva, y se activa una descarga de enlace de CC (710, 712) conectada al enlace de CC (610), en el que la potencia del generador (602) se disipa a la descarga (710, 712) de enlace de CC (610).
- 40 7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la potencia activa producida por el convertidor del lado de línea se aumenta gradualmente después de que la descarga de enlace de CC se haya activado.
8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que, mientras que la potencia activa producida por el convertidor del lado de línea (606) se aumenta gradualmente, la potencia disipada a la descarga de CC (710, 712) se disminuye gradualmente de forma simultánea.
- 45 9. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno del paso de una o más palas (110) de la turbina (100) o el apagado de la turbina (100) se realiza si el evento de

sobretensión permanece después del periodo de espera.

- 5 10. Un sistema (600, 700) para controlar el funcionamiento de una turbina eólica (100) que comprende un generador de potencia, (602) un convertidor del lado de máquina (604) conectado al generador de potencia, (602) un convertidor del lado de línea (606) conectado a una red eléctrica, (608) y un enlace de CC (610) conectado entre el convertidor del lado de máquina (604) y el convertidor del lado de línea, (606) comprendiendo el sistema (600, 700):
- una primera unidad de monitorización (612) configurada para monitorizar la red eléctrica (608) para eventos de sobretensión,
 - una unidad de descarga de CA (614) conectada entre el convertidor del lado de máquina (604) y el generador de potencia, (602) y
- 10 - una unidad de control (616) conectada a la primera unidad de monitorización (612) y la unidad de descarga de CA, (614) en el que la unidad de control (616) está configurada para controlar los siguientes procesos si se detecta un evento de sobretensión por la primera unidad de monitorización(612):
- deshabilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina (604) y del convertidor del lado de línea, (606)
- 15 - habilitar la unidad de descarga de CA (614) para disipar la potencia de salida del generador de potencia (602) a la unidad de descarga de CA, (614), caracterizado por que hay que
- esperar un periodo de espera, y
 - habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina (604) y del convertidor del lado de línea (606) si el evento de sobretensión finaliza dentro del periodo de espera.
- 20 11. El sistema (600, 700) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la unidad de control (616) está configurada para ajustar dinámicamente el periodo de espera dependiendo del tipo de sobretensión detectado.
- 25 12. El sistema (600, 700) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 o 11, que comprende adicionalmente una segunda unidad de monitorización (724) conectada a la unidad de control (616) y configurada para determinar si, debido al evento de sobretensión, la tensión de enlace de CC (610) excede un límite de tensión de enlace de CC predeterminado, en el que la unidad de control (616) está configurada adicionalmente para controlar los siguientes procesos:
- si se determina por la segunda unidad de monitorización (724) que la tensión de enlace de CC (610) excede el límite predeterminado de tensión de enlace de CC (610), esperar hasta que la tensión de enlace de CC (610) caiga por debajo del límite predeterminado de tensión de enlace de CC (610), y
- 30 - habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina (604) y del convertidor del lado de línea (606) después de que la tensión de enlace de CC (610) caiga por debajo del límite predeterminado de tensión de enlace de CC (610).
- 35 13. El sistema (600, 700) de acuerdo con las reivindicaciones 10 o 11, que comprende adicionalmente una segunda unidad de monitorización (724) conectada a la unidad de control (616) y configurada para determinar si, debido al evento de sobretensión, la tensión de red excede un límite de tensión de red predeterminado, en el que la unidad de control (616) está configurada adicionalmente para controlar los siguientes procesos:
- si se determina mediante la segunda unidad de monitorización (724) que la tensión de red excede el límite de tensión de red predeterminado, esperar hasta que la tensión de red caiga por debajo del límite de tensión de red predeterminado, y
- 40 - habilitar el funcionamiento activo del convertidor del lado de máquina (604) y del convertidor del lado de línea (606) después de que la tensión de red caiga por debajo del límite de tensión de red predeterminado.
- 45 14. El sistema (600, 700) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que la unidad de control (616) está configurada para activar el convertidor del lado de máquina (604) después de que se haya activado el convertidor del lado de línea (606).
- 50 15. El sistema (600, 700) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, que comprende adicionalmente una unidad de descarga de enlace de CC (710, 712) conectada al enlace de CC, (610), en el que la unidad de control (616) está configurada para desactivar, después del final del evento de sobretensión, la unidad de descarga de CA, (614) y para activar la unidad de descarga de enlace de CC (710, 712) para disipar la potencia del generador (610) a la unidad de descarga de enlace de CC (710, 712).
16. El sistema (600, 700) de acuerdo con la reivindicación 15, en el que la unidad de control (616) está configurada para aumentar gradualmente la potencia activa producida por el convertidor del lado de línea (606) después de que

la unidad de descarga de enlace de CC (710, 712) se haya activado.

17. El sistema (600, 700) de acuerdo con la reivindicación 16, en el que la unidad de control (616) está configurada para disminuir gradualmente la potencia disipada a la unidad de descarga de CC (710, 712) mientras que la potencia activa producida por el convertidor del lado de línea (606) se aumenta gradualmente.

- 5 18. El sistema (600, 700) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, en el que la unidad de control (616) se configura para hacer al menos uno de los siguientes:

el paso de una o más palas (110) de la turbina; (100) y el apagado de la turbina (100), si el evento de sobretensión permanece después del periodo de espera.

- 10 19. El sistema (600, 700) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18, en el que al menos una de la unidad de descarga de CA (614) y una unidad de descarga de CC (710, 712) comprende al menos un conmutador (706, 712) y al menos una resistencia (704, 710) que puede activarse por el al menos un conmutador (706, 712).

20. Una turbina eólica (100) que comprende un sistema (600, 700) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 19.

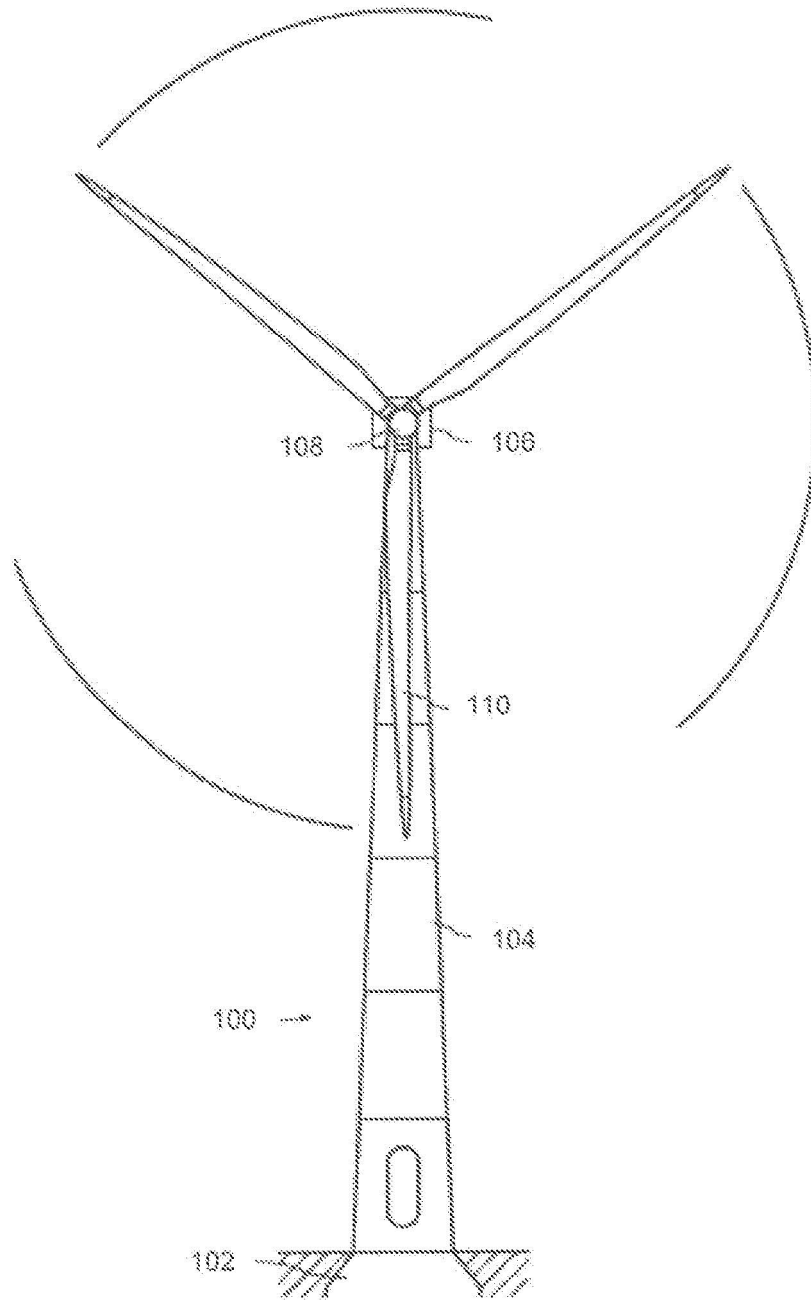


Figura 1

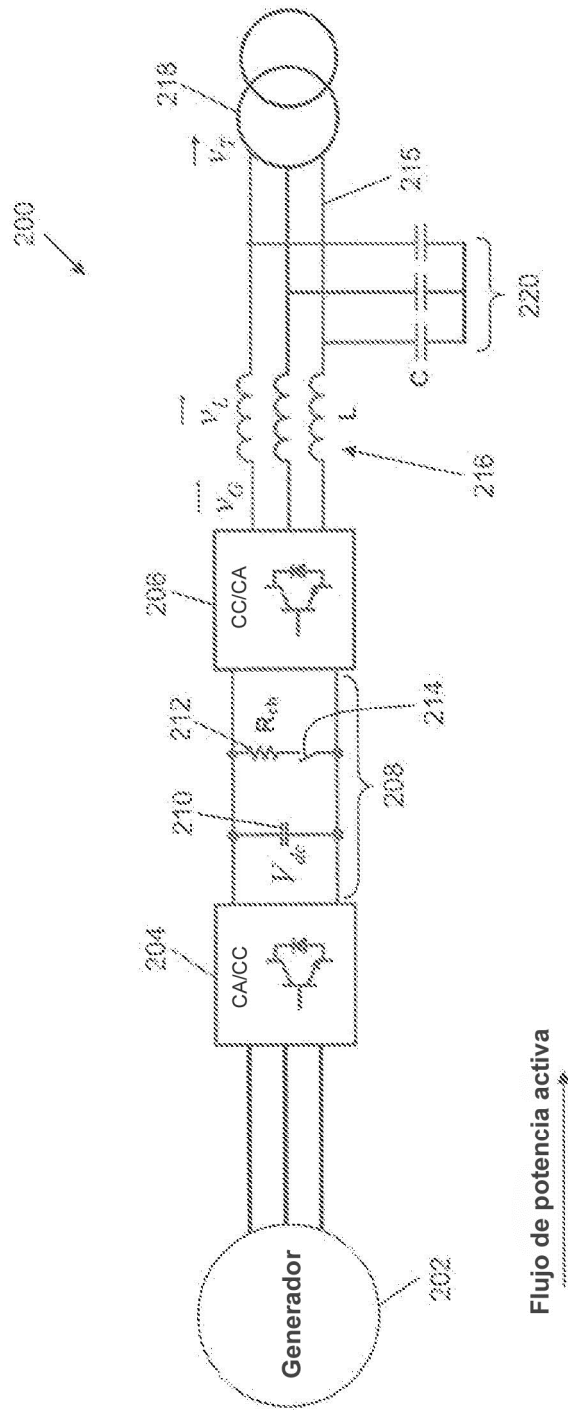


Figura 2

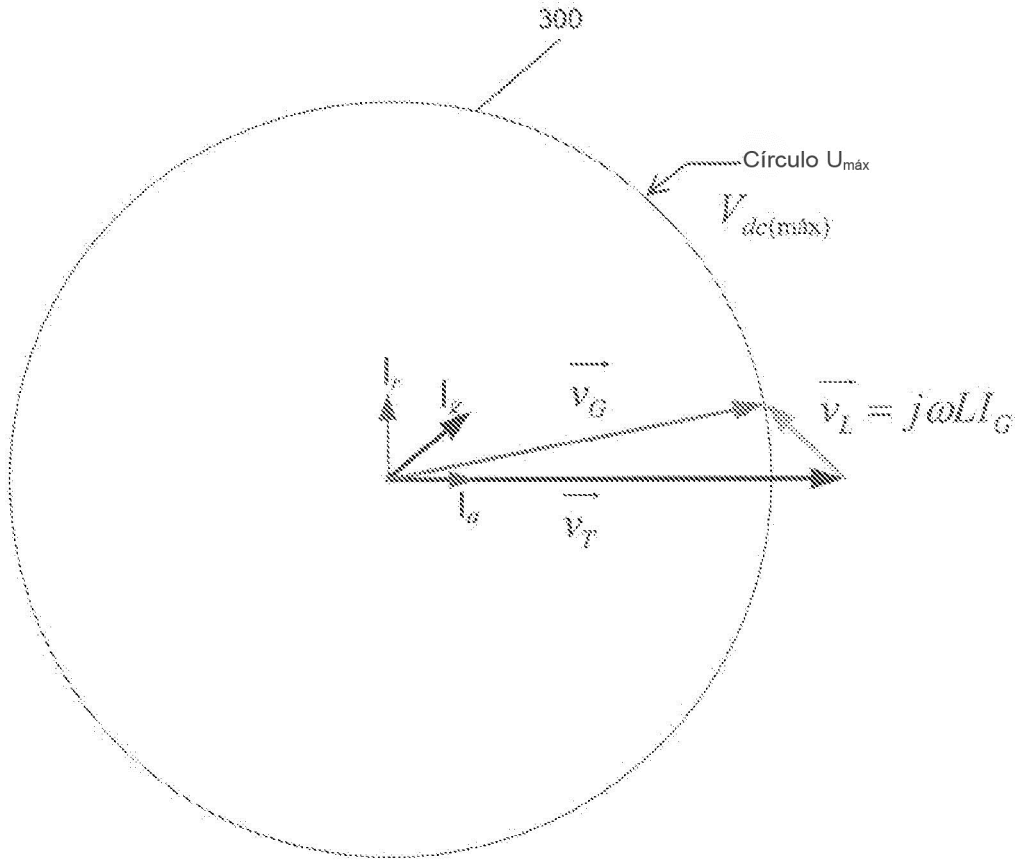


Figura 3

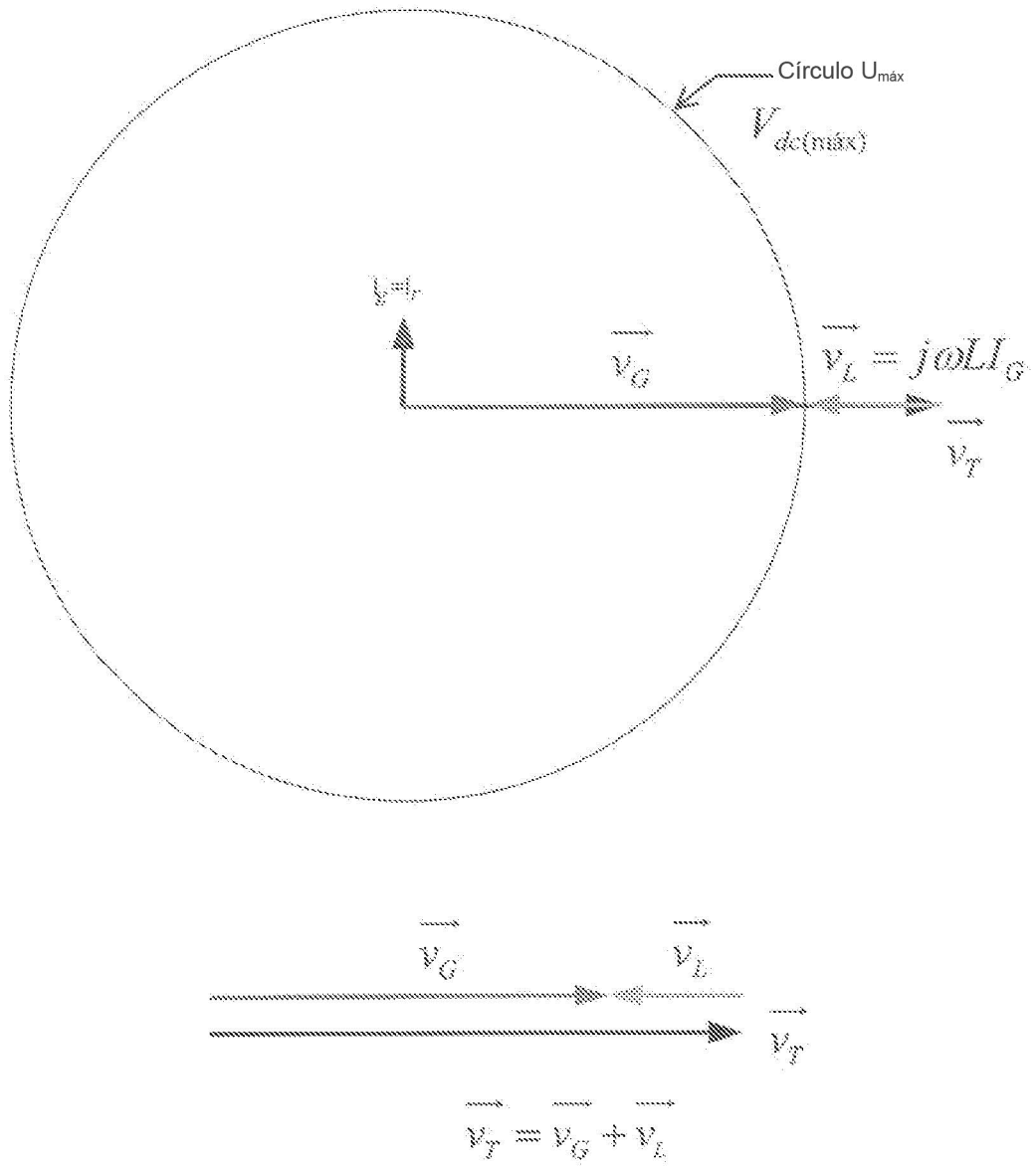


Figura 4

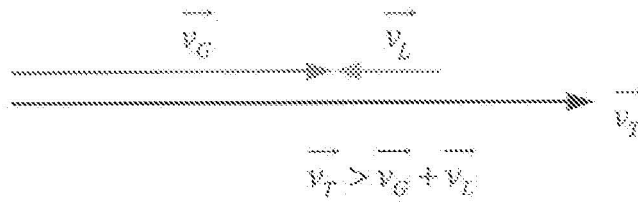
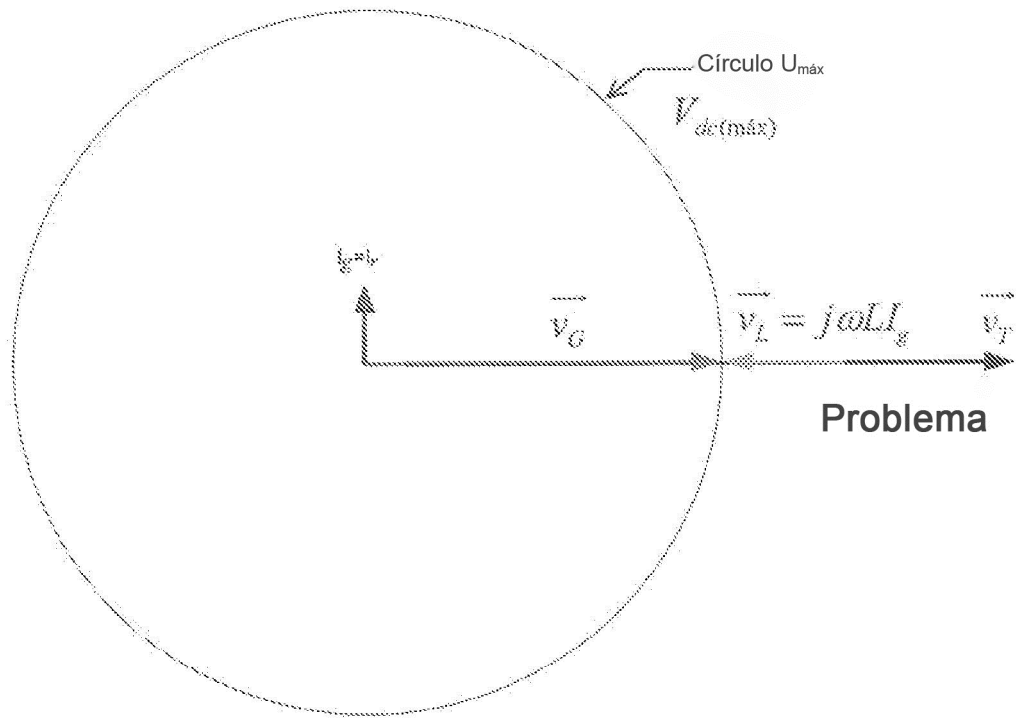


Figura 5

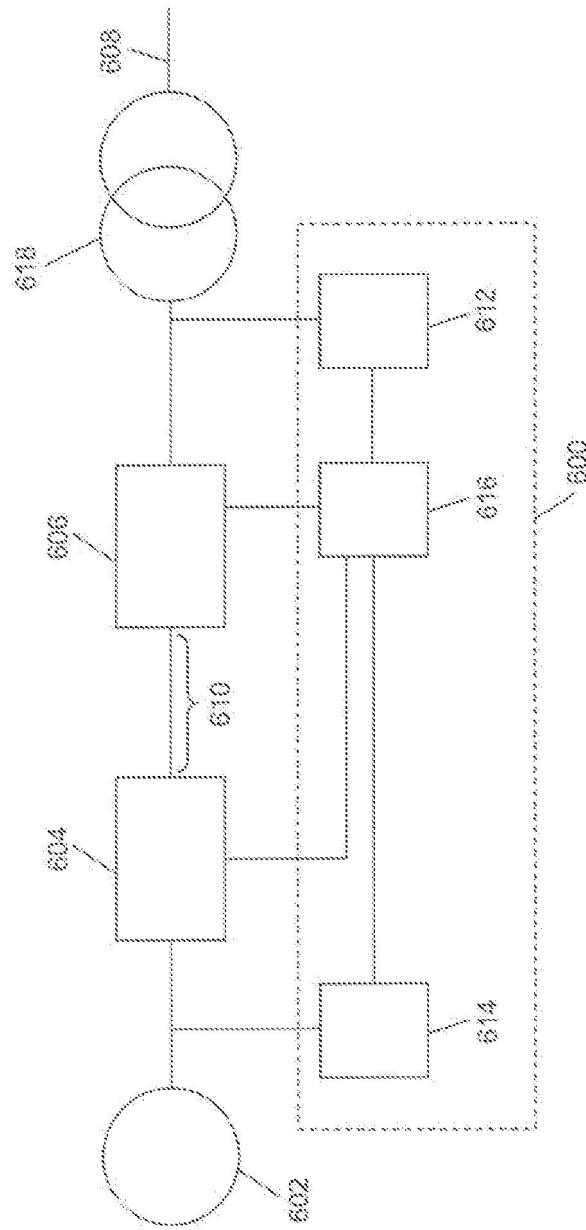


Figura 6

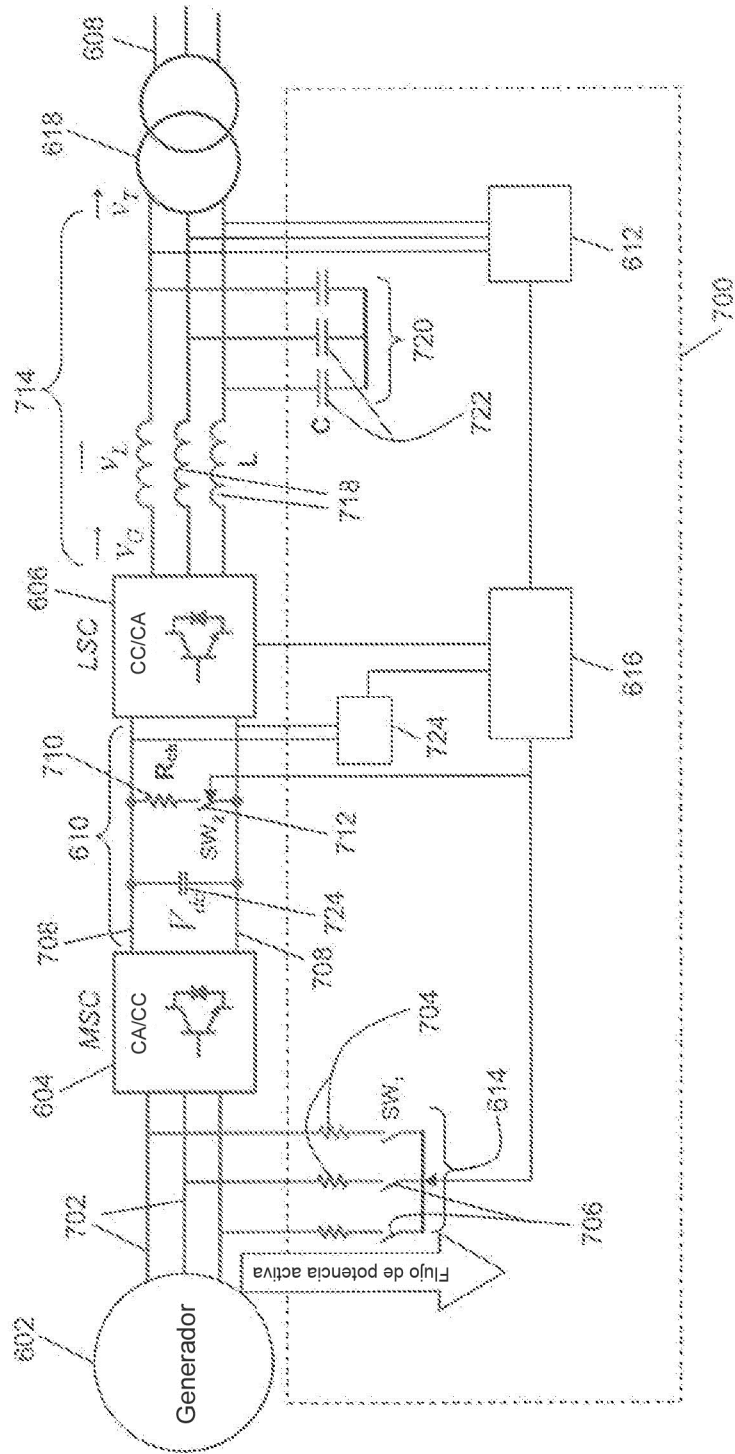


Figura 7

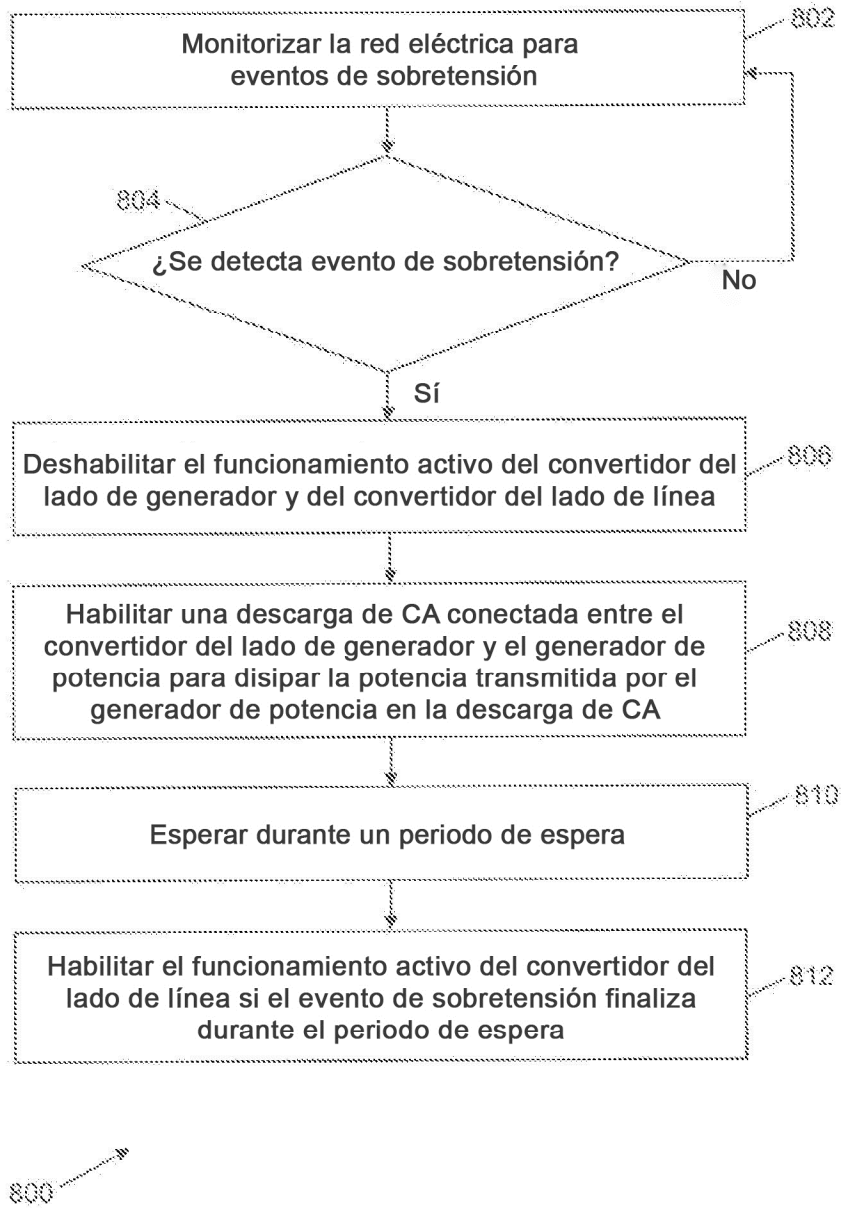


Figura 8

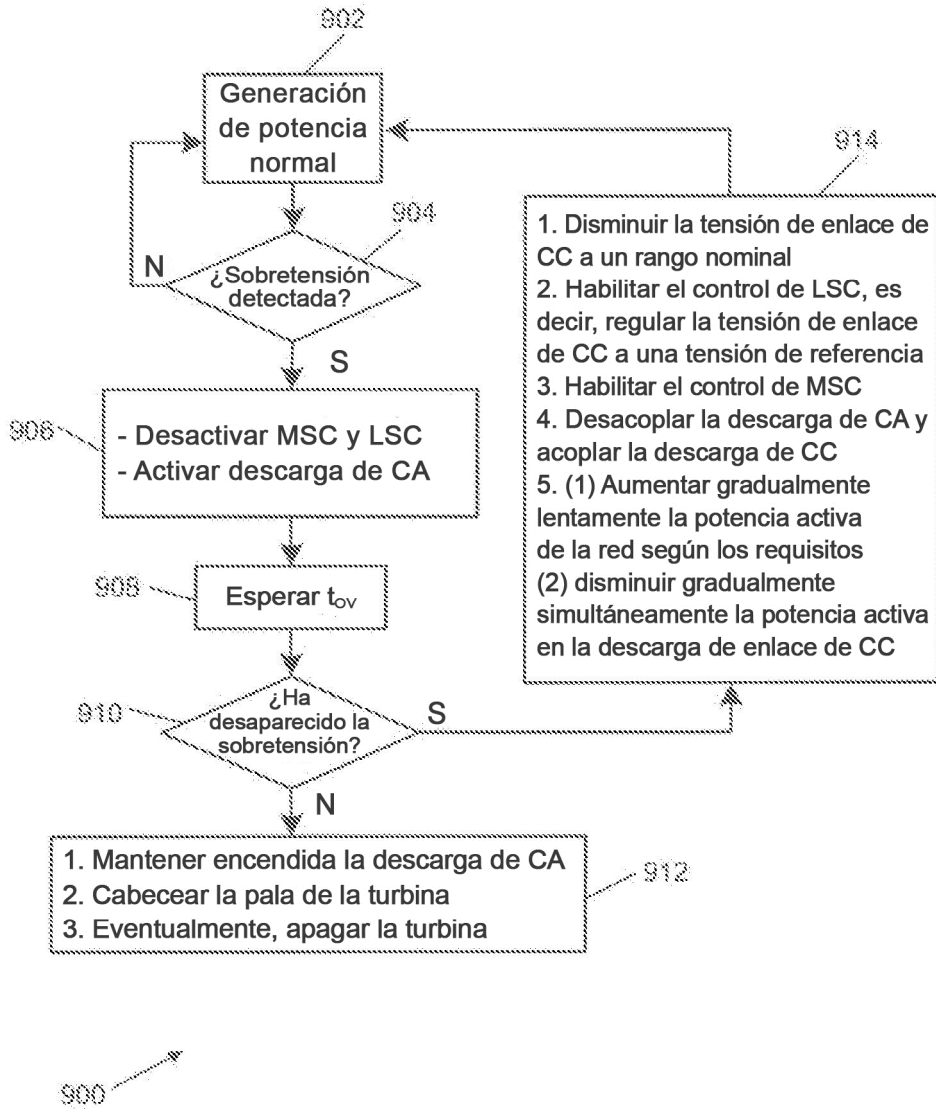


Figura 9

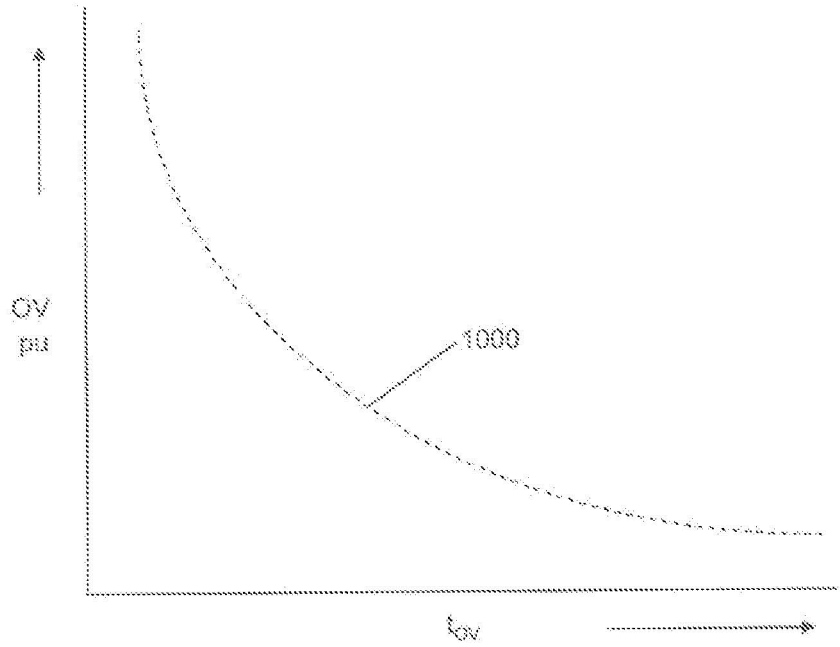


Figura 10