



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



(1) Número de publicación: 2 812 559

51 Int. Cl.:

H02P 9/04 (2006.01) F03D 7/02 (2006.01) H02P 25/22 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 30.10.2014 E 14191070 (3)
 Fecha y número de publicación de la concesión europea: 27.05.2020 EP 3016272

(54) Título: Controlar el flujo de energía de una máquina eléctrica con impedancia desequilibrada

45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: 17.03.2021

(73) Titular/es:

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

72 Inventor/es:

DENG, HENG

4 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

DESCRIPCIÓN

Controlar el flujo de energía de una máquina eléctrica con impedancia desequilibrada

Campo de la invención

5

30

40

45

50

La presente invención se refiere al campo de las turbinas eólicas, más particular al campo de las máquinas de imanes permanentes.

Antecedentes de la técnica

En la mayoría de las máquinas de corriente alterna eléctrica, la impedancia está equilibrada. De este modo, la impedancia de la máquina es igual para diferentes fases. No obstante, la impedancia de la máquina puede estar desequilibrada en algunas máquinas eléctricas especiales.

10 Por ejemplo, con el fin de lograr la redundancia, especialmente para las turbinas eólicas de alta mar, los generadores con múltiples devanados trifásicos se utilizan para grandes turbinas eólicas. Cada conjunto de devanados trifásicos puede tener un convertidor de frecuencia controlado por separado. Con este tipo de configuración, una turbina eólica aún puede producir electricidad siempre que al menos un conjunto de devanado y su convertidor estén en buenas condiciones, incluso si todos los demás devanados y convertidores están rotos. Para una máquina con múltiples 15 devanados trifásicos, la inductancia mutua entre devanados puede cambiar después de que un devanado o su convertidor se rompa. Esto provoca una impedancia deseguilibrada de los devanados restantes. Una impedancia desequilibrada puede provocar una corriente o tensión desequilibrada en un estátor de la máquina y/o un convertidor. Debido a la tensión y/o corriente desequilibradas, la potencia del estátor del generador, por ejemplo, puede tener un armónico de dos veces la frecuencia eléctrica del generador. Como normalmente la anchura de banda de un bucle de 20 control de tensión de enlace de CC es menor que esta frecuencia, el equilibrio de una potencia de red y la potencia del generador no se puede lograr en tal situación. El armónico en la potencia del estátor puede provocar una tensión de armónico a una misma frecuencia en los condensadores de enlace de CC del convertidor de frecuencia. La forma de onda de tensión de enlace de CC en tal situación puede comprender armónicos no deseados, que no son preferentes, porque un armónico alto en la tensión de enlace de CC puede provocar una sobremodulación del convertidor de frecuencia y, eventualmente, disparar el convertidor de frecuencia. 25

Zhou et al. ("operation of grid-connected DFIG under unbalanced grid voltage condition" ["funcionamiento de una DFIG conectada a la red en condiciones de tensión de red desequilibradas"]; IEEE transactions on energy conversion, IEEE service center, Piscataway, Nueva Jersey, EEUU; vol. 24, n.º 1; 2009; páginas 240-246) describe el funcionamiento de un generador de inducción alimentado doblemente conectado a la red en condiciones de tensión de red desequilibradas. Por ello, Zhou et al. describe que las corrientes de referencia de un VSC de red se calculan a partir de una tensión de enlace de CC.

Blaabjerg *et al.* describe una "overview of control and grid synchronization for distributed power generation systems" ["descripción general del control y la sincronización de la red para sistemas de generación de energía distribuida"] (IEEE transactions on industrial electronics; vol. 53, n.º 5; 2006; páginas 1398-1409).

El documento EP 2 546 969 A1 describe un método para controlar un convertidor de frecuencia con un rectificador (CA a CC) y un inversor (CC a CA) que está conectado a través de un enlace de CC al rectificador. Así mismo, el convertidor de frecuencia comprende un controlador de rectificador y un controlador de inversor.

Mishra *et al.* describe "a fast-acting DC-link voltage controller for three-phase DSTATCOM to compensate AC and DC loads" ["un controlador de tensión de enlace de CC de acción rápida para un DSTATCOM trifásico para compensar las cargas de CA y CC"] (IEEE transactions on power delivery, IEEE service center New York, Nueva York, EEUU; vol. 24; n.º 4; 2009; páginas 2291-2299).

Por ende, existe la necesidad de accionar una máquina eléctrica con una impedancia desequilibrada.

Sumario de la invención

Esta necesidad puede ser satisfecha por la materia objeto de acuerdo con la reivindicación independiente. Las realizaciones ventajosas de la presente invención se describen por las reivindicaciones dependientes.

Por lo tanto, de acuerdo con la invención, se proporciona un método para controlar un flujo de energía desde una máquina de corriente alterna eléctrica, en particular un generador de corriente alterna eléctrica de una turbina eólica, con una impedancia desequilibrada a una red, en donde la máquina comprende múltiples devanados trifásicos, en donde la impedancia de la máquina no es igual para diferentes fases, y/o en donde una inductancia mutua entre devanados cambia después de que un devanado o su convertidor se rompa. Comprendiendo el método:

- i) obtener una primera señal de potencia (P1) que representa una primera orden de potencia,
- ii) obtener una segunda señal de potencia (P2) que representa una segunda orden de potencia,
- iii) obtener una primera señal de corriente (I1) indicativa de una corriente de retroalimentación del generador de corriente alterna eléctrica,
- 5 iv) obtener una segunda señal de corriente (I2) indicativa de una corriente de retroalimentación de un convertidor de red.
 - v) determinar una primera señal interna (int1) como resultado de un primer procedimiento de cálculo de referencia de corriente (crc1) haciendo uso de la primera señal de potencia (P1), correspondiendo la primera señal interna (int1) a una orden de corriente para la máquina de corriente alterna eléctrica,
- vi) determinar una segunda señal interna (int2) como resultado de un segundo procedimiento de cálculo de referencia de corriente (crc2) haciendo uso de la segunda señal de potencia (P2), correspondiendo la segunda señal interna (int2) a una orden de corriente para el convertidor de red,
 - vii) determinar una primera señal de salida (OUT1) como resultado de un primer procedimiento de controlador de corriente (cc1) que utiliza la primera señal de corriente (I1) y la primera señal interna (intl), representando la primera señal de salida (OUT1) una orden de tensión para un primer eje de un marco rotativo síncrono de máquina, pudiendo aplicarse la orden de tensión para el primer eje para controlar el flujo de energía de la máquina de corriente alterna eléctrica, y
 - viii) determinar una segunda señal de salida (OUT2) como resultado de un segundo procedimiento de controlador de corriente (cc2) haciendo uso de la segunda señal de corriente (l2), la segunda señal interna (int2) y un procedimiento de cálculo de compensación, representando la segunda señal de salida (OUT2) una orden de tensión para un segundo eje de un marco rotativo síncrono de red, pudiendo aplicarse la orden de tensión para el segundo eje para controlar el flujo de energía de la máquina de corriente alterna eléctrica. El método comprende, además:
 - ix) obtener una señal de tensión (V1) indicativa de una tensión de enlace de corriente continua, y

15

20

50

55

- 25 x) obtener una señal de tensión de referencia (V2) indicativa de una referencia de tensión de enlace de corriente continua,
 - xi) realizar un procedimiento de enlace de corriente continua (dc1) utilizando la señal de tensión (V1) y la señal de tensión de referencia (V2). Por ello, obtener la segunda señal de potencia (P2) comprende hacer uso del procedimiento de enlace de corriente continua (dcl), y el método comprende, además:
- xii) determinar una cuarta señal de potencia (P4) mediante un procedimiento de cálculo de potencia de compensación (cpc) para calcular un valor de compensación de potencia, en donde el procedimiento de cálculo de potencia de compensación (cpc) corresponde al procedimiento de cálculo de compensación, y xiii) obtener la segunda señal de potencia (P2) al añadir la cuarta señal de potencia (P4) a un resultado del procedimiento de enlace de corriente continua (dcl).
- El procedimiento de cálculo de potencia de compensación (cpc) comprende: recibir un resultado de un procedimiento de filtro (f) para filtrar la señal de tensión de referencia (V2), recibir un resultado de un procedimiento de regulador resonante (rr) para regular el resultado del procedimiento de filtro (f), recibir un resultado de un procedimiento de cálculo de potencia (pc) para calcular una potencia a partir del resultado del procedimiento de regulador resonante (rr), y recibir la cuarta señal de potencia (P4) de un procedimiento de compensación de fase-ganancia (gpc) para compensar una ganancia y/o fase a partir del resultado del procedimiento de cálculo de potencia (pc). Por ello, el procedimiento de compensación de fase-ganancia incluye proporcionar una compensación de las diferencias de fase-ganancia entre la potencia del generador y la potencia de la red.
 - La ventaja de este concepto es que puede permitir un funcionamiento después de una falla de un generador/una turbina de corriente alterna de devanado múltiple.
- Este aspecto de la invención se basa en la idea de que, al regular la transferencia de energía de la máquina de corriente alterna a la red, una máquina de corriente alterna de devanado múltiple puede conectarse a la red sin forzar la red en el caso de una impedancia desequilibrada de la máquina.
 - De acuerdo con una realización de la invención, la primera señal interna corresponde a la orden de corriente para el primer eje del marco rotativo síncrono. La segunda señal interna corresponde a la orden de corriente para el segundo eje del marco rotativo síncrono. La primera señal de corriente es indicativa de la corriente de retroalimentación para el primer eje del marco rotativo síncrono. Y la segunda señal de corriente es indicativa de la corriente de retroalimentación para el segundo eje del marco rotativo síncrono.
 - De acuerdo con una realización adicional de la invención, la primera señal de salida sirve como primera señal de entrada a un procedimiento de modulación de anchura de pulso. Y la segunda señal de salida sirve como una segunda señal de entrada para el procedimiento de modulación de anchura de pulso.

De acuerdo con un primer aspecto para proporcionar una mejor comprensión de la divulgación que no forma parte del alcance de protección, se proporciona una disposición para controlar el funcionamiento de una máquina de corriente alterna eléctrica con impedancia desequilibrada, en particular un generador de corriente alterna eléctrica de una turbina eólica, estando la disposición configurada para realizar un método de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones

anteriores de la invención. La ventaja de este concepto es que puede permitir un funcionamiento después de una falla de un generador/una turbina de corriente alterna de devanado múltiple.

Este primer aspecto de la divulgación se basa en la idea de que, al proporcionar un circuito de regulación de energía a la máquina, la transferencia de energía desde la máquina de corriente alterna a la red se puede proporcionar sin forzar la red en el caso de una impedancia deseguilibrada de la máquina.

De acuerdo con una realización adicional de la divulgación que no forma parte del alcance de protección, la disposición comprende una unidad de cálculo de potencia de compensación para calcular una orden de potencia de compensación de un convertidor de red en función de al menos un valor, en donde el valor se elige de un grupo de valores. Los valores del grupo de valores representan respectivamente una tensión de enlace de CC, un generador de energía, un par de generador, una corriente de generador o una tensión de generador. La orden de potencia de compensación es un armónico con una frecuencia proporcional a una frecuencia eléctrica del generador de corriente alterna eléctrico. La disposición comprende, además, una referencia de potencia de red y/o una orden de potencia de red, ya sea desde un controlador de turbina o un controlador de tensión de enlace de CC; y un elemento de suma configurado para añadir la orden de potencia de compensación a la referencia de potencia de la red y/o la orden de potencia de la red, con el fin de lograr una señal de control de orden de potencia de la red. Por otro lado, la disposición comprende un controlador de potencia, estando el controlador de potencia adaptado para permitir que una potencia de red siga la señal de orden de potencia de red.

De acuerdo con una realización adicional de la divulgación que no forma parte del alcance de protección, la disposición comprende una unidad de cálculo de corriente de compensación para calcular una orden de corriente de compensación del convertidor de red en función de al menos un valor, en donde el valor se elige del grupo de valores. La corriente de compensación es un armónico con una frecuencia proporcional a la frecuencia eléctrica del generador. La disposición comprende, además, una referencia de corriente activa de red y/o una orden de corriente activa de red. En esta, la referencia de corriente activa de red y/o la orden de corriente activa de red se reciben cada una desde el controlador de tensión de enlace de CC y/o una unidad de cálculo. La disposición comprende, además, un elemento de suma configurado para añadir una orden de corriente con el fin de lograr una señal de control de orden de corriente activa de red. Por otro lado, la disposición comprende un controlador de corriente, estando el controlador de corriente adaptado para permitir que una corriente siga la señal de control de orden de corriente activa de red.

La unidad de cálculo de acuerdo con la divulgación que no forma parte del alcance de protección puede ser, por ejemplo, un funcionamiento a través de fallas de red.

- 30 De acuerdo con un segundo aspecto para proporcionar una mejor comprensión de la divulgación que no forma parte del alcance de protección, se proporciona un programa informático para procesar un objeto físico de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones anteriores del segundo aspecto de la invención, el programa informático, cuando es ejecutado por un procesador de datos, está adaptado para controlar y/o para llevar a cabo el método como se expone en una cualquiera de las realizaciones anteriores del primer aspecto de la invención.
- Este aspecto de la divulgación, que no forma parte del alcance de protección, se basa en la idea de que el método de control para la transferencia de energía de la máquina a la red se puede proporcionar de una manera muy flexible.
 - Cabe destacar que las realizaciones de la invención se han descrito con referencia a diferentes materias objeto. En particular, algunas realizaciones se han descrito con referencia a las reivindicaciones de tipo de método, mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a las reivindicaciones de tipo de aparato. No obstante, un experto en la materia concluirá a partir de lo anterior y de la siguiente descripción que, a menos que se notifique lo contrario, además de cualquier combinación de particularidades que pertenezcan a un tipo de materia objeto, también cualquier combinación entre particularidades relacionadas con diferentes materias objeto, en particular, entre las particularidades de las reivindicaciones de tipo de método y las particularidades de las reivindicaciones de tipo de aparato, se consideran como divulgadas con este documento.
- Los aspectos definidos anteriormente y otros aspectos de la presente invención son evidentes a partir de los ejemplos de realización que se describirán a continuación en el presente documento y se explican con referencia a los ejemplos de realización. La invención se describirá con más detalle a continuación en el presente documento con referencia a ejemplos de realización, pero a los que la invención tal como se define en la reivindicación independiente anexa no está limitada.

50 Breve descripción de los dibujos

5

10

15

20

25

40

La figura 1 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con una realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.

La figura 2 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.

La figura 3 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.

La figura 4 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo de la invención.

La figura 5 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.

La figura 6 muestra un dibujo esquemático de un procedimiento de cálculo de potencia/corriente de compensación propuesto de acuerdo con una realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.

La figura 7 muestra un dibujo esquemático de un procedimiento de bloque de regulación propuesto del procedimiento de cálculo de potencia/corriente de compensación de la figura 6 de acuerdo con una realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.

La figura 8 muestra un dibujo esquemático de un procedimiento de bloque de regulación propuesto del procedimiento de cálculo de potencia/corriente de compensación de la figura 6 de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo de la invención.

Descripción detallada

10

15

20

30

35

40

45

La ilustración en el dibujo es esquemática. Se observa que, en diferentes figuras, los elementos o las particularidades similares o idénticos se proporcionan con los mismos signos de referencia o con signos de referencia que son diferentes de los signos de referencia correspondientes únicamente dentro del primer dígito. Con el fin de evitar repeticiones innecesarias, los elementos o las particularidades que ya se han aclarado con respecto a una realización descrita anteriormente no se explicarán de nuevo en una posición posterior de la descripción.

La figura 1 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con una realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.

En la figura 1 se muestra un método para controlar el flujo de energía a una red, desde una máquina de corriente alterna eléctrica con impedancia desequilibrada, en particular un generador de corriente alterna eléctrica de una turbina eólica, comprendiendo el método: obtener una primera señal de potencia P1 que representa una primera orden de potencia; obtener una segunda señal de potencia P2 que representa una segunda orden de potencia; obtener una primera señal de corriente 11 indicativa de una corriente de retroalimentación del generador de corriente alterna eléctrica; obtener una segunda señal de corriente 12 indicativa de una corriente de retroalimentación de un convertidor de red; determinar una primera señal interna int1 como resultado de un primer procedimiento de cálculo de referencia de corriente crc1 haciendo uso de la primera señal de potencia P1, correspondiendo la primera señal interna int1 a una orden de corriente para la máquina de corriente alterna eléctrica; determinar una segunda señal interna int2 como resultado de un segundo procedimiento de cálculo de referencia de corriente crc2 haciendo uso de la segunda señal de potencia P2, correspondiendo la segunda señal interna int2 a una orden de corriente para el convertidor de red; determinar una primera señal de salida OUT1 como resultado de un primer procedimiento de controlador de corriente cc1 que utiliza la primera señal de corriente I1 y la primera señal interna,, representando la primera señal de salida OUT1 una orden de tensión para un primer eje de un marco rotativo síncrono de máquina, pudiendo aplicarse la orden de tensión para el primer eje para controlar el flujo de energía de la máquina de corriente alterna eléctrica a la red; y determinar una segunda señal de salida OUT2 como resultado de un segundo procedimiento de controlador de corriente cc2 haciendo uso de la segunda señal de corriente 12, la segunda señal interna int2 y un procedimiento de cálculo de compensación, representando la segunda señal de salida OUT2 una orden de tensión para un segundo eje del marco rotativo síncrono de red, pudiendo aplicarse la orden de tensión para el segundo eje para controlar el flujo de energía de la máquina de corriente alterna eléctrica a la red.

Las figuras 2, 3 y 5 muestran cada una otra realización para proporcionar una mejor comprensión de la invención y la figura 4 muestra una realización a modo de ejemplo de acuerdo con la invención del método proporcionado mostrado en la figura 1 de acuerdo con realizaciones a modo de ejemplo de la invención.

50 En esta, obtener la primera señal de potencia P1 u obtener la segunda señal de potencia P2 comprende: hacer uso de un procedimiento de enlace de corriente continua dcl.

Por otro lado, los métodos ilustrados de las figuras 2 a 5 comprenden cada uno: obtener una señal de tensión V1 indicativa de una tensión de enlace de corriente continua; obtener una señal de tensión de referencia V2 indicativa de una referencia de tensión de enlace de corriente continua; y haciendo uso el procedimiento de enlace de corriente continua del de la señal de tensión V1 y la señal de tensión de referencia V2.

- En esta, la primera señal interna int1 corresponde a la orden de corriente para el primer eje del marco rotativo síncrono. La segunda señal interna int2 corresponde a la orden de corriente para el segundo eje del marco rotativo síncrono. La primera señal de corriente l1 es indicativa de la corriente de retroalimentación para el primer eje del marco rotativo síncrono. Y la segunda señal de corriente 12 es indicativa de la corriente de retroalimentación para el segundo eje del marco rotativo síncrono.
- Por otro lado, la primera señal de salida OUT1 sirve como una primera señal de entrada para un procedimiento de modulación de anchura de pulso y la segunda señal de salida OUT2 sirve como una segunda señal de entrada para el procedimiento de modulación de anchura de pulso.
 - La figura 2 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.
- En la figura 2, si la obtención de la primera señal de potencia P1 comprende hacer uso del procedimiento de enlace de corriente continua dcl, el método comprende, además: obtener la primera señal de potencia P1 como resultado del procedimiento de enlace de corriente continua dcl; obtener una tercera señal de potencia P3 que representa una condición de funcionamiento de la máquina de corriente alterna eléctrica; determinar una cuarta señal de potencia P4 mediante un procedimiento de cálculo de potencia de compensación cpc para calcular un valor de compensación de potencia; y obtener la segunda señal de potencia P2 añadiendo la tercera señal de potencia P3 a la cuarta señal de potencia P4.
 - La figura 3 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.
- En la figura 3, si la obtención de la primera señal de potencia P1 comprende hacer uso del procedimiento de enlace de corriente continua dcl, el método comprende, además: obtener la primera señal de potencia P1 como resultado del procedimiento de enlace de corriente continua dcl, correspondiendo la segunda señal de potencia P2 a una tercera señal de potencia P3 que representa una condición de funcionamiento de la máquina de corriente alterna eléctrica; recibir un resultado adicional del segundo procedimiento de cálculo de referencia de corriente crc2 haciendo uso de la segunda señal de potencia P2; determinar una tercera señal de corriente 13 mediante un procedimiento de cálculo de corriente de compensación ccc, representando la tercera señal de corriente 13 una corriente de compensación; y determinar una cuarta señal interna int4 añadiendo la tercera señal de corriente 13 al resultado adicional del segundo procedimiento de cálculo de referencia de corriente crc2. En esta, el segundo procedimiento de controlador de corriente cc2 además hace uso de la tercera señal interna int3.
- La figura 4 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con una realización a modo de ejemplo de la invención. En la figura 4, si la obtención de la segunda señal de potencia P2 comprende hacer uso del procedimiento de enlace de corriente continua dcl, el método comprende, además: la primera señal de potencia P1 que corresponde a una tercera señal de potencia P3 que representa una condición de funcionamiento de la máquina de corriente alterna eléctrica; determinar una cuarta señal de potencia P4 mediante un procedimiento de cálculo de potencia de compensación cpc para calcular un valor de compensación de potencia; y obtener la segunda señal de potencia P2 añadiendo la cuarta señal de potencia P4 a un resultado del procedimiento de enlace de corriente continua dcl
 - La figura 5 muestra un dibujo esquemático de un método propuesto de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.
- En la figura 5, si la obtención de la segunda señal de potencia P2 comprende hacer uso del procedimiento de enlace de corriente continua dcl, el método comprende, además: la primera señal de potencia P1 que corresponde a una tercera señal de potencia P3 que representa una condición de funcionamiento de la máquina de corriente alterna eléctrica; obtener la segunda señal de potencia P2 como resultado del procedimiento de enlace de corriente continua dcl; recibir un resultado adicional del segundo procedimiento de cálculo de referencia de corriente crc2 haciendo uso de la segunda señal de potencia P2; determinar una tercera señal de corriente 13 mediante un procedimiento de cálculo de corriente de compensación ccc, representando la tercera señal de corriente 13 una corriente de compensación; y determinar una cuarta señal interna int4 añadiendo la tercera señal de corriente 13 al resultado adicional del segundo procedimiento de cálculo de referencia de corriente crc2. En esta, el segundo procedimiento de controlador de corriente cc2 además hace uso de la tercera señal interna int3.
- La figura 6 muestra un dibujo esquemático de un procedimiento de cálculo de potencia/corriente de compensación

propuesto de acuerdo con una realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención.

En la figura 6, el procedimiento de cálculo de potencia de compensación cpc comprende: obtener una señal de frecuencia w indicativa de una frecuencia de la máquina de corriente alterna eléctrica, y/u obtener la segunda señal de tensión V2; y recibir la cuarta señal de potencia P4 y/o la tercera señal de corriente 13 de un procedimiento de compensación de fase-ganancia gpc para compensar una ganancia y/o fase a partir del resultado de un procedimiento de bloque de regulación.

5

15

30

40

45

50

La figura 7 muestra otra realización para proporcionar una mejor comprensión de la invención y la figura 8 muestra una realización a modo de ejemplo de acuerdo con la invención del método proporcionado mostrado en la figura 6 de acuerdo con realizaciones a modo de ejemplo de la invención.

La figura 7 muestra un dibujo esquemático de un procedimiento de bloque de regulación propuesto del procedimiento de cálculo de potencia/corriente de compensación de la figura 6 de acuerdo con una realización a modo de ejemplo para proporcionar una mejor comprensión de la invención. En la figura 7, el procedimiento de cálculo de potencia/corriente de compensación cpc de la figura 6 comprende: obtener una señal de frecuencia w indicativa de una frecuencia de la máquina de corriente alterna eléctrica; determinar una quinta señal de potencia P5 mediante un procedimiento de cálculo de potencia pc para calcular una potencia; y recibir un resultado de un procedimiento de filtro f para filtrar la quinta señal de potencia p5 haciendo uso de la señal de frecuencia w y la quinta señal de potencia P5.

Si se tiene en cuenta el bloque sombreado cc de la figura 7, la figura 7 muestra, además, la recepción de un resultado de un procedimiento de cálculo de corriente cc para calcular una corriente a partir del resultado del procedimiento de filtro f.

La figura 8 muestra un dibujo esquemático de un procedimiento de bloque de regulación propuesto del procedimiento de cálculo de potencia/corriente de compensación de la figura 6 de acuerdo con otra realización a modo de ejemplo de la invención.

En la figura 8, el procedimiento de cálculo de potencia/corriente de compensación cpc de la figura 6 comprende: recibir un resultado de un procedimiento de filtro f para filtrar la segunda señal de tensión V2; y recibir un resultado de un procedimiento de regulador resonante rr para regular el resultado del procedimiento de filtro f.

Si se tiene en cuenta el bloque sombreado pc de la figura 8, la figura 8 muestra, además, la recepción de un resultado de un procedimiento de cálculo de potencia pc para calcular una potencia a partir del resultado del procedimiento de regulador resonante rr.

Cabe destacar que el término "que comprende(n)" no excluye otros elementos o etapas y el uso de los artículos "uno" o "una" no excluye una pluralidad. También se pueden combinar elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones. También cabe destacar que los signos de referencia en las reivindicaciones no deben interpretarse como limitantes del alcance de las reivindicaciones.

Cabe destacar que el término "fijación" puede comprender el uso de pernos, remaches, soldadura o cualquier otra unión de dos materiales, dependiendo del uso de los materiales y/o de las piezas unidas entre sí. Cuando sea posible y útil, la soldadura y el uso de pernos o remaches pueden ser sustituidos entre sí.

Se observa que también puede ser posible, en mejoras adicionales de la invención, combinar particularidades de diferentes realizaciones ilustrativas descritas en el presente documento. También cabe destacar que los signos de referencia en las reivindicaciones no deben interpretarse como limitantes del alcance de las reivindicaciones.

Con el fin de recapitular las realizaciones descritas anteriormente de la presente invención, se puede declarar que: La presente invención puede permitir un funcionamiento después de una falla de un generador/una turbina de devanado múltiple, puede minimizar la oscilación de tensión de enlace de CC debido a la impedancia de máquina desequilibrada y puede reducir los disparos del convertidor debido a la sobremodulación. Por otro lado, la presente invención puede no provocar prácticamente ningún coste adicional y puede no provocar cambios significativos en el hardware de los productos disponibles en el mercado.

Por lo tanto, la presente invención proporciona una solución para el problema del desequilibrio de potencia en los condensadores de enlace de CC. El método puede utilizarse para máquinas con impedancia desequilibrada. El método se puede utilizar, principalmente, en turbinas eólicas de velocidad variable. Sin embargo, también puede ser posible utilizar los principios de la invención provista para otras aplicaciones como para accionamientos por motor y automóviles eléctricos.

REIVINDICACIONES

- 1. Un método para controlar un flujo de energía desde una máquina de corriente alterna eléctrica, en particular un generador de corriente alterna eléctrica de una turbina eólica, con una impedancia desequilibrada a una red, en donde la máquina comprende múltiples devanados trifásicos,
- en donde la impedancia de la máquina no es igual para diferentes fases, y/o en donde una inductancia mutua entre devanados cambia después de que un devanado o su convertidor se rompa, comprendiendo el método:
 - obtener una primera señal de potencia (P1) que representa una primera orden de potencia,
 - obtener una segunda señal de potencia (P2) que representa una segunda orden de potencia,
- obtener una primera señal de corriente (I1) indicativa de una corriente de retroalimentación del generador de corriente alterna eléctrica,
 - obtener una segunda señal de corriente (I2) indicativa de una corriente de retroalimentación de un convertidor de red,
- determinar una primera señal interna (int1) como resultado de un primer procedimiento de cálculo de referencia
 de corriente (crc1) haciendo uso de la primera señal de potencia (P1), correspondiendo la primera señal interna (int1) a una orden de corriente para la máquina de corriente alterna eléctrica.
 - determinar una segunda señal interna (int2) como resultado de un segundo procedimiento de cálculo de referencia de corriente (crc2) haciendo uso de la segunda señal de potencia (P2), correspondiendo la segunda señal interna (int2) a una orden de corriente para el convertidor de red,
- determinar una primera señal de salida (OUT1) como resultado de un primer procedimiento de controlador de corriente (cc1) que utiliza la primera señal de corriente (l1) y la primera señal interna (int1), representando la primera señal de salida (OUT1) una orden de tensión para un primer eje de un marco rotativo síncrono de máquina, pudiendo aplicarse la orden de tensión para el primer eje para controlar el flujo de energía de la máquina de corriente alterna eléctrica, y
- determinar una segunda señal de salida (OUT2) como resultado de un segundo procedimiento de controlador de corriente (cc2) haciendo uso de la segunda señal de corriente (l2), la segunda señal interna (int2) y un procedimiento de cálculo de compensación, representando la segunda señal de salida (OUT2) una orden de tensión para un segundo eje de un marco rotativo síncrono de red, pudiendo aplicarse la orden de tensión para el segundo eje para controlar el flujo de energía de la máquina de corriente alterna eléctrica,
- 30 caracterizado por que el método comprende, además:
 - obtener una señal de tensión (V1) indicativa de una tensión de enlace de corriente continua, y
 - obtener una señal de tensión de referencia (V2) indicativa de una referencia de tensión de enlace de corriente continua.
 - realizar un procedimiento de enlace de corriente continua (dc1) utilizando la señal de tensión (V1) y la señal de tensión de referencia (V2),

caracterizado, además, **por que** obtener la segunda señal de potencia (P2) comprende hacer uso del procedimiento de enlace de corriente continua (dcl),

y **por que** el método comprende, además:

- determinar una cuarta señal de potencia (P4) mediante un procedimiento de cálculo de potencia de compensación (cpc) para calcular un valor de compensación de potencia, en donde el procedimiento de cálculo de potencia de compensación (cpc) corresponde al procedimiento de cálculo de compensación, y

obtener la segunda señal de potencia (P2) añadiendo la cuarta señal de potencia (P4) a un resultado del procedimiento de enlace de corriente continua (dc1)

caracterizado, además, por que

35

40

45

50

- el procedimiento de cálculo de potencia de compensación (CPC) comprende:
 - recibir un resultado de un procedimiento de filtro (f) para filtrar la señal de tensión de referencia (V2),
 - recibir un resultado de un procedimiento de regulador resonante (rr) para regular el resultado del procedimiento de filtro (f).
 - recibir un resultado de un procedimiento de cálculo de potencia (pc) para calcular una potencia a partir del resultado del procedimiento de regulador resonante (rr), y
 - recibir la cuarta señal de potencia (P4) de un procedimiento de compensación de fase-ganancia (gpc) para compensar una ganancia y/o fase a partir del resultado del procedimiento de cálculo de potencia (pc),

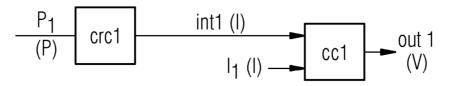
en donde el procedimiento de compensación de fase-ganancia incluye proporcionar una compensación de las diferencias de fase-ganancia entre la potencia del generador y la potencia de la red.

8

- 2. El método como se establece en la reivindicación anterior, en donde
- la primera señal interna (int1) corresponde a la orden de corriente para el primer eje del bastidor rotativo síncrono de la máquina,
- la segunda señal interna (int2) corresponde a la orden de corriente para el segundo eje del marco rotativo síncrono de 5 la red,
 - la primera señal de corriente (I1) es indicativa de la corriente de retroalimentación para el primer eje del marco rotativo síncrono de la máquina, y en donde
 - la segunda señal de corriente (I2) es indicativa de la corriente de retroalimentación para el segundo eje del marco rotativo síncrono de la red.
- 3. El método como se establece en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la primera señal de salida (OUT1) sirve como primera señal de entrada a un procedimiento de modulación de anchura de pulso, y en donde
 - la segunda señal de salida (OUT2) sirve como una segunda señal de entrada para el procedimiento de modulación de anchura de pulso.

FIG 1

Controlador de máquina



Controlador de red

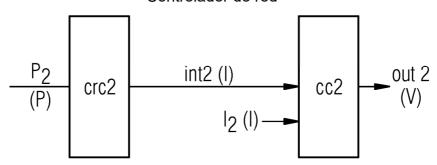
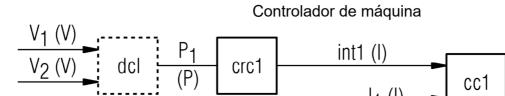
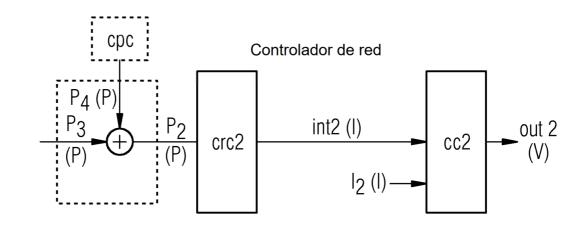
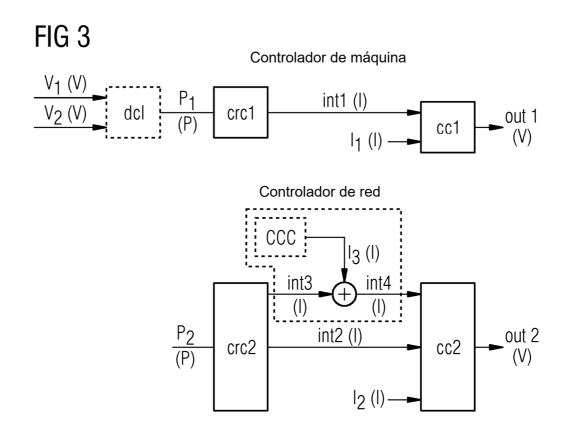


FIG 2





out 1 (V)



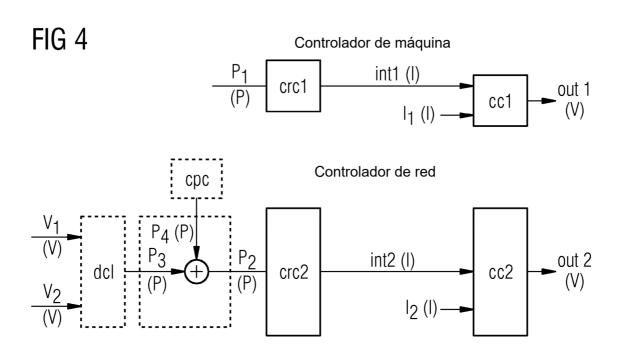


FIG 5 Controlador de máquina int1 (I) crc1 out 1 (V) cc1 Controlador de red l3 (I) int2 (I) out 2 (V) dcl crc2 cc2 12 (1)

FIG 6

Cálculo de potencia/corriente de compensación

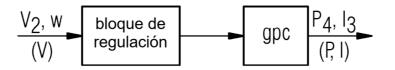


FIG 7 bloque de regulación opción 1

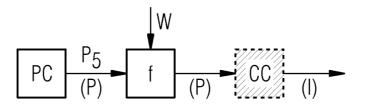


FIG 8 bloque de regulación opción 2

