



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 339 080**

⑫ Número de solicitud: 200700168

⑬ Int. Cl.:
H02P 9/10 (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑮ Fecha de presentación: **19.01.2007**

⑯ Prioridad: **10.03.2006 JP 2006-065024**

⑰ Fecha de publicación de la solicitud: **14.05.2010**

Fecha de la concesión: **16.01.2012**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
03.11.2011

⑲ Fecha de anuncio de la concesión: **26.01.2012**

⑳ Fecha de publicación del folleto de la patente:
26.01.2012

㉑ Titular/es: **HITACHI, Ltd.**
6-6, Marunouchi 1-chome
Chiyoda-ku, Tokyo, JP

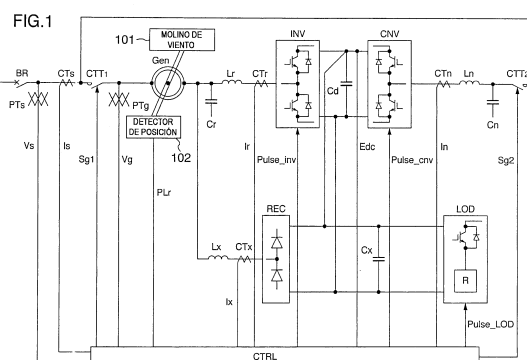
㉒ Inventor/es: **Ichinose, Masaya;**
Oohara, Shinya;
Futami, Motoo y
Imazu, Yasuhiro

㉓ Agente: **De Elzaburu Márquez, Alberto**

㉔ Título: **Convertidor de potencia para sistema generador de potencia doblemente alimentado.**

㉕ Resumen:

Convertidor de potencia para sistema generador de potencia doblemente alimentado, que está protegido de una corriente excesiva que causaría un fallo de derivación a tierra o una perturbación en el sistema, y se garantiza la continuidad en el funcionamiento del convertidor de potencia. En un sistema de conversión de potencia, con el fin de que no fluya el exceso de corriente generado en los arrollamientos secundarios del generador doblemente alimentado, al interior del convertidor de potencia, se ha conectado un rectificador en paralelo al convertidor de potencia, a través de un elemento reactivo, se ha conectado un enlace de corriente continua del rectificador a un enlace de corriente continua del convertidor de potencia, el exceso de corriente que fluye desde los arrollamientos secundarios se hace fluir separadamente, según la relación de impedancias del elemento reactivo, a fin de reducir la cantidad de corriente que fluye al interior del convertidor de potencia, y se ajusta en un estado conectado o activado un elemento conmutador semiconductor de un brazo o rama de generación de exceso de corriente del convertidor de potencia.



DESCRIPCIÓN

Convertidor de potencia para sistema generador de potencia doblemente alimentado.

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere a un convertidor de potencia para la excitación de arrollamiento secundario, a fin de impedir que un exceso de corriente generado en arrollamientos secundarios de un generador doblemente alimentado, debido a una perturbación en un sistema de alimentación de potencia, fluya al interior del convertidor de potencia.

Descripción de la técnica relacionada

15 Un generador doblemente alimentado (generador de inducción de arrollamiento), en su uso en un sistema de generación de potencia, tiene las siguientes ventajas. Puede suministrarse como salida una tensión de corriente alterna (CA - "AC-alternate current") que tiene la misma frecuencia que una frecuencia del sistema, a un lado de estator, al hacer que un convertidor de potencia excite los arrollamientos del rotor a una frecuencia de deslizamiento, el número de rotaciones o vueltas puede hacerse variable, y la capacidad del convertidor de potencia puede ser reducida más que la del generador.

20 Cuando la tensión cae como consecuencia de un accidente de derivación a tierra del sistema de alimentación de potencia, el generador doblemente alimentado funciona suministrando una corriente al punto del accidente de derivación a tierra. En este caso, se induce una corriente excesiva en los arrollamientos secundarios y ésta fluye a un convertidor de potencia para excitación, conectado al lado secundario. Al objeto de resistir el exceso de corriente, se ajusta la capacidad de un elemento del convertidor de potencia en el mismo grado que la del régimen del generador o en un grado superior, o bien, como se describe en el documento JP-A-HEI-11-18486 (Párrafos [0010] a [0012]), el exceso de corriente es absorbido cortocircuitando los arrollamientos secundarios con un elemento de conmutación y una resistencia conectada al elemento de conmutación.

30 Con el método convencional de aumentar la capacidad del convertidor de potencia, sin embargo, el coste del sistema se incrementa, lo que va en detrimento de la característica del sistema de utilizar un generador doblemente alimentado. Con el método del documento JP-A-HEI-11-18486, después de que el convertidor de potencia se ha detenido una vez y se ha eliminado el exceso de corriente, se libera el cortocircuito con el fin de activar de nuevo el sistema. En consecuencia, lleva tiempo suministrar de nuevo potencia.

35 Sumario de la invención

Es un propósito de la presente invención proporcionar un convertidor de potencia para excitación, destinado a un generador doblemente alimentado, que sea capaz de proteger al convertidor de potencia para excitación del exceso de corriente que se generará por un accidente en el sistema o una perturbación en el sistema, y de iniciar el control de la potencia inmediatamente después del accidente en el sistema.

45 En un sistema de conversión de potencia de la presente invención, con el fin de que no fluya una corriente excesiva, generada en los arrollamientos secundarios de un generador doblemente alimentado, al interior de un convertidor de potencia, se ha conectado un rectificador en paralelo con el convertidor de potencia, a través de un elemento reactivo, se ha conectado un enlace de corriente continua (CC - "DC-direct current") del rectificador a un enlace de corriente continua del convertidor de potencia, el exceso de corriente que fluye desde los arrollamientos secundarios se hace fluir de forma independiente en una cierta relación de impedancias del elemento reactivo, a fin de reducir la cantidad de corriente que fluye al interior del convertidor de potencia, y se ajusta en un estado conectado o activado un elemento conmutador semiconductor de un brazo o rama de generación de corriente en exceso del convertidor de potencia.

50 De acuerdo con el sistema de conversión de potencia de la presente invención, el funcionamiento puede proseguir incluso durante la perturbación del sistema, sin detener el control del convertidor de potencia.

55 Otros objetos, características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de las realizaciones de la invención, tomadas en combinación con los dibujos que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

60 La Figura 1 es un diagrama ilustrativo que muestra la estructura de circuitos un sistema de aerogenerador de potencia de acuerdo con una primera realización.

La Figura 2 es un diagrama ilustrativo que muestra un controlador del sistema de aerogenerador de potencia de la primera realización.

65 La Figura 3 es un diagrama ilustrativo que muestra un controlador de CHV de supresión de corriente en exceso, de la primera realización.

Descripción de la realización

En un sistema de conversión de potencia de la presente invención, un convertidor de potencia para excitación de un generador doblemente alimentado, está protegido de perturbaciones en el sistema. Con el fin de conseguir la
 5 continuidad en el funcionamiento, la impedancia reactiva de un dispositivo de tratamiento de la corriente en exceso (rectificador) se rebaja y se ajusta en un estado conectado o activado un elemento conmutador semiconductor de un brazo o rama de generación de corriente en exceso del convertidor de potencia.

La Figura 1 es un diagrama de líneas o conducciones que muestra la configuración de un sistema de acuerdo con
 10 una realización. Si bien se describirá la realización mediante el uso, a modo de ejemplo, de un generador de potencia de viento, o aerogenerador, la realización es aplicable a otros usos.

Se realizará a continuación una descripción de una instalación de cables eléctricos para suministrar como salida
 15 electricidad generada, y del sistema de la realización. Un generador de potencia de viento, o aerogenerador, es un generador doblemente alimentado, y una salida trifásica situada en el lado del rotor del generador Gen se conecta al lado secundario de, por ejemplo, un dispositivo de contacto magnético CTT1, susceptible de ser abierto y cerrado por una señal externa. El lado primario del dispositivo de contacto magnético CTT1 se conecta al lado primario de un dispositivo de contacto magnético CTT2 y al lado secundario de un disyuntor BR ("breaker"). El lado primario del disyuntor BR se conecta a un sistema de alimentación de potencia.

El disyuntor BR tiene, por ejemplo, una función de apertura del disyuntor ante un exceso de corriente, a fin de
 20 interrumpir o cortar la corriente. Cuando se activa el disyuntor BR, se suministra potencia a un controlador del sistema de aerogenerador. En esta realización, se proporciona un aparato de batería (no mostrado), tal como una fuente de suministro de potencia ininterrumpible, para suministrar potencia al controlador incluso durante un accidente del sistema.

El lado secundario del dispositivo de contacto magnético CTT2 está conectado a unos terminales de salida de
 30 corriente alterna de un convertidor de potencia CNV para su interconexión o conexión mutua a través de un condensador Cn y un elemento reactivo Ln. Los terminales de salida de corriente continua del convertidor de potencia CNV están conectados a unos terminales de salida de corriente continua de un inversor de potencia INV para excitación, a través de un condensador de suavización o descrestado de corriente continua, Cd.

El convertidor de potencia CNV y el inversor de potencia INV están, cada uno de ellos, constituidos por, por
 35 ejemplo, elementos conmutadores semiconductores de potencia (GTO, IGBT, MOSFET DE POTENCIA y similares), y tienen, respectivamente, las funciones de convertir corriente alterna en corriente continua y corriente continua en corriente alterna. Unos terminales de salida de corriente alterna del inversor de potencia INV están conectados a los terminales de los arrollamientos del lado secundario del generador Gen, a través de un elemento reactivo Lr y de un condensador Cr.

Existe un rectificador REC conectado en paralelo al convertidor de potencia para excitación y conectado a los
 40 terminales del lado de arrollamiento secundario del generador Gen a través de un elemento reactivo Lx. Un enlace de corriente continua del elemento reactivo REC está conectado a un enlace de corriente continua del convertidor de potencia, así como también a una carga de consumo de energía, LOD, constituida por un conmutador semiconductor y una resistencia. Un rotor del generador Gen está conectado a un molino de viento 101 para la generación de electricidad por viento, a través de ruedas dentadas y similares.

Se realizará una descripción de la instalación de cables eléctricos para controlar la electricidad generada, así como
 50 del sistema de la realización. Las tensiones y corrientes trifásicas del lado primario del disyuntor BR son convertidas en señales de baja tensión y de corriente, Vs e Is, respectivamente, por medio de un sensor de tensión PTs y de un sensor de corriente CTs. Las señales de baja tensión y de corriente se suministran como entrada al controlador CTRL.

Una tensión en el lado secundario (a través de CTT1 y de un estator del generador) del dispositivo de contacto
 55 magnético CTT1 se convierte en una señal de baja tensión Vg por medio de un sensor de tensión PTg, y la señal de baja tensión se suministra como entrada al controlador CTRL. Una corriente trifásica del lado secundario (entre CTT2 y el convertidor de potencia CNV) del dispositivo de contacto electromagnético CTT1 es convertida en una señal de baja tensión In por medio de un sensor de corriente CTn, y la señal de baja tensión se suministra como entrada al controlador CTRL.

El número de vueltas, o velocidad de rotación, y la posición del rotor del generador Gen son detectados con un de-
 60 tector de posición 102, por ejemplo, un codificador, y se suministra como entrada una señal de fase PLr (tren de impulsos) al controlador CTRL. Una tensión a través del condensador de suavización Cd conectado a los enlaces de corriente continua del convertidor de potencia CNV y del inversor de potencia INV, se convierte en una señal de baja tensión Edc por medio de un sensor de tensión, y la señal de baja tensión Edc se suministra como entrada al controlador CTRL.

A continuación se describirán las funciones del controlador CTRL con referencia a la Figura 2. El controlador
 65 CTRL controla los dispositivos de contacto magnéticos CTT1 y CTT2, el inversor de potencia INV, el convertidor de potencia CNV y la carga LOD de consumo de energía, mediante el uso de señales Sg1, Sg2, Pulse_inv (Inversión_impulso) Pulse_conv (Conversión impulso) y Pulse-LOD.

El convertidor de potencia CNV lleva a cabo un control de tensión de corriente continua y un control de potencia reactiva cero (factor de potencia 1) del sistema, a fin de efectuar un control que mantenga la tensión de corriente continua Edc a través del condensador de suavización Cd constante durante el funcionamiento del aerogenerador y mientras el generador Gen está conectado al sistema de alimentación de potencia a través del dispositivo de contacto magnético CTT1. En consecuencia, a medida que el inversor de potencia INV consume una potencia de corriente continua y la tensión de corriente continua disminuye, el convertidor de potencia CNV recibe una potencia del sistema de alimentación de potencia destinada a cargar el condensador de suavización y mantener constante la tensión de corriente continua. Y a la inversa, a medida que el inversor de potencia INV carga el condensador de suavización Cd y la tensión de corriente continua Edc crece, el convertidor de potencia CNV convierte la potencia de corriente continua en la potencia de corriente alterna para descargar el condensador de suavización y mantener constante la tensión de corriente continua.

Se describirá en primer lugar, en detalle, el control del convertidor de potencia CNV. El valor de detección de tensión de corriente alterna, Vs, se suministra como entrada a un transformador de trifásica/bifásica 32trs. Los valores Vα y Vβ suministrados como salida desde el transformador de trifásica/bifásica 32trs, se suministran como entrada a un detector de fase THDET. El detector de fase THDET calcula una señal de fase THs que sigue la tensión del sistema, por ejemplo, con el uso de un bucle bloqueado o fijado en fase (PLL - "phase locked loop"), y suministra como salida la señal de fase a un transformador coordinado de trifásica/bifásica 32dqtrs y a un transformador coordinado de bifásica/trifásica dq23trs. Un valor de instrucción u orden de tensión de corriente continua, Eref, y el valor de detección de tensión de corriente continua, Edc, son suministrados como entrada a un dispositivo ajustador de tensión de corriente continua, DCAVR (constituido, por ejemplo, por un controlador de integración proporcional). El dispositivo ajustador de tensión de corriente continua, DCAVR, ajusta un valor de orden de corriente de eje d (valor de orden de corriente activa), Idnstr, de tal manera que se haga nula una diferencia entre el valor de orden de entrada y el valor de detección, y suministra como salida el valor de orden de corriente de eje d a un dispositivo ajustador de corriente 1-ACR.

Con el uso de una fórmula de conversión (1), el transformador coordinado de trifásica/bifásica 32dqtrs calcula un valor de detección de corriente de eje d, Idn (corriente activa), y un valor de detección de corriente de eje q (corriente reactiva), a partir de la corriente suministrada como entrada, In, y suministra como salida el valor Idn de detección corriente de eje d, al dispositivo ajustador de corriente 1-ACR, así como el valor Iqn de detección de corriente de eje q, a un dispositivo ajustador de corriente 2-ACR.

$$\begin{pmatrix} Idn \\ Iqn \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(THs) & \sin(THs) \\ -\sin(THs) & \cos(THs) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Iu \cdot \cos(0) + Iv \cdot \cos(2\pi/3) + Iw \cdot \cos(4\pi/3) \\ Iu \cdot \sin(0) + Iv \cdot \sin(2\pi/3) + Iw \cdot \sin(4\pi/3) \end{pmatrix}$$

...(1)

El dispositivo ajustador de corriente 1-ACR ajusta un valor de orden de tensión de eje d, Vdn0, de tal manera que haga nula una diferencia entre el valor Idnstr de orden de corriente de eje d y el valor Idn de detección de corriente de eje d, y suministra como salida el valor de orden de tensión de eje d a un sumador 301. De la misma manera, el dispositivo ajustador de corriente 2-ACR ajusta un valor de orden de tensión de eje q, Vqn0, de tal modo que haga nula una diferencia entre el valor Idnstr de orden de corriente de eje q (0 si el factor de potencia es 1) y el valor Iqn de detección de corriente de eje q, y suministra como salida el valor de orden de tensión de eje q al sumador 302. Los dispositivos ajustadores de corriente pueden estar constituidos, cada uno de ellos, por un controlador de integración proporcional.

Con el uso de una fórmula de conversión (2), el transformador coordinado de tensión, dqtrs, calcula, a partir de los valores de entrada Vα y Vβ, que son las componentes α y β de la tensión Vs, un valor de detección de tensión de eje d (las componentes de fase que coinciden con el vector de tensión del sistema), Vds, y un valor de detección de tensión de eje q (componentes perpendiculares al valor de detección de tensión de eje d), Vqs, y suministra como salida los valores calculados a los sumadores 301, 302, respectivamente.

El sumador 301 suma uno con otro el valor de orden de tensión de eje d, Vdn0, y el valor de detección de tensión de eje d, Vds, y suministra como salida un resultado de la suma al transformador coordinado de dos fases dq23trs. Análogamente, el sumador 302 suma uno con otro el valor de orden de tensión de eje q, Vqn0, y el valor de detección de tensión de eje q, Vqs, y suministra como salida un resultado de la suma al transformador coordinado de dos fases dq23trs.

A partir de las fórmulas de conversión (3) y (4), el transformador coordinado de bifásica/trifásica dq23trs calcula, a partir de la señal de fase THs y de los resultados Vdn y Vqn de las sumas por parte de los sumadores, valores de orden de tensión Vun, Vvn y Vwn, y suministra como salida los valores de orden de tensión a un dispositivo calculador de PWM, PWMn.

$$\begin{pmatrix} V_{ds} \\ V_{qs} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(THs) & \sin(THs) \\ -\sin(THs) & \cos(THs) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{\alpha} \\ V_{\beta} \end{pmatrix}$$

...(2)

$$\begin{pmatrix} V_a \\ V_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(THs) & -\sin(THs) \\ \sin(THs) & \cos(THs) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{dn} \\ V_{qn} \end{pmatrix}$$

...(3)

$$\begin{pmatrix} V_{un} \\ V_{vn} \\ V_{wn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(0) & \sin(0) \\ \cos(2\pi/3) & \sin(2\pi/3) \\ \cos(4\pi/3) & \sin(4\pi/3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \end{pmatrix}$$

...(4)

El dispositivo calculador de PWM, PWMn, calcula una señal de puerta Pulse_cnv a partir de los valores de orden de tensión Vun, Vvn y Vwn suministrados como entrada, por medio de modulación de anchura de impulso, de tal manera que la señal de impulso activa/desactiva n elementos semiconductores que constituyen el convertidor de potencia CNV.

Se describirá a continuación el control del inversor de potencia INV. La señal de fase PLr, representativa del número de vueltas o velocidad de rotación y de la posición del generador, se suministra como entrada a un detector de rotación/fase ROTDET. El detector de rotación/fase ROTDET cuenta los impulsos de la señal de fase para la conversión de la cuenta en una señal de fase, y suministra como salida a un sumador 303 una rotación/fase RTH de 0 a 360° sin exceso de flujo, al restablecer la señal de fase a 0 por medio de un impulso por cada vuelta.

La rotación/fase RTH y una señal de fase de salida, LTH, de un controlador de sincronización SYNC se suman en el sumador 303 para formar una señal de fase TH. La señal de fase TH y la señal de fase THs se suministran como entrada a un dispositivo calculador de fase de excitación SLDET. El dispositivo calculador de fase de excitación SLDET resta la señal de fase TH de la señal de fase THs (THr = THs - TH), multiplica el resultado de la resta por el número de veces correspondiente al número de pares de polos del generador, para suministrar con ello como salida una señal de fase THr a una frecuencia angular eléctrica del rotor del generador.

Un dispositivo calculador de potencia, PQCAL, calcula una potencia activa Ps y una potencia reactiva Qs del sistema con el uso de la fórmula (5), al suministrar como entrada la corriente Ids de eje d, que tiene la misma dirección que la del vector de fase U de la tensión del sistema, y la corriente Iqs de eje q, que tiene una dirección perpendicular al vector de fase U de la tensión del sistema, obtenidas, respectivamente, a partir de la corriente Is del sistema mediante la fórmula de conversión (1), y con el uso del valor Vds de detección de tensión de eje d y el valor Vqs de detección de tensión de eje q.

$$P_s = 3(V_{ds} \times I_{ds} + V_{qs} \times I_{qs})$$

$$Q_s = 3(-V_{ds} \times I_{qs} + V_{qs} \times I_{ds})$$

...(5)

Un dispositivo ajustador APR de potencia activa recibe la potencia activa Ps y un valor de orden de potencia de salida, Prf, del aerogenerador, y suministra como salida un valor Iq0 de orden de corriente de par, de tal manera que se hace nula una diferencia entre el valor de orden de potencia Pref y la potencia activa Ps.

Un dispositivo ajustador AQR de potencia reactiva recibe la potencia reactiva Qs y un valor de orden de potencia de salida, Qref, del aerogenerador, y suministra como salida un valor Id0 de orden de corriente de excitación, de tal manera que se haga nula una diferencia entre el valor Qref de orden de potencia y la potencia reactiva Qs. El dispositivo ajustador de potencia, APR, y el dispositivo ajustador de potencia reactiva, AQR, están, cada uno de ellos, constituidos, por ejemplo, por un controlador de integración proporcional.

Los valores I_{q0} e I_{d0} de orden de corriente, que se suministran como salida desde el dispositivo ajustador de potencia activa, APR, y el dispositivo ajustador de potencia reactiva, AQR, se suministran como entrada a un selector SW. El selector SW determina si se utilizan las salidas del dispositivo ajustador de potencia activa, APR, y del dispositivo ajustador de potencia reactiva, AQR, o bien se utiliza 0 como valor de orden de corriente de par, y se emplea una salida del dispositivo AVR ajustador de tensión como valor de orden de corriente de excitación. El selector SW utiliza éstos últimos (0 para el valor de orden de corriente de par, y una salida procedente del dispositivo ajustador de tensión para el valor de orden de corriente de excitación) antes de que se active el dispositivo de contacto magnético CTT1, esto es, durante la operación de sincronización de tensión destinada a sincronizar la tensión del estator del generador con la tensión del sistema, y selecciona los primeros (salidas procedentes de los dispositivos ajustadores de potencia) una vez que se ha activado el dispositivo de contacto magnético CTT1.

Se pasará a describir el dispositivo AVR ajustador de tensión. El dispositivo AVR ajustador de tensión recibe, como valor de realimentación, un valor de amplitud V_{gpk} de la tensión V_g del estator del generador, y, como valor de orden, el valor V_{sref} obtenido filtrando un valor de amplitud de la tensión V_s del sistema, y suministra como salida al selector SW el valor I_{d1} de orden de corriente de excitación, al objeto de hacer nula una diferencia entre el valor de amplitud de la tensión V_g del estator del generador y el valor de instrucción u orden. El dispositivo AVR ajustador de tensión está constituido, por ejemplo, por un controlador de integración proporcional. El dispositivo AVR ajustador de tensión funciona en el estado cerrado del dispositivo de contacto magnético CTT1, y calcula el valor de orden de corriente de excitación de una corriente de excitación que ha de hacerse fluir desde el inversor de potencia INV hasta el lado secundario del generador Gen.

Con el uso de la fórmula de conversión (6), un transformador coordinado de trifásica/bifásica 32dqtrs calcula, partir de una corriente de entrada I_r y de una fase THr de rotor, un valor I_{dr} de detección de corriente de eje d (componentes de corriente de excitación) y un valor I_{qr} de detección de corriente de eje q (componentes de corriente de par), y suministra como salida el valor I_{dr} de detección de corriente de eje d a un dispositivo 4-ACR ajustador de corriente, y el valor I_{qr} de detección de corriente de eje q, a un dispositivo 3-ACR ajustador de corriente.

$$\begin{pmatrix} I_{dr} \\ I_{qr} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(THr) & \sin(THr) \\ -\sin(THr) & \cos(THr) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_u \cdot \cos(0) + I_v \cdot \cos(2\pi/3) + I_w \cdot \cos(4\pi/3) \\ I_u \cdot \sin(0) + I_v \cdot \sin(2\pi/3) + I_w \cdot \sin(4\pi/3) \end{pmatrix} \quad \dots(6)$$

El dispositivo 4-ACR ajustador de corriente suministra como salida un valor V_{dr} de orden de tensión de eje d, de tal manera que se hace nula una diferencia entre el valor I_{d1} o I_{d0} de orden de corriente de eje d y el valor I_{dr} de detección de corriente de eje d. De forma similar, el dispositivo 3-ACR ajustador de corriente suministra como salida un valor V_{qr} de orden de tensión de eje q, de tal manera que hace nula una diferencia entre el valor I_{q1} o I_{q0} de orden de corriente de eje q y el valor I_{qr} de detección de corriente de eje q. El dispositivo ajustador de corriente está constituido, por ejemplo, por un controlador de integración proporcional.

El valor V_{dr} de orden de tensión de eje d y el valor V_{qr} de orden tensión de eje q son suministrados como entrada a un convertidor transformador coordinado de bifásica/trifásica dq23trs, que calcula unos valores de orden de tensión V_{u0} , V_{v0} , V_{w0} a partir de la señal de fase THr y de cada entrada, con el uso de las fórmulas de conversión (7) y (8).

$$\begin{pmatrix} V_a \\ V_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(THr) & -\sin(THr) \\ \sin(THr) & \cos(THr) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{dr} \\ V_{qr} \end{pmatrix} \quad \dots(7)$$

$$\begin{pmatrix} V_{u0} \\ V_{v0} \\ V_{w0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(0) & \sin(0) \\ \cos(2\pi/3) & \sin(2\pi/3) \\ \cos(4\pi/3) & \sin(4\pi/3) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \end{pmatrix} \quad \dots(8)$$

ES 2 339 080 B2

Los valores V_{u0} , V_{v0} y V_{w0} son suministrados como entrada a un controlador CHV de supresión de corriente en exceso, el cual, a su vez, suministra como salida a un dispositivo calculador de PWM PWMr valores de orden de tensión V_{ur} , V_{vr} y V_{wr} , cambiados de acuerdo con las corrientes en exceso.

5 El dispositivo calculador de PWM PWMr calcula una señal de puerta Pulse_inv a partir de los valores de orden de tensión de entrada V_{ur} , V_{vr} y V_{wr} por modulación de anchura de impulso, de tal manera que la señal de impulso activa/desactiva m elementos semiconductores que constituyen el inversor de potencia INV.

10 El controlador de sincronización SYNC tiene dos funciones: la función de calcular un valor de orden de tensión para hacer que el valor de amplitud de la tensión en el estator sea coincidente con el valor de amplitud de la tensión del sistema; y la función de calcular la señal de fase de salida LTH para hacer que la fase de la tensión en el estator, antes de su conexión al sistema, sea coincidente con la fase de la tensión del sistema.

15 Se describirá, en primer lugar, la sincronización de las amplitudes, que es la primera función. Con el fin de sincronizar las amplitudes de tensión, se calcula el valor de amplitud V_{spk} de la tensión del sistema a partir de la raíz de la suma de los cuadrados de los valores V_{α} y V_{β} , y las componentes ondulatorias del valor de amplitud calculado son eliminadas mediante un filtro de retardo de primer orden o similar, a fin de ser utilizado como el valor V_{sref} de orden de tensión del dispositivo ajustador de tensión. Análogamente, se calcula la tensión V_{gpk} del estator a partir de las componentes α y β , a fin de utilizarla como el valor V_{gpk} de realimentación del dispositivo ajustador de tensión, y también para la evaluación de la sincronización de las amplitudes. En la evaluación de la sincronización de las amplitudes, el valor V_{sref} de orden de tensión es comparado con la amplitud V_{gpk} de tensión, y si la diferencia se encuentra dentro de un intervalo predeterminado, se determina que las amplitudes están sincronizadas.

25 A continuación se describirá la sincronización de fases, que es la segunda función. La función de sincronización de fases calcula una diferencia de fases con el fin de hacer que la fase de la tensión del sistema sea coincidente con la fase de la tensión en el estator. Si se proporciona como salida esta diferencia de fases como la señal LTH de fase de salida, la fase de la tensión del estator del generador cambia abruptamente. En consecuencia, la diferencia de fases se suministra como entrada a un integrador que tiene un limitador, y se utiliza una salida del integrador como la señal de fase de salida LTH. La señal de fase de salida se suma a, o se resta de, la fase de rotación RTH, a fin de obtener una fase de rotación TH.

30 La fase de excitación THr se obtiene restando la fase de rotación TH de la fase THs de tensión del sistema, tal y como se ha descrito anteriormente, y la frecuencia de la fase THr se denomina generalmente "deslizamiento". En consecuencia, a medida que el inversor de potencia INV lleva a cabo la excitación en la fase de la señal de fase THr, la frecuencia angular ω_1 del estator se hace coincidente con la frecuencia angular ω_0 de la tensión del sistema ($\omega_0 = \omega_1$), y las fases se hacen también coincidentes por medio de la señal de fase de salida LTH.

35 Cuando las tensiones y las fases se hacen coincidentes, el controlador de sincronización SYNC envía una señal de sincronización SYN a un controlador SYS del sistema.

40 Con la recepción de la señal de sincronización SYN, el controlador SYS del sistema suministra como salida unas señales S_{g0} y S_{g1} que hacen funcionar, respectivamente, el selector SW y el dispositivo de contacto magnético CTT1.

45 Conforme la diferencia de fases se hace generalmente coincidente y se suministra como salida la señal de sincronización SYN, el controlador SYS del sistema envía la señal de conmutación de control S_{g0} al selector SW, y suministra como salida una orden de cierre al dispositivo de contacto magnético CTT1.

50 A continuación se hará la descripción del rectificador REC cuando se produce la perturbación en el sistema. A medida que la tensión del sistema se hace pequeña, la corriente se incrementa en ΔI debido a una diferencia de tensiones ΔV entre una tensión de inducción y la tensión del sistema. En este caso, la corriente por el arrollamiento secundario se incrementa en $\Delta I/a$, donde a es una relación de arrollamientos del generador doblemente alimentado. Si esta corriente $\Delta I/a$ es grande, fluye un exceso de corriente por el arrollamiento secundario.

55 Como el convertidor de tensión y el rectificador se encuentran conectados al lado secundario a través de elementos reactivos L_r y L_x , una corriente I_r que fluye al interior del elemento reactivo L_r , y una corriente I_x que fluye al interior del elemento reactivo L_x , vienen dadas por las fórmulas (9) y (10), respectivamente, y son separadas o repartidas según una relación de impedancias existente entre los elementos reactivos L_r y L_x .

60 El exceso de corriente debido a la perturbación está causado por componentes de corriente continua y componentes de fase opuesta, o en contra-fase, de una corriente de accidente que fluye por el lado primario (estator), y aparece una corriente alterna en el lado del arrollamiento. En consecuencia, pueden utilizarse elementos reactivos para proporcionar una diferencia de impedancias entre el convertidor de potencia y el rectificador del lado secundario.

$$65 \quad I_r = (\Delta I/a) \times L_x / (L_r + L_x) \quad \dots(9)$$

$$I_x = (\Delta I/a) \times L_r / (L_r + L_x) \quad \dots(10)$$

ES 2 339 080 B2

La Figura 3 muestra la estructura del controlador CHV de supresión de exceso de corriente, la cual ilustra un método de control para separar la corriente de accidente que fluye al interior del rotor del generador al producirse un accidente en el sistema, introduciéndola en el rectificador REC para evitar el exceso de corriente en el inversor de potencia INV.

Si la tensión que provoca la generación del exceso de corriente es grande, y la salida de tensión procedente del inversor de potencia INV es insuficiente, se da el caso en que el exceso de corriente no fluye separadamente al interior del rectificador REC. El controlador CHV de supresión de exceso de corriente se proporciona para evitar esto.

La corriente de inversor I_r detectada con el sensor de corriente CT_r se suministra como entrada al controlador CHV de supresión de exceso de corriente. En el controlador CHV de supresión de exceso de corriente, la corriente de inversor I_r y un nivel de detección de exceso de corriente, OCL, son comparados por medio de un comparador CMP. Se define el sentido de la corriente que fluye al interior del inversor de potencia INV como correspondiente a un valor de detección de corriente positivo. Cuando la corriente es positiva y se detecta un exceso de corriente, el valor de orden de tensión de la fase en la que se ha generado el exceso de corriente, se cambia a un valor V_{chg} de orden de supresión de exceso de corriente, se extrae un signo de la corriente por medio de un extractor SDT de signo, el valor de orden de supresión de exceso de corriente se multiplica por el signo de la corriente por medio de un multiplicador 305, y este valor multiplicado se utiliza como un valor V_{ur} de orden de tensión (o V_{vr} , o V_{wr}) del inversor de potencia INV. Se conecta o activa, de esta forma, un elemento del lado superior de un brazo o rama del inversor de potencia INV en el que se genera el exceso de corriente. El valor V_{chg} de supresión de exceso de corriente es más grande que una señal de modulación de PWM. Si el valor de supresión de exceso de corriente, multiplicado por el signo, es positivo, la rama superior se activa, en tanto que, si éste es negativo, la rama superior se desactiva. El “brazo o rama” quiere decir elementos semiconductores conectados a través del enlace de corriente continua del inversor de potencia INV, y la “rama superior” significa un elemento semiconductor o un grupo de elementos semiconductores, conectados al lado de potencial positivo de corriente continua, según se observa desde el terminal de corriente alterna.

Y a la inversa, cuando la corriente es negativa y se detecta un exceso de corriente, al valor de orden de tensión de la fase en la que se ha generado el exceso de corriente, se cambia a un valor V_{chg} de orden de supresión de exceso de corriente, y se utiliza el valor de orden de supresión de exceso de corriente, multiplicado por el signo de la corriente por medio del multiplicador 305, como el valor de orden de tensión V_{ur} (o V_{vr} , o V_{wr}) del inversor de potencia INV. De esta manera, se conecta o activa un elemento de lado inferior de una rama del inversor de potencia INV en la que se genera el exceso de corriente. Se activa un elemento inferior de la rama del inversor de potencia INV en la que se genera el exceso de corriente.

En la Figura 3, si la corriente I_{r_u} de una fase U (el sufijo “_u” significa la fase U) llega a ser más grande que el nivel de detección de exceso de corriente, lo que significa la generación de una corriente excesiva en la rama de la fase U, entonces el valor de orden de tensión de la fase U se hace más grande que la señal de modulación de PWM con el fin de generar una señal de activación de elemento de lado superior. En este caso, los valores de orden de tensión de entrada se utilizan en otras fases.

Con el controlador CHV de supresión de exceso de corriente, un potencial de la fase con exceso de corriente se fija en el sentido de supresión de la corriente en exceso, y la corriente que pasa por la fase del inversor de potencia INV se hace fluir por separado al interior del rectificador. Se determina una relación de separación de corriente por medio de las fórmulas (9) y (10), y puede suprimirse el exceso de corriente por el inversor de potencia INV.

En la anterior descripción, con el fin de fijar el potencial en la fase con exceso de corriente, en el potencial de supresión del exceso de corriente, se conecta o activa un elemento semiconductor de una rama en la que se genera el exceso de corriente, durante la generación del exceso de corriente. Los elementos semiconductores de las ramas superior e inferior de una fase con exceso de corriente pueden, en lugar de ello, ser desactivados únicamente durante la generación del exceso de corriente.

La corriente así separada o distribuida carga el condensador de suavización o descrestad C_d y un condensador C_x situados en el enlace de corriente continua, y eleva la tensión de corriente continua. A medida que la tensión de corriente continua se incrementa, los elementos y condensadores que constituyen el rectificador, así como el convertidor de potencia y el inversor, sufren una disrupción dieléctrica. En consecuencia, se pone en funcionamiento la carga LOD de consumo de energía cuando la tensión de corriente continua excede un valor predeterminado, por ejemplo, el 110% del caso normal.

Con el fin de hacer funcionar la carga LOD de consumo de energía y controlar la tensión de corriente continua de manera que sea igual o menor que un valor predeterminado, la diferencia entre un segundo valor E_{ref_0V} de orden de tensión de corriente continua y el valor de detección E_{dc} , se detecta por medio de un restador 304.

Una salida del restador se suministra como entrada a un limitador LIM. Si la diferencia es negativa, es decir, si la tensión de corriente continua es más alta que el valor de orden, el limitador suministra como salida la diferencia. En caso de que la diferencia sea positiva, esto es, si la tensión de corriente continua es más pequeña que el valor de orden, el limitador suministra como salida “0”. Una salida del limitador se suministra como entrada a un dispositivo ajustador DCAVR2 de tensión de corriente continua.

ES 2 339 080 B2

El dispositivo ajustador DCAVR2 de corriente continua calcula un valor de orden DUTY (DEBIDO) para la conexión y la desconexión del elemento conmutador, con el fin de hacer funcionar la carga de consumo de energía únicamente mientras la tensión de corriente continua sea mayor que el valor de orden, y suministra como salida a la carga LOD de consumo de energía el valor de orden de impulso, Pulse_LOD, con el fin de conectar y desconectar el elemento conmutador de acuerdo con el valor de orden DUTY.

La carga de consumo de energía está constituida, por ejemplo, por un elemento conmutador semiconductor de potencia y una resistencia (o elemento reactivo) conectada en serie al elemento conmutador, y funciona de manera que consume potencia de tensión de corriente continua cuando se activa el elemento conmutador semiconductor de potencia. Al hacer funcionar de esta forma la carga de consumo de energía, la tensión de corriente continua puede mantenerse en el valor predeterminado o por debajo de él.

Como se ha descrito hasta ahora, el rectificador se conecta al rotor al cambiar el valor del elemento reactivo, el enlace de corriente continua del rectificador se conecta al enlace de corriente continua del inversor de potencia y del convertidor, y se proporciona el controlador CHV de supresión de exceso de corriente con el fin de cambiar el valor de orden de tensión de la fase con exceso de corriente del inversor de potencia INV. De acuerdo con ello, es posible hacer fluir el exceso de corriente procedente del rotor, separadamente al interior del inversor de potencia INV y del rectificador, según la relación de impedancias, y reducir la corriente que fluye al interior del inversor de potencia y del convertidor. Es, por tanto, posible reducir la capacidad de corriente del inversor de potencia y del convertidor.

Además, puesto que es posible suprimir el exceso de corriente en el inversor de potencia y en el convertidor, el funcionamiento del inversor de potencia y del convertidor puede proseguir sin que se interrumpa la señal de puerta al inversor de potencia y al convertidor. La carga de consumo de energía está conectada al lado de corriente continua del rectificador y se pone en funcionamiento cuando la tensión de corriente continua crece debido a la corriente excesiva, de tal manera que el aparato puede ser protegido de una tensión de corriente continua excesiva. Como se ha introducido la disposición del rectificador en paralelo, puede proporcionarse un rectificador adicional a un sistema del que se desee que prosiga en funcionamiento durante la generación de un exceso de corriente como consecuencia de un accidente en el sistema, y a un sistema del que se desee que suministre potencia rápidamente tras el inicio de su funcionamiento. Si no es necesario un rectificador adicional, el rectificador adicional no se proporciona. El funcionamiento puede determinarse, de esta forma, de manera flexible.

Ha de comprenderse por parte de los expertos de la técnica, de manera adicional, que, si bien la anterior descripción se ha realizado con respecto a ciertas realizaciones de la invención, la invención no está limitada a la misma y pueden realizarse diversos cambios y modificaciones sin apartarse del espíritu de la invención ni del ámbito de las reivindicaciones que se acompañan.

REIVINDICACIONES

1. Un generador en el que un lado de estator de un generador doblemente alimentado está conectado a un sistema de alimentación de potencia y un convertidor de potencia de excitación está conectado a arrollamientos secundarios de dicho generador doblemente alimentado, a fin de ajustar la generación de una potencia que se ha de suministrar como salida desde dicho generador doblemente alimentado a dicho sistema de alimentación de potencia, en el cual:

dicho convertidor de potencia de excitación comprende un inversor de potencia (INV) conectado a los arrollamientos secundarios y un convertidor de potencia (CNV) conectado al sistema de alimentación de potencia, estando conectado a los arrollamientos secundarios de dicho generador doblemente alimentado, a través de una primera impedancia;

comprendiendo dicho inversor de potencia un elemento conmutador semiconductor del lado superior conectado a un terminal positivo y un elemento conmutador semiconductor del lado inferior conectado a un terminal negativo;

estando controlado dicho inversor de potencia de tal modo que el citado elemento conmutador semiconductor del lado superior y el elemento conmutador semiconductor del lado inferior repiten ser encendidos y apagados alternativamente;

un rectificador de diodos está conectado en paralelo a los segundos arrollamientos de dicho generador doblemente alimentado, a través de una segunda impedancia; y

un enlace de corriente continua de dicho rectificador de diodos está conectado en paralelo a un enlace de corriente continua de dicho convertidor de potencia de excitación; que además comprende:

medios (CTr) para detectar corriente de cada fase que circula desde dichos arrollamientos secundarios del generador doblemente alimentado al citado inversor de potencia (INV);

medios (CMP) para comparar una salida de dichos medios para detectar corriente y un valor predeterminado (OCL);

medios para determinar (STD) la polaridad de la corriente detectada por dichos medios para detectar corriente; y

un aparato de control destinado a conectar o activar dicho elemento conmutador semiconductor del lado superior de la correspondiente fase de un brazo o rama del inversor de potencia (INV) en el que se genera el exceso de corriente, mientras que la salida de dichos medios para detectar corriente es mayor que dicho valor predeterminado, y dicho resultado de medios para determinar es una polaridad de flujo de corriente desde dichos arrollamientos secundarios a dicho inversor de potencia,

de tal manera que el generador comprende un controlador destinado a suministrar como salida una instrucción u orden de activación a un elemento conmutador semiconductor de potencia de dicho convertidor de potencia de excitación, si un valor de corriente que fluye por el elemento conmutador semiconductor de potencia es un valor predeterminado o superior a él.

2. El generador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dichas primera y segunda impedancias son elementos reactivos.

3. El generador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual un valor de dicha primera impedancia es mayor que un valor de dicha segunda impedancia.

4. El generador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual una carga de consumo de energía está conectada al enlace de corriente continua de dicho rectificador de diodos.

5. El generador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual dicho controlador está dotado de un controlador de supresión de exceso de corriente, que recibe dicho valor predeterminado y un valor de corriente que fluye al interior de dichos elementos conmutadores semiconductores de potencia, y suministra como salida la orden de activación.

6. El generador de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual:

dicho convertidor de potencia de excitación comprende un primer convertidor de potencia, cuyo lado de terminal de corriente alterna está conectado a dichos segundos arrollamientos a través de una primera impedancia, y cuyo lado de terminal de corriente continua está conectado a un condensador de suavización o descrestado, así como un segundo convertidor de potencia, cuyo lado de terminal de corriente continua está conectado a dicho condensador de suavización, y cuyo lado de terminal de corriente alterna está conectado al sistema de alimentación de potencia;

ES 2 339 080 B2

un rectificador de diodos está conectado en paralelo a los segundos arrollamientos de dicho generador doblemente alimentado, a través de una segunda impedancia; y

un enlace de corriente continua de dicho rectificador de diodos está conectado en paralelo a un enlace de corriente continua de dicho convertidor de potencia de excitación,

de tal manera que el generador comprende un controlador destinado a suministrar como salida una instrucción u orden de activación a un elemento conmutador semiconductor de potencia de dicho convertidor de potencia de excitación, si un valor de corriente que fluye por el elemento conmutador semiconductor de potencia es un valor predeterminado o superior a él.

7. El generador de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual dichas primera y segunda impedancias son elementos reactivos.

8. El generador de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual un valor de dicha primera impedancia es mayor que un valor de dicha segunda impedancia.

9. El generador de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual una carga de consumo de energía está conectada al enlace de corriente continua de dicho rectificador de diodos.

10. El generador de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual dicho controlador está dotado de un controlador de supresión de exceso de corriente, que recibe dicho valor predeterminado y un valor de corriente que fluye al interior de dichos elementos conmutadores semiconductores de potencia, y suministra como salida la orden de activación.

11. El generador de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual, con el fin de fiar el potencial en la fase con exceso de corriente, en el potencial de supresión del exceso de corriente, se conecta o activa un elemento semiconductor de una rama en la que se genera el exceso de corriente, durante la generación del exceso de corriente.

12. El generador de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual:

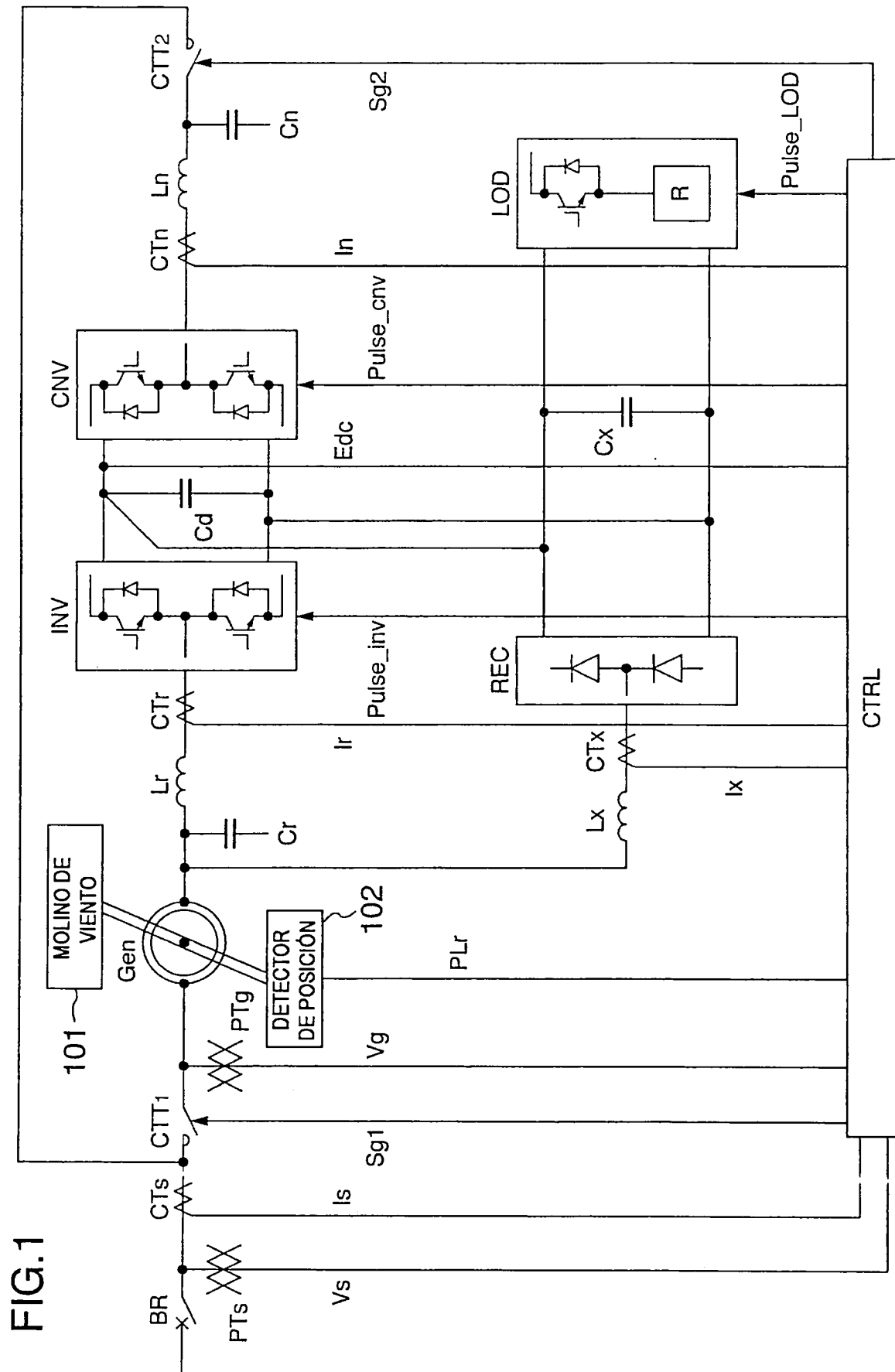
dicho convertidor de potencia de excitación es hecho girar por un molino de viento;

dicho convertidor de potencia de excitación comprende un primer convertidor de potencia, cuyo lado de terminal de corriente alterna está conectado a dichos segundos arrollamientos a través de una primera impedancia, y cuyo lado de terminal de corriente continua está conectado a un condensador de suavización o descrestado, así como un segundo convertidor de potencia, cuyo lado de terminal de corriente continua está conectado a dicho condensador de suavización, y cuyo lado de terminal de corriente alterna está conectado al sistema de alimentación de potencia;

un rectificador de diodos está conectado en paralelo a los segundos arrollamientos de dicho generador doblemente alimentado, a través de una segunda impedancia; y

un enlace de corriente continua de dicho rectificador de diodos está conectado en paralelo a un enlace de corriente continua de dicho convertidor de potencia de excitación,

de tal manera que el generador comprende un controlador destinado a suministrar como salida una instrucción u orden de activación a un IGBT de dicho convertidor de potencia de excitación, si un valor de corriente que fluye por el IGBT es un valor predeterminado o superior a él.



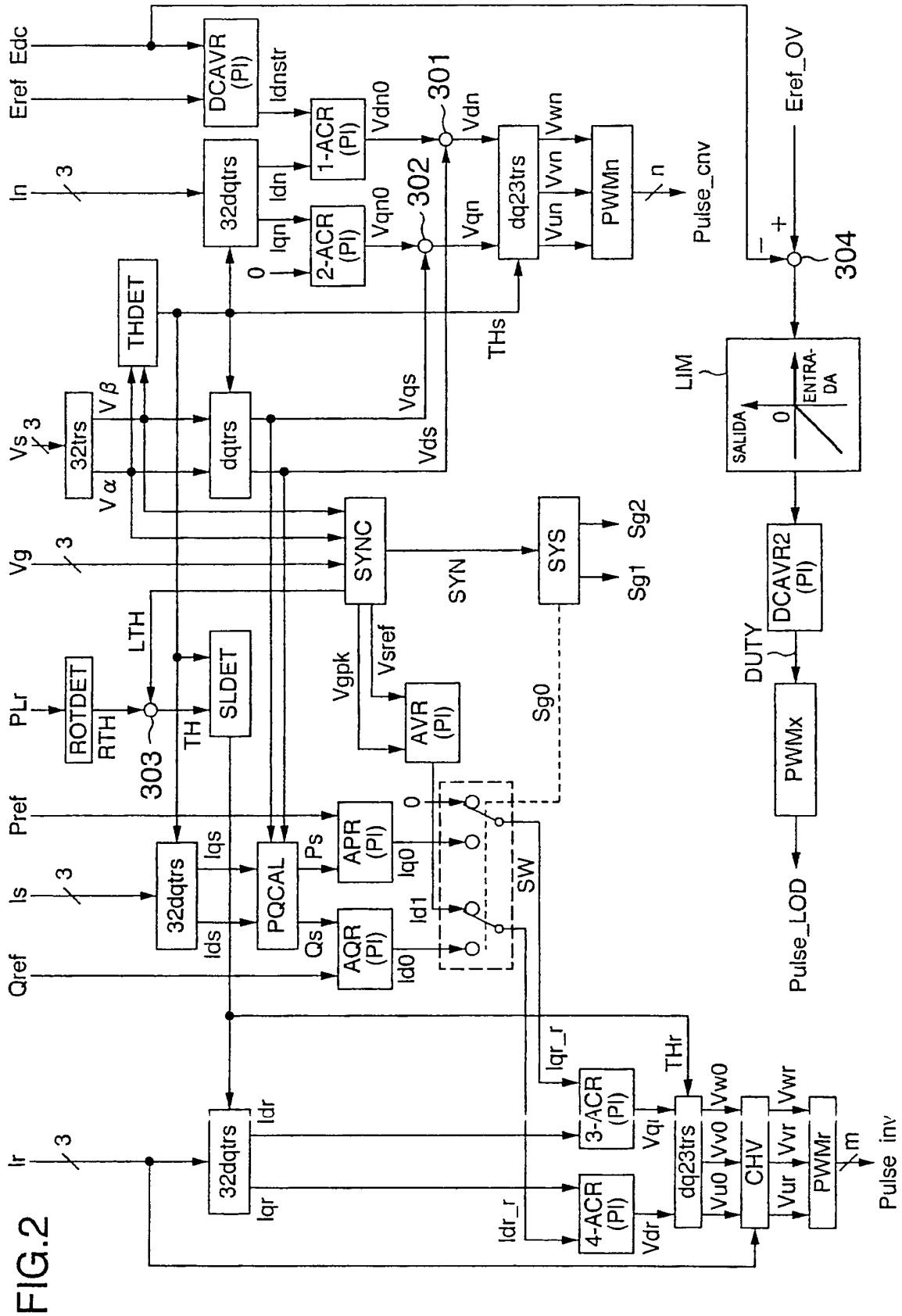
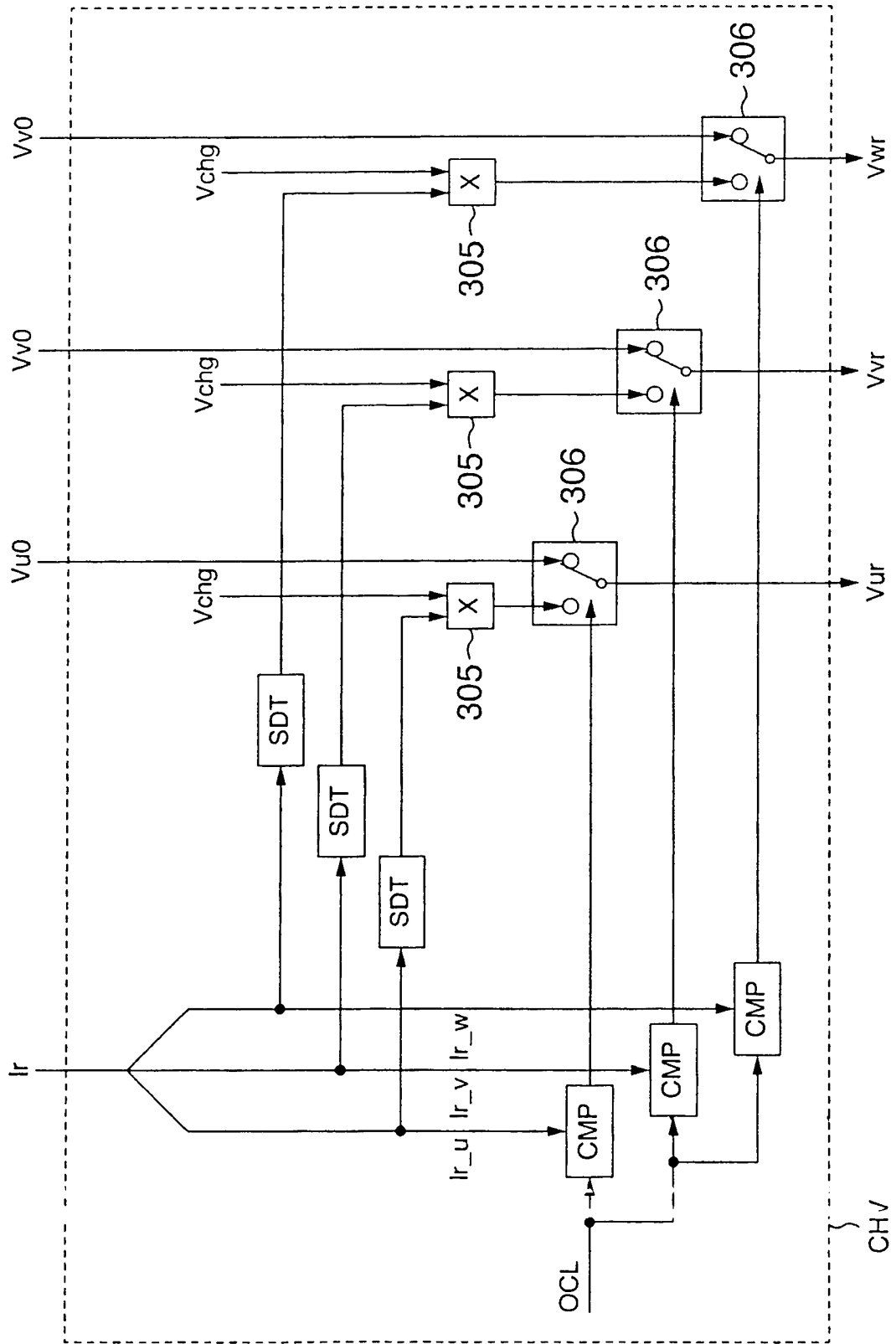


FIG. 3





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 339 080

⑫ Nº de solicitud: 200700168

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 19.01.2007

⑭ Fecha de prioridad: 10.03.2006

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: **H02P 9/10** (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
P,X	Base de datos EPODOC, Recuperado de EPOQUE; PN JP 2006230085 A & JP 2006230085 A(HITACHI LTD) 31.08.2006	1-12
X	WO 03065567 A1 (FEDDERSEN LORENZ) 07.08.2003, página 2, líneas 10-30; figuras 3-5.	1-12
X	WO 2004098261 A2 (XANTREX TECHNOLOGY INC; HUDSON RAYMOND M) 18.11.2004, página 2, líneas 22-30; página 5, línea 10 - página 6, línea 30; figura 2.	1-12
X	NICOLAS LAVERDURE, DANIEL ROYE, SEDDIK BACHA, Mitigation of voltage dips effects on wind generators, EWEC 2004, EUROPEAN WIND ENERGY CONFERENCE AND EXHIBITION, 22-25 Nov 2004 Londres.	1-12
X	MORREN JOHAN STUDENT MEMBER, IEEE; DE HAAN SJOERD W H. Ridethrough of Wind Turbines with Doubly-Fed Induction Generator During a Voltage Dip. IEEE transactions on energy conversion, vol. 20, no. 2, junio 2005 Vol, 20, páginas 435-441, ISSN 0885-8969.	1-12
X	GALLARDO S; CARRASCO J M; GALVIN E; FRANQUELO L G, DSP-based doubly fed induction generator test bench using a back-to-back PWM converter, Industrial Electronics Society, 2004. IECON 2004. 30th Annual Conference of IEEE Busan, South Korea 2-6 Nov. 2004, PG 1411-1416; ISBN 978-0-7803-8730-0; ISBN 0-7803-8730-9.	1-12

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
21.04.2010

Examinador
L. García Aparicio

Página
1/1