

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 866**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02P 29/02 (2006.01)

H02M 7/48 (2007.01)

H02M 1/32 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2014 E 14183394 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2993753**

54 Título: **Generador de turbina eólica con comportamiento ante faltas como generador síncrono**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.06.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

NELSON, ROBERT J.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 765 866 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

Generador de turbina eólica con comportamiento ante faltas como generador síncrono

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere al campo de los generadores de turbina eólica, en particular a métodos para el control de un convertidor de turbina eólica, a convertidores de turbina eólica y a turbinas eólicas que usan dichos convertidores.

Técnica antecedente

Los sistemas para análisis y manejo de faltas en sistemas con generadores síncronos se basan a veces en mediciones de la corriente de secuencia negativa.

10 Sin embargo, las turbinas eólicas con convertidor completo típico producen solo secuencias de corriente positivas. En consecuencia, las turbinas eólicas típicas no proporcionan una corriente de secuencia negativa durante una situación de falta desequilibrada. Por el contrario, producen una tensión de secuencia negativa que se dirige a hacer cero la corriente de secuencia negativa.

15 Por consiguiente, es necesario un equipo de análisis de faltas especial para los generadores de turbina eólica. Esto añade complejidad a la instalación de los generadores de turbina eólica.

QING-CHANG ZHONG ET AL: "Synchronverters: Inverters That Mimic Synchronous Generators", IEEE TRANS. ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 58, n.º 4, 1 de abril de 2011, páginas 1259-1267, XP011350328 se refiere al funcionamiento de un inversor para imitar un generador síncrono.

20 El documento US 2005/122083 A1 se refiere a generadores con inversores regulados por corriente, incluyendo turbinas actuales eólicas e hidráulicas y más particularmente a turbinas eólicas de velocidad variable que empleen generadores multifase usando sistemas de conversión de plena potencia con la capacidad de soportar transitorios en la tensión de compañía.

El documento CN 103 972 924 A se refiere a un método de control del transitorio de baja tensión de un sistema de energía eólica de accionamiento directo de imán permanente bajo tensión de red desequilibrada.

25 Por lo tanto, existe la necesidad de una forma de uso del mismo análisis de faltas y equipo de protección tanto para generadores síncronos como para generadores de turbina eólica.

Sumario de la invención

Esta necesidad puede satisfacerse por la materia objeto de acuerdo con las reivindicaciones independientes. Se describirán realizaciones ventajosas de la presente invención mediante las reivindicaciones dependientes.

30 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de control de un convertidor de turbina eólica trifásico para convertir una tensión de CC en tensiones de CA. El método comprende (a) detectar una falta, (b) determinar una corriente de falta de secuencia positiva, (c) determinar si la falta es una falta equilibrada o una falta desequilibrada y (d) si la falta no es una falta equilibrada, es decir la falta está próxima a una falta desequilibrada, controlar el convertidor para: (d1) tener una impedancia de secuencia negativa aparente que sea sustancialmente igual a su impedancia de secuencia positiva aparente, (d2) generar una corriente de secuencia negativa que sea sustancialmente igual a la negativa de la corriente de falta de secuencia positiva y (d3) generar una tensión de secuencia negativa igual al producto de la impedancia de secuencia negativa y la corriente de secuencia negativa.

40 Este aspecto de la invención se basa en la idea de que el convertidor se controle para imitar el comportamiento de un generador síncrono en caso de una falta desequilibrada. Esto se consigue haciendo que los controles del convertidor emulen una impedancia de secuencia negativa para que sea sustancialmente igual a la impedancia de secuencia positiva emulada cuando se detecta una falta desequilibrada.

45 En el presente contexto, el término "convertidor" puede indicar en particular cualquier clase de convertidor para la conversión de una tensión de entrada de CC (por ejemplo procedente del convertidor CA/CC de un generador de turbina eólica) en tensiones de CA, por ejemplo tensiones de CA trifásicas. En particular, el convertidor puede ser un convertidor de PWM de frecuencia constante, un convertidor de frecuencia variable, un convertidor multinivel o cualquier otro convertidor al que estén habituados aquellos familiarizados con el estado de la técnica.

En el presente contexto, el término "falta equilibrada" puede indicar en particular una falta que implica a todas las fases, con iguales magnitudes de corriente de falta en cada fase. Las faltas equilibradas se caracterizan normalmente por las características de secuencia positiva del sistema.

5 En el presente contexto, el término "falta desequilibrada" puede indicar en particular una falta que no implica a todas las fases o implica a las fases en grados diferentes. En un sistema trifásico general, algunas faltas desequilibradas posibles son las faltas fase-tierra simples (SLGF), la falta fase-fase (LLF) y la falta fase-fase-tierra (LLGF). Sin embargo, En el caso de las turbinas eólicas, la falta desequilibrada más importante es la LLF. Esto se debe al hecho de que las turbinas eólicas se conectan típicamente al sistema eléctrico a través de un transformador estrella-triángulo con puesta a tierra. Esto implica que la impedancia de secuencia cero (Z0) es un circuito abierto, así pues, desde la perspectiva de la turbina eólica, Z0 y Zg (impedancia entre el neutro y tierra) se aproximan a un valor muy grande. En consecuencia, no hay de modo efectivo ninguna SLGF o LLGF. Las turbinas eólicas no contribuyen a una SLGF y las LLGF se deterioran en LLF, dado que la impedancia de secuencia cero se aproxima a un valor infinito.

15 La etapa de detección de una falta puede comprender una comparación de la tensión del convertidor con un umbral predeterminado, tal como el 90 % de la tensión nominal. Si la tensión cae por debajo del umbral predeterminado, esto se toma como la indicación de una falta.

20 Cuando se determina que la falta detectada es una falta desequilibrada, el convertidor se controla para fijar su impedancia de secuencia negativa aparente (Z2) para que sea igual o al menos próxima a la impedancia de secuencia positiva aparente (Z1), es decir para producir una corriente y tensión de secuencia negativa que tengan sustancialmente la misma relación que la corriente y tensión de secuencia positiva. De ese modo, los sistemas de análisis de falta estándar desarrollados originalmente para manejar generadores síncronos pueden usarse para encargarse de la situación provocada por la falta desequilibrada. En particular, si un generador síncrono se sustituye por una turbina eólica que incluye un convertidor de CC/CA controlado acuerdo con este método, el sistema de análisis de faltas existente debería permanecer esencialmente sin cambios.

25 Mediante el control del convertidor para generar una corriente de secuencia negativa correspondiente a la negativa de la corriente de secuencia positiva, el convertidor actuará esencialmente como generador síncrono para faltas próximas.

30 De acuerdo con una realización de la invención, la etapa de determinar una corriente de falta de secuencia positiva comprende (a) determinar una tensión de secuencia positiva del convertidor, (b) determinar una tensión de secuencia positiva del sistema y (c) calcular la corriente de falta de secuencia positiva basándose en la tensión de secuencia positiva del convertidor, la tensión de secuencia positiva del sistema y la impedancia de secuencia positiva.

35 Más específicamente, la corriente de falta de secuencia positiva (I1f) puede determinarse como $I1f = (V1conv - V1sis)/Z1$, en donde V1conv indica la tensión de secuencia positiva del convertidor, V1sis indica la tensión de secuencia positiva del sistema y Z1 indica la impedancia de secuencia positiva aparente.

De acuerdo con una realización adicional de la invención, el método comprende además, si la falta es una falta equilibrada, controlar el convertidor para que tenga una impedancia de secuencia negativa aparente que pueda ser igual a o diferente de la impedancia de secuencia positiva aparente de una forma controlada.

40 En el caso de una falta equilibrada, la corriente de falta se determina por la impedancia de secuencia positiva, que consiste en la impedancia de secuencia positiva aparente del convertidor añadida apropiadamente a la impedancia de secuencia positiva del sistema. En otras palabras, en este caso el convertidor se controla para funcionar de una forma regular como es conocido en la técnica.

45 De acuerdo con una realización adicional de la invención, el convertidor se controla para tener una impedancia de secuencia negativa aparente que tenga una relación matemática programada con la impedancia de secuencia positiva aparente, de la misma manera que se demostró por las máquinas de generador de turbina síncrona, en donde la impedancia de secuencia positiva se incrementa con el tiempo desde el subtransitorio al transitorio a la reactancia síncrona, mientras la impedancia de secuencia negativa aparente permanencia a nivel constante aproximándose a la de impedancia subtransitoria.

50 De acuerdo con una realización adicional de la invención, la etapa de determinar si la falta es una falta equilibrada o una falta desequilibrada comprende determinar si las tensiones de secuencia negativa y cero son sustancialmente cero.

Si tanto la tensión de secuencia cero como la de secuencia negativa son (al menos cercanas a) cero, se determina que la falta es equilibrada.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un programa informático que comprende instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando se ejecutan por una unidad de procesamiento informático, hacen que el ordenador realice el método acuerdo con el primer aspecto o cualquiera de las realizaciones anteriores.

- 5 Este aspecto se basa en la misma idea que el primer aspecto descrito anteriormente y constituye un programa informático adecuado para implementar el método de control de acuerdo con el primer aspecto en un controlador para un convertidor.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un controlador para un convertidor para la conversión de una tensión de CC en tensiones de CA, comprendiendo el controlador una unidad de procesamiento adaptada para ejecutar el programa informático de acuerdo con el segundo aspecto.

- 10 Este aspecto se basa en la misma idea que el primer y segundo aspectos descritos anteriormente y constituye un controlador adaptado para realizar el método del primer aspecto por medio de un programa informático de acuerdo con el segundo aspecto.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un convertidor para la conversión de una tensión de CC en tensiones de CA, comprendiendo el convertidor un controlador de acuerdo con el tercer aspecto.

- 15 Este aspecto se basa en la misma idea que los tres aspectos anteriormente mencionados y constituye específicamente un convertidor con un controlador diseñado para realizar el control de acuerdo con la presente invención, de modo que pueda supervisarse y analizarse la salida del convertidor por medio de equipos y métodos conocidos en el campo de los generadores síncronos.

- 20 De acuerdo con un quinto aspecto de la invención, se proporciona un sistema que comprende (a) una turbina eólica, (b) un convertidor de acuerdo con el cuarto aspecto y (c) un dispositivo de análisis de faltas de generador síncrono.

Este aspecto proporciona un sistema de generación de energía eólica completo que usa el método de control del convertidor de acuerdo con la presente invención.

- 25 Los aspectos definidos anteriormente y aspectos adicionales de la presente invención son evidentes a partir de los ejemplos de realizaciones a ser descritos posteriormente en el presente documento y se explican con referencia a los ejemplos de realizaciones. La invención se describirá con más detalle en el presente documento a continuación con referencia a ejemplos de realizaciones. Sin embargo, se indica explícitamente que la invención no está limitada a las realizaciones de ejemplo descritas.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra un modelo de secuencia de un convertidor conocido.

- 30 La Figura 2 muestra un modelo de secuencia de un generador síncrono.

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un método de control de un convertidor de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada

- 35 La ilustración en los dibujos es esquemática. Se observa que en las diferentes figuras, se proporciona a elementos similares o idénticos los mismos números de referencia o números de referencia que difieren solo en el primer dígito.

- 40 La Figura 1 muestra un modelo de secuencia de un convertidor conocido. Más específicamente, el diagrama a) muestra el circuito equivalente de secuencia positiva que consiste en un generador de tensión correspondiente a la tensión de secuencia positiva y la impedancia de secuencia positiva Z_1 previos a la falta que comprende un elemento inductivo (reactancia X) y un elemento resistivo. El diagrama b) muestra el circuito equivalente de secuencia negativa con una impedancia de secuencia negativa Z_2 que se aproxima al infinito, es decir a un circuito abierto y el diagrama c) muestra el circuito equivalente de secuencia cero con tanto la impedancia de secuencia cero Z_0 como la impedancia entre neutro y tierra Z_g aproximándose al infinito.

Como puede verse en el diagrama b), el convertidor no proporciona ninguna corriente de secuencia negativa dado que Z_2 constituye un circuito abierto.

- 45 La Figura 2 muestra un modelo de secuencia de un generador síncrono. Más específicamente, el diagrama a) muestra el circuito equivalente de secuencia positiva que consiste en un generador de tensión correspondiente a la

5 tensión de secuencia positiva y la impedancia de secuencia positiva Z_1 previos a la falta que comprende un elemento inductivo (reactancia X) y un elemento resistivo. Este circuito es idéntico al mostrado en el diagrama a) en la Figura 1. El diagrama b) muestra el circuito equivalente de secuencia negativa con una impedancia de secuencia negativa Z_2 (reactancia y resistencia) finita. A diferencia del diagrama b) en la Figura 1, circulará una corriente de secuencia negativa en este caso. El diagrama c) muestra el circuito equivalente de secuencia cero con la impedancia de secuencia cero Z_0 e impedancia entre neutro y tierra Z_g finitas.

Antes de continuar con la descripción del método de control de acuerdo con la presente invención, se analizará en detalle el comportamiento en falta de un generador síncrono.

Hay en general cuatro tipos básicos de faltas en un sistema eléctrico trifásico:

- 10
1. Falta trifásica (equilibrada)
 2. Falta fase-tierra simple (SLGF)
 3. Falta fase-fase (LLF)
 4. Falta fase-fase-tierra (LLGF)

Si un generador síncrono está alimentando la corriente de falta, serán aplicables las ecuaciones que siguen.

15 La falta trifásica, o falta equilibrada, aunque bastante trivial computacionalmente, es en general la falta más grave y da como resultado la corriente del cortocircuito más elevada. La corriente de falta de un generador síncrono es simplemente

$$I_f = E_{a1} / (Z_1),$$

20 en donde E_{a1} = la tensión (línea-neutro) de secuencia positiva previa a la falta y Z_1 es la impedancia de secuencia positiva.

Las faltas restantes son faltas desequilibradas. Es decir, no implican a las 3 fases.

la SLGF implica un cortocircuito desde una de las tres fases a tierra. La corriente de falta de una SLGF es

$$I_f = 3E_{a1} / (Z_1 + Z_2 + Z_0),$$

en donde Z_2 es la impedancia de secuencia negativa y Z_0 es la impedancia de secuencia cero.

25 La LLF es simplemente una falta entre dos fases. La corriente de falta de una LLF es

$$I_f = \sqrt{3} E_{a1} / (Z_1 + Z_2).$$

La LLGF es una falta entre dos fases y tierra. La corriente de falta es

$$I_f = \sqrt{3} * \sqrt{(1 - Z_2 * Z_0 / (Z_2 + Z_0)^2)} * E_{a1} / (Z_1 + ((Z_2) (Z_0) / (Z_0 + Z_2)))$$

30 Las turbinas eólicas se conectan típicamente al sistema eléctrico a través de un transformador estrella-triángulo con puesta a tierra. Esto implica que la impedancia de secuencia cero es un circuito abierto, así pues, desde la perspectiva de la turbina eólica, Z_0 y Z_g (impedancia entre el neutro y tierra) se aproximan al infinito. En consecuencia, no hay ninguna SLGF o LLGF. Las turbinas eólicas no contribuyen a una SLGF y las LLGF se deterioran en LLF, dado que la impedancia de secuencia cero se aproxima al infinito.

35 Así, para sistemas de turbina eólica hay solamente dos tipos comunes de falta aplicables, la falta trifásica equilibrada y la LLF. No hay participación de secuencia negativa en la falta trifásica equilibrada (solo hay secuencia positiva). La contribución de la corriente de falta es $I_f = (E_{a1}/Z_1)$, de modo que la corriente de falta es de secuencia estrictamente positiva, lo que está dentro de la capacidad de la técnica existente. Sin embargo, en la técnica existente, los convertidores proporcionan solamente una circulación de corriente de secuencia positiva. En consecuencia, la falta
40 principalmente preocupante es la LLF.

En el estado de la técnica existente, si tiene lugar una falta LLF, no hay circulación de corriente de secuencia negativa. Por el contrario, el convertidor típico establece una tensión de secuencia negativa que iguala (y se opone) a la tensión de falta de secuencia negativa.

Cuando tiene lugar una falta fase-fase próxima a un generador síncrono entre las fases b y c de un sistema trifásico

(compuesto de las fases a, b y c), la circulación de corriente resultante, cuando es alimentada por un generador síncrono, se describe por $I_b = -I_c$.

En consecuencia, la tensión generada por el convertidor es:

Las tensiones de falta de secuencia positiva y negativa son:

5 $E_{1f} = E_{a1} - I_{1f} \times Z_1 = (E_{a1} \times Z_2)/(Z_1 + Z_2)$, en donde E_{1f} es la tensión de falta de secuencia positiva e I_{1f} es la corriente de falta de secuencia positiva.

$E_{2f} = -I_{2f} \times Z_2 = (E_{a1} \times Z_2)/(Z_1 + Z_2) = E_{1f}$, en donde E_{2f} es la tensión de falta de secuencia negativa e I_{2f} es la corriente de falta de secuencia negativa.

10 El convertidor genera la tensión de falta de secuencia negativa que cancela E_{2f} , es decir, $E_{2c} = -E_{2f}$, en donde E_{2c} es la tensión de secuencia negativa del convertidor y E_{2f} es la tensión de secuencia negativa de falta. $E_{2c} + E_{2f} = 0$ de modo que la corriente de falta de secuencia negativa, I_{2f} , sea cero.

Adicionalmente, los sistemas pasivos tienen la característica de que $Z_1 = Z_2$, así pues, para un sistema de generador síncrono, $I_{1f} = -I_{2f}$.

15 Pero no toda la corriente de secuencia positiva es una corriente de falta. La corriente de secuencia positiva consiste en la corriente de carga más la corriente de falta. Así pues $I_1 = I_{1a} + I_{1f}$, en donde I_{1a} es la corriente de carga de secuencia positiva (idealmente la misma que la corriente de secuencia positiva planificada).

Toda la corriente de secuencia negativa es corriente de falta, de modo que $I_2 = I_{2f}$.

En resumen, las siguientes tres ecuaciones se aplican a una falta fase-fase próxima a un generador síncrono:

$$I_2 = I_{2f} = -I_{1f}$$

20 $E_{a1} = E_{1a} + E_{1f}$

$$E_{1f} = E_{2f}$$

En la segunda ecuación, E_{1a} es la tensión de secuencia positiva planificada.

Como se describirá ahora en lo que sigue, es posible que un convertidor proporcione una respuesta ante falta similar a la de una máquina síncrona mediante la resolución de estas ecuaciones simultáneamente.

25 La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un método 300 para controlar un convertidor de acuerdo con una realización de la presente invención.

El método 300 comienza en la etapa 310 mediante la determinación de si ha tenido lugar una falta, es decir mediante la comparación de la tensión de salida con un umbral predeterminado. Si la tensión de salida es de al menos el 90 % de la tensión esperada, se continúa el funcionamiento normal tal como se indica en el bloque 315.

30 Sin embargo, si la tensión de salida está por debajo del 90 % de la tensión esperada, se determina que ha tenido lugar una falta y el método 300 continúa en 320.

En la etapa 320, se determina la tensión de falta de secuencia positiva I_{1f} como la tensión de secuencia positiva del convertidor V_{1conv} menos la tensión de secuencia positiva del sistema V_{1sis} dividida por la impedancia de secuencia positiva Z_1 .

35 A continuación, el método 300 continúa en la etapa 330 en donde se determina si la falta detectada es una falta equilibrada mediante la comprobación de si la tensión de secuencia negativa es cero. Si este es el caso, la corriente de falta I_f se fija igual a la corriente de falta de secuencia positiva I_{1f} previamente determinada (en la etapa 320) en la etapa 335 y se trata la falta como es conocido en la técnica.

40 Si se determina en la etapa 330 que la falta no es una falta equilibrada, es decir la falta es una falta desequilibrada (por ejemplo de proximidad), el método 300 continúa en la etapa 340. En este caso, una corriente de falta de secuencia negativa I_{2f} se fija igual a la negativa de la corriente de falta de secuencia positiva previamente determinada, es decir $I_{2f} = -I_{1f}$. Adicionalmente, la impedancia de secuencia negativa Z_2 se fija igual a la impedancia de secuencia positiva Z_1 , es decir $Z_2 = Z_1$ y la tensión de secuencia negativa se fija igual al producto de la impedancia de secuencia negativa Z_2 y la corriente de falta de secuencia negativa I_{2f} , es decir $V_2 = Z_2 \times I_{2f}$.

45 De ese modo, el convertidor proporciona una corriente de secuencia negativa de la misma manera que un generador

síncrono (alta impedancia) lo haría en caso de una falta desequilibrada. Por consiguiente, un convertidor controlado de acuerdo con el método 300 tendrá un comportamiento ante falta similar al de un generador síncrono y por ello permitirá el uso de equipos de diagnóstico y supervisión de faltas convencional para el manejo de la falta.

5 En algún momento, se espera que se requerirá a las turbinas eólicas de convertidor completo que imiten el comportamiento ante faltas de los generadores síncronos, este requisito puede satisfacerse mediante el control de los convertidores de acuerdo con el método 300 de la presente invención, de modo que la corriente de secuencia negativa producida durante una situación de tensión baja sea proporcional a la tensión de secuencia negativa del sistema.

10 La presente invención proporciona un control que hará que la turbina eólica de convertidor completo produzca corrientes de falta de la misma forma en general que los generadores síncronos, es decir, X_0 (reactancia de secuencia cero) muy grande, $X_2 = X_1$ (X_2 es la reactancia de secuencia negativa, X_1 es la reactancia de secuencia positiva). El beneficio principal es que los usuarios serán capaces de analizar las faltas con su software de cálculo de cortocircuitos existente. Actualmente, los controles de turbina eólica proporcionan de modo efectivo valores muy altos tanto de X_2 como de X_0 (por ejemplo varias p.u. para X_2 y más de 50 p.u. para X_0) y un valor mucho más pequeño para X_1 (por ejemplo del orden de 1 p.u.). La presente invención permitiría ajustes de $X_1 = X_2 =$ del orden de 1 p.u. y X_0 muy grande (por ejemplo aproximadamente 50 p.u.). Esto permitiría a los generadores de turbina eólica (WTG) imitar el rendimiento de generadores síncronos de alta impedancia durante faltas.

20 Se observa que el término "comprendiendo" no excluye otros elementos o etapas y el uso de los artículos "un" o "una" no excluye una pluralidad. También los elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones pueden combinarse. Se observa adicionalmente que los signos de referencia en las reivindicaciones no han de interpretarse como limitación del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de control de un convertidor de turbina eólica trifásico para convertir una tensión de CC en tensiones de CA, comprendiendo el método detectar (310) una falta, determinar (320) una corriente de falta de secuencia positiva (I1f),
- 5 determinar (330) si la falta es una falta equilibrada o una falta desequilibrada y si la falta no es una falta equilibrada, es decir la falta está próxima a una falta desequilibrada, controlar (340) el convertidor para:
- tener una impedancia de secuencia negativa aparente (Z2) igual a su impedancia de secuencia positiva aparente (Z1), generar una corriente de secuencia negativa (I2f) que sea sustancialmente igual a la negativa de la corriente de falta de secuencia positiva (I1f) y generar una tensión de secuencia negativa (V2) igual al producto
- 10 de la impedancia de secuencia negativa (Z2) y la corriente de secuencia negativa (I2f).
2. El método de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la etapa (320) de determinar una corriente de falta de secuencia positiva (I1f) comprende
- 15 determinar una tensión de secuencia positiva del convertidor (V1conv), determinar una tensión de secuencia positiva del sistema (V1sis) y calcular la corriente de falta de secuencia positiva (I1f) basándose en la tensión de secuencia positiva del convertidor (V1conv), la tensión de secuencia positiva del sistema (V1sis) y la impedancia de secuencia positiva (Z1).
3. El método de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende, además, si la falta es una falta equilibrada, controlar el convertidor para que tenga una impedancia de secuencia negativa aparente (Z2) que sea igual a o diferente de la impedancia de secuencia positiva aparente (Z1) de una forma controlada.
- 20 4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa (330) de determinar si la falta es una falta equilibrada o una falta desequilibrada comprende determinar si la tensión de secuencia cero (V0) y la tensión de secuencia negativa (V2) son cero.
5. Un programa informático que comprende instrucciones ejecutables por ordenador que, cuando se ejecutan por una unidad de procesamiento informático, hacen que el ordenador realice el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 25 6. Un controlador para un convertidor de turbina eólica trifásico para convertir una tensión de CC en tensiones de CA, comprendiendo el controlador una unidad de procesamiento adaptada para ejecutar el programa informático de acuerdo con la reivindicación anterior.
- 30 7. Un convertidor de turbina eólica trifásico para convertir una tensión de CC en tensiones de CA, comprendiendo el convertidor un controlador de acuerdo con la reivindicación anterior.
8. Un sistema que comprende
- 35 una turbina eólica,
un convertidor de acuerdo con la reivindicación anterior y
un dispositivo de análisis de faltas de generador síncrono.

FIG 1

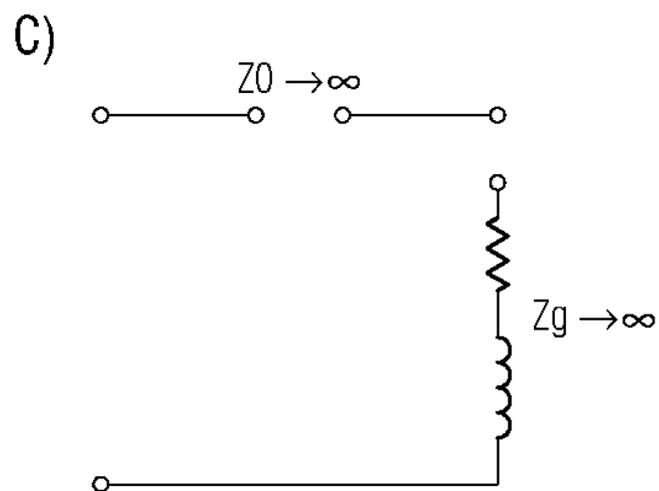
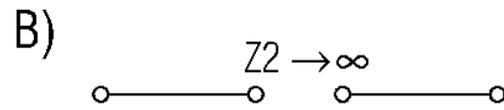
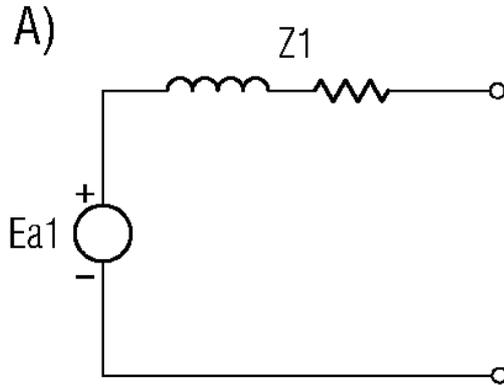


FIG 2

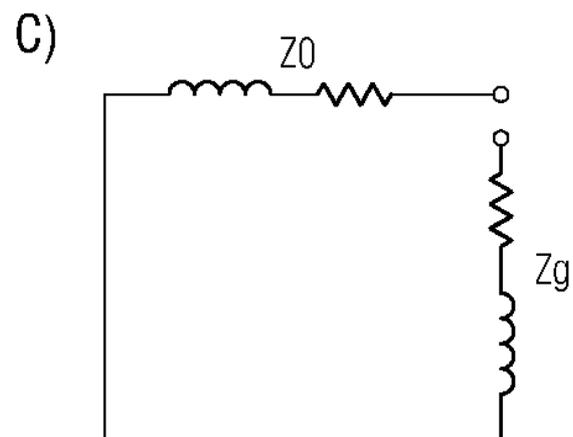
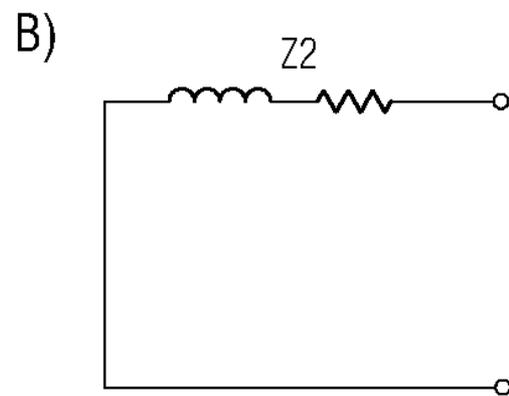
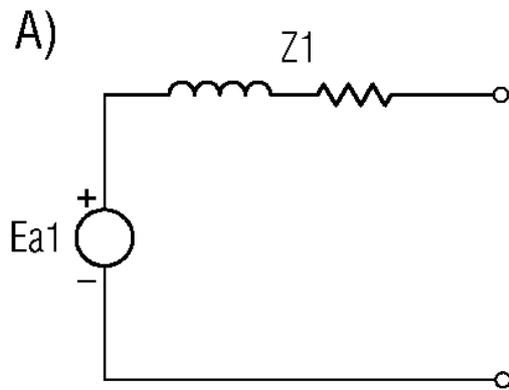


FIG 3

