



(51) Clasificación Internacional de Patentes:
H02M 7/48 (2007.01) *H02J 3/38* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2012/070332

(22) Fecha de presentación internacional:
10 de mayo de 2012 (10.05.2012)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201130768 12 de mayo de 2011 (12.05.2011) ES

(71) Solicitantes (para todos los Estados designados salvo US):
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID [ES/ES]; c/ Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES).
ALSTOM TECHNOLOGY LTD. [CH/CH]; Brown Boveri Strasse 7, CH-5400 Baden (CH).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **RAMIREZ PRIETO, Dionisio** [ES/ES]; c/ Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **MARTINEZ GONZALEZ, Sergio** [ES/ES]; c/ Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES).

PLATERO GAONA, Carlos Antonio [ES/ES]; c/ Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **DE CASTRO FERNANDEZ, Rosa María** [ES/ES]; c/ Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **CUESTA GARCIA, Alfonso** [ES/ES]; c/ Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **GUILLEN GUEDEZ, Guillermo** [VE/ES]; c/ Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES). **DIEZ CASTRO, Ana** [ES/ES]; c/ Ramiro de Maeztu, 7, E-28040 Madrid (ES).

(74) Mandatarios: **CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel** et al.; c/o Clarke, Modet & Co., c/ Goya, 11, E-28040 Madrid (ES).

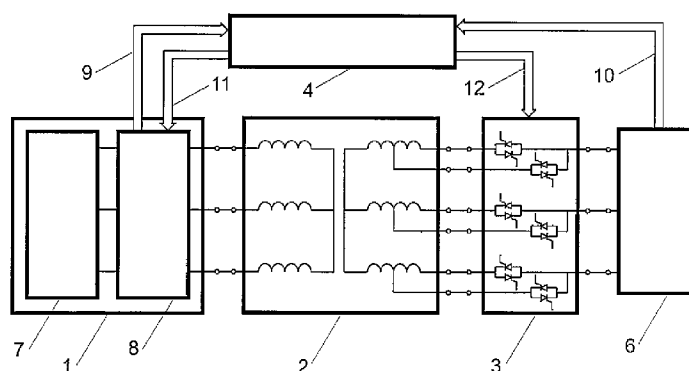
(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR INCREASING THE CURRENT INJECTED INTO THE ELECTRICAL GRID BY ELECTRICAL GENERATORS DURING POWER DIPS GENERATED IN THE GRID

(54) Título : SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA INCREMENTAR LA CORRIENTE INYECTADA EN LA RED ELÉCTRICA POR GENERADORES ELÉCTRICOS DURANTE HUECOS DE TENSIÓN PRODUCIDOS EN LA RED.

FIG. 2



(57) Abstract: The invention relates to a system for increasing the current injected into the electrical grid by electrical generators during power dips generated in the grid, comprising: a power transformer (2) of the electrical generator (1) with taps in the windings thereof; an on-load tap changer (3) with electronic switches for performing tap changes in the power transformer (2); a measuring system (5) for obtaining the measurement of the phase voltages on one of the two sides of the power transformer (2); and a control system (4) for receiving the measurements taken by the measurement system (5), and analysing said measurements in order to detect power dips in the electrical grid, to determine the tap of the power transformer (2) to be switched in order to increase the current injected into the electrical grid, and to order the actuation of the switches of the tap changer (3) in order to perform the previously determined tap change.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible):

ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,

Publicada:

- con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))
- con reivindicaciones modificadas (Art. 19(1))

Sistema para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica por generadores eléctricos durante huecos de tensión producidos en la red, comprendiendo: - un transformador de potencia (2) del generador eléctrico (1) con tomas en sus devanados; - un cambiador de tomas en carga (3) con interruptores electrónicos para efectuar cambios de tomas en el transformador de potencia (2); - un sistema de medida (5) para obtener la medida de las tensiones de fase en uno de los dos lados del transformador de potencia (2); - un sistema de control (4) para: * recibir las medidas efectuadas por el sistema de medida (5); * analizar dichas medidas para: - detectar huecos de tensión en la red eléctrica; - determinar la toma del transformador de potencia (2) a conmutar para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica; - ordenar la actuación de los interruptores del cambiador de tomas (3) para realizar el cambio de toma previamente determinado.

Sistema y procedimiento para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica por generadores eléctricos durante huecos de tensión producidos en la red

Sector de la técnica

La invención se encuadra en el sector técnico de la generación y el transporte de energía eléctrica. Más concretamente, en la producción de energía eléctrica con dispositivos que presentan baja potencia de cortocircuito porcentual, esto es, baja contribución a la corriente de cortocircuito. Típicamente, aunque no exclusivamente, en la generación de energía eléctrica de origen renovable o disperso con generadores que incluyen etapas de conversión energética mediante electrónica de potencia.

Estado de la técnica

Un sistema de energía eléctrica es el conjunto de las instalaciones electrotécnicas para la generación, transporte y utilización de la energía eléctrica en una zona geográfica. Así, la misión de tal sistema es suministrar energía eléctrica a los consumidores que la demandan dentro de una determinada área geográfica. Adicionalmente, este suministro se debe realizar cumpliendo con unas condiciones de seguridad, de calidad y medioambientales adecuadas, con el mínimo coste posible.

Los generadores eléctricos son uno de los elementos fundamentales dentro de un sistema de energía eléctrica. Tradicionalmente, estos generadores son, en su mayor parte, grandes máquinas eléctricas rotativas síncronas. Así, el funcionamiento de los sistemas de energía eléctrica ha estado muy definido por las características de funcionamiento propias de este tipo de máquinas conectadas en red. Particularmente, en lo que se relaciona con la presente invención, la filosofía de protección de los sistemas de energía eléctrica y las instalaciones y equipos asociados, se fundamentan en cómo se comportan dichos generadores ante los diferentes fallos o perturbaciones a los que puede estar sometido el sistema de energía eléctrica.

En los últimos años, debido fundamentalmente al incremento en la utilización de fuentes renovables de energía para la generación de electricidad, esta situación está cambiando. Se están instalando otros tipos de generadores eléctricos cuyas características de funcionamiento son diferentes a las de los generadores síncronos. Mientras el grado de penetración de estos nuevos generadores en los sistemas de

energía eléctrica era poco significativo, las características de funcionamiento de los sistemas no se veían alteradas sustancialmente. Sin embargo, el aumento de su nivel de penetración, ha ido poniendo de manifiesto alteraciones en el funcionamiento de los sistemas que han obligado a los operadores de los sistemas de energía eléctrica a imponer requisitos cada vez más estrictos a estos nuevos generadores. Estos requisitos son de diversa índole, pero se puede decir que, en general, están orientados a que los nuevos generadores incorporen sistemas complementarios para que las características de funcionamiento conjunto se asemejen a las de los generadores síncronos. Así, por ejemplo, la capacidad para soportar huecos de tensión es ya un requisito que se incluye en muchos códigos de red y, en consecuencia, los fabricantes de generadores ya la incluyen habitualmente entre las prestaciones de sus equipos.

Actualmente, en sistemas de energía eléctrica con elevado nivel de penetración de generadores eléctricos no convencionales, se empieza a poner de manifiesto un problema relacionado con su menor capacidad de contribución a la corriente de cortocircuito en caso de defecto, comparada con la de los generadores síncronos. Esta capacidad es especialmente baja en los generadores, o agrupaciones de generadores, en los que la totalidad de la energía eléctrica producida se vierte a la red eléctrica a través de un convertidor electrónico. Por ejemplo, en las plantas solares fotovoltaicas o en los generadores eólicos con convertidor electrónico de potencia plena. Conviene resaltar que un análisis superficial de la situación podría concluir que resulta beneficioso que, en caso de defecto en la red eléctrica, la corriente de cortocircuito aportada por estos generadores sea porcentualmente inferior a la que aportan los generadores convencionales. Esto es parcialmente cierto, por ejemplo, en lo que se refiere al dimensionado de la aparamenta de corte del sistema de energía eléctrica. Sin embargo, es importante destacar que una buena parte de filosofía de protección de dicho sistema se basa en que los defectos de aislamiento se detectan debido a las altas corrientes que llevan asociadas, al menos, en los sistemas convencionales. La disminución de la contribución de los nuevos generadores a la corriente de cortocircuito, por tanto, supone un problema para la protección del sistema de energía eléctrica.

La presente invención tiene como objeto aportar una solución a este problema, mediante una nueva forma de utilización de un transformador con tomas y con cambiador de las mismas en carga. Equipos aparentemente similares son conocidos y utilizados desde hace muchas décadas, como se puede ver, por ejemplo, en el documento de patente US1641271, de 1927. Sin embargo, su utilización en sistemas de energía eléctrica está orientada al cambio de tomas en régimen cuasi permanente,

nunca durante huecos de tensión y siempre sobre sistemas equilibrados y para el control de la tensión, en los que no es importante la rapidez de respuesta del control de tomas.

Esta utilización convencional de un transformador con cambio de tomas en carga ha deparado en la especialización funcional de los equipos para resolver tal problema, como puede comprobarse por ejemplo en los documentos de patente US20110005910, US20110000769 y US20100263996. Así, los equipos actuales están optimizados para un funcionamiento en régimen cuasi permanente, con pocas maniobras por hora, y su operación está orientada a controlar la tensión. En resumen, existe un cierto prejuicio técnico sobre la utilización de estos equipos como reguladores de tensión lentos.

Descripción de la invención

La presente invención propone una utilización especial de un transformador con cambio de tomas en carga para actuar sobre la intensidad, en lugar de la tensión, durante el régimen transitorio asociado a un cortocircuito, y la especificación de sus características para cumplir tal función. Por otra parte, a diferencia del uso convencional de los transformadores con cambiador de tomas en carga, donde su función es el control de una magnitud (la tensión), la función de la presente invención es multiplicar, en lugar de controlar, otra magnitud (la corriente).

Por otra parte, para conseguir esta multiplicación de la corriente, no basta con hacer un cambio de tomas del transformador que permita el cambio de relación de intensidades descrito anteriormente. Además, hay que combinarlo con un procedimiento para hacer funcionar el generador (incluido el convertidor) como una fuente de intensidad, en lugar de como fuente de tensión, para asegurar que, una vez cambiadas las tomas, no se supera el valor nominal de la corriente del convertidor electrónico. Adicionalmente a esta función principal, el procedimiento debe incluir la vigilancia y el control de la tensión en el lado del convertidor, ya que el sistema descrito en la presente invención sólo puede utilizarse cuando hay una disminución de la tensión en la línea (típicamente debido a un cortocircuito) ya que, al cambiar la relación de transformación para multiplicar la corriente en uno de los bobinados del transformador, también se produce una multiplicación de la tensión en el bobinado opuesto conectado al convertidor electrónico, pudiendo bloquearlo e incluso destruirlo. Hay que tener en cuenta que el valor de la tensión en el bus de corriente continua de

un inversor está directamente relacionado con la tensión de la red a que está conectado, debido a los diodos en antiparalelo conectados a sus interruptores estáticos. En consecuencia, al cambiar las tomas aumenta la tensión en los bobinados del transformador conectado al inversor, de forma que la rectificación efectuada por los diodos cargará los condensadores del bus de corriente continua del inversor, incrementando su tensión, pudiendo destruirlos a ellos y a los interruptores estáticos del inversor. Por este motivo, el sistema de control debe efectuar una medida de la tensión de red y efectuar el cambio en la relación de transformación sólo en los casos en los que detecte un hueco de tensión.

Cuando el sistema de control detecta un hueco monofásico o bifásico, la regulación del convertidor electrónico reacciona intentando anular la secuencia inversa y restaurar la secuencia directa, inyectando las adecuadas corrientes por las líneas dentro de los límites del convertidor y conmutando las tomas del transformador de la misma manera que en el caso de huecos trifásicos.

Breve descripción de las figuras

Para la mejor comprensión de lo descrito en esta memoria, se incluyen unas figuras en las que se representan, exclusivamente a modo de ejemplos ilustrativos y sin carácter limitativo, algunas realizaciones posibles de la invención.

La Figura 1 muestra un esquema de conexiones de una posible realización del sistema de la invención, para el caso de un sistema trifásico a cuatro hilos con transformador estrella-estrella con varias tomas.

La Figura 2 muestra un esquema de conexiones para el caso de un sistema trifásico a tres hilos con transformador estrella-estrella con dos tomas en el lado de red.

La Figura 3 muestra el detalle de la maniobra de una de las fases del cambiador de tomas estático tras la detección del hueco de tensión asociado al cortocircuito en algún punto del sistema de energía eléctrica.

La Figura 4 muestra, de forma análoga, el detalle de la maniobra de una de las fases del cambiador de tomas estático tras la detección de la recuperación de la tensión una vez eliminado el cortocircuito.

La Figura 5 muestra un ensayo de laboratorio en el que se ha registrado el nivel de tensión de la red en régimen permanente y durante un hueco, y además se han registrado las tres corrientes senoidales correspondientes a cada una de las fases de la red trifásica, medidas en el lado de red del transformador.

Descripción de una realización preferida

La invención trata de un sistema y procedimiento que incrementa la corriente que aporta un sistema generador a la red eléctrica durante huecos de tensión, pero sin aumentar por ello la corriente que aporta el generador eléctrico.

La **Figura 1** muestra un esquema de conexiones de una posible realización del sistema de la invención, para el caso de un sistema trifásico a cuatro hilos con transformador (2) estrella-estrella con varias tomas. Se muestra el generador (1) o conjunto de generadores (incluidos los convertidores electrónicos si fuera el caso), cuya corriente de cortocircuito se pretende incrementar con la presente invención. Únicamente se muestran sus terminales de conexión con el exterior. Los tres primeros, empezando por la parte superior, son los terminales de fase (R, S, T), mientras que el cuarto es el terminal de neutro (N). También se muestra el sistema de energía eléctrica (6) al que se vierte la energía producida por el generador (1). El sistema de la invención está representado por los cuatro bloques restantes: el transformador de potencia (2), el cambiador de tomas en carga (3), el sistema de control (4) y el sistema de medida (5).

La figura se incluye a los efectos de ilustrar la invención con un ejemplo, pero sin carácter limitativo. Así, por ejemplo, aunque la figura representa un sistema trifásico a cuatro hilos con conexión estrella-estrella, la invención es aplicable a sistemas monofásicos o trifásicos, a tres o cuatro hilos, de cualquier combinación primario-secundario (triángulo, estrella o zig-zag).

Para incrementar la corriente de cortocircuito de generadores o agrupaciones de generadores eléctricos el sistema incluye:

- Un transformador de potencia (2) con varias tomas en uno o en varios de sus devanados, distribuidas para obtener una o varias relaciones de transformación de intensidades, incluidos valores ostensiblemente diferentes del nominal.

- Un cambiador de tomas en carga (3) para dicho transformador que permita el cambio directo a la toma deseada y/o el cambio pasando por las tomas intermedias,

con un tiempo de actuación adecuado a la rapidez con que se pretenda incrementar la corriente. Típicamente este tiempo de actuación deberá ser del orden de un periodo de onda de la frecuencia industrial del sistema de energía eléctrica al que se conecta o menos, aunque, dependiendo de la filosofía de protección de la red, puede ser mayor. En la figura 1 se puede ver un diagrama funcional del cambiador de tomas (3). Los interruptores representados, no son limitativos de ningún tipo de tecnología, mecánica o de estado sólido, que cumpla con las especificaciones de tiempo de actuación.

- Un sistema de medida (5) de intensidades y/o tensiones. La forma más básica de implementación del sistema de la invención requiere únicamente la medida de la tensión de todas las fases (por ejemplo: tres, en el caso trifásico; una, en el monofásico; etc.), en cualquiera de los dos lados del transformador de potencia. Por ejemplo, en la figura 1 se puede ver un sistema de medida de las tres tensiones de fase en el lado de red del transformador de potencia, a la salida del cambiador de tomas (3). Si se quiere tener mayor control sobre el sistema de la invención, o incluso integrar su control con el del generador (incluido el convertidor electrónico), se pueden añadir las intensidades de línea al sistema de medida.

- Un sistema de control (4) que, en función de las medidas anteriores, permita gobernar el cambio de tomas (3) del transformador (2). En el ejemplo de la Figura 1 se representa un sistema de control (4) que recibe, como entradas, las medidas de las tres tensiones de fase y actúa, como salidas, sobre la apertura independiente de los nueve interruptores que conforman el cambiador de tomas (3).

La **Figura 2** muestra un esquema de conexiones para el caso de un sistema trifásico a tres hilos con transformador (2) estrella-estrella con dos tomas en el lado de red. En este caso, el generador (1) incluye una máquina eléctrica generadora (7) y un convertidor electrónico (8). También se muestra el sistema eléctrico (6) al que se vierte la energía producida por el generador. El sistema de la invención está representado por los tres bloques restantes: el transformador de potencia (2), el cambiador de tomas en carga (3) estático y el sistema de control (4). El sistema de control (4) recibe las señales de medida del convertidor (9) y de la red eléctrica (10). A su vez, el sistema de control emite como salidas las señales de disparo de los interruptores estáticos del convertidor electrónico (11) formadas por trenes de pulsos generados con el modulador de vectores espaciales (SVM), que activan y desactivan sucesivamente los seis IGBT que componen el inversor, y del cambiador de tomas estático (12).

Las tomas del transformador (2) pueden estar en uno cualquiera de los bobinados trifásicos (primario o secundario) para ajustar la relación de transformación

de tensiones y corrientes. Las tomas pueden seleccionarse activando o desactivando interruptores electrónicos contruidos a base de tiristores en antiparalelo, de conducción instantánea y bloqueo forzado o natural.

El sistema de control (4) está basado en microprocesador que implementa la regulación de la potencia entregada a la red por el generador eléctrico (1) a través de un convertidor electrónico (8) así como el control de las tomas (3) del transformador.

El sistema de control (4) mide el valor de la tensión en la red eléctrica y, cuando detecta que se ha producido un hueco de tensión, decide qué toma trifásica debe conmutar teniendo en cuenta que la subida de tensión que se experimentará en bornes del convertidor electrónico (8) debido al cambio en la relación de transformación debe ser admisible para éste. Se entiende por admisible aquél valor de tensión de red menor o igual al máximo valor de tensión alterna que el inversor a su vez puede generar. De esta forma se garantiza que el inversor sea capaz de hacer fluir potencia hacia la red.

El criterio de selección de la toma se basa en inyectar la máxima corriente trifásica en la línea sin que el incremento de tensión en bornes del convertidor electrónico (8) lo bloquee o destruya.

El sistema de control (4) realiza la medida de dos de las tres tensiones de la red para la detección del hueco de tensión, calculando con ellas el módulo del fasor espacial tensión de red.

En la realización preferida, el sistema de control realiza la detección de huecos desequilibrados monofásicos o bifásicos mediante el algoritmo de separación en secuencias directa e inversa denominado "Delayed Signal Cancellation" (DSC). En condiciones normales la descomposición de la tensión de la red sólo presenta secuencia directa mientras que si se produce un fallo desequilibrado aparece además una componente de secuencia inversa.

Cuando el sistema de control detecta un hueco monofásico o bifásico, la regulación del convertidor electrónico reacciona intentando anular la secuencia inversa y restaurar la secuencia directa, inyectando las adecuadas corrientes por las líneas dentro de los límites del convertidor y conmutando las tomas del transformador de la misma manera que en el caso de huecos trifásicos.

La conmutación de la toma trifásica, cuyo fin es incrementar la corriente en la línea, puede realizarse eliminando espiras en el bobinado trifásico conectado a la red o añadiendo espiras en el bobinado trifásico conectado al convertidor electrónico.

Para realizar una conmutación con menor corriente transitoria en los bobinados del transformador, el sistema de control mide la corriente en las tres líneas y realiza la conmutación de las tomas cuando la corriente en cada línea pasa por cero.

Una vez detectado el hueco de tensión, el sistema de control (4) desconecta una parte del bobinado trifásico conectado a la red. Para ello, cuando la corriente en cada una de las fases pase por cero, cortocircuita el bobinado correspondiente mediante el cierre del interruptor en paralelo con él y abre el interruptor en serie, de acuerdo con la secuencia de maniobra que se muestra en la **Figura 3**, en tres etapas de izquierda a derecha correspondientes a tres instantes consecutivos, donde solamente se ha representado una de las fases del cambiador de tomas (3). En la primera etapa (izquierda), se muestra el interruptor estático superior en conducción y el inferior en bloqueo. En la segunda etapa (centro), se muestra el interruptor estático superior en bloqueo y el inferior en conducción, pero en el paso por cero de la corriente. Y en la tercera etapa (derecha), se muestra el interruptor estático superior en bloqueo y el inferior en conducción con un valor no nulo de la corriente.

Una vez que el sistema de control (4) detecta que ha desaparecido el hueco de tensión en la red, una vez eliminado el cortocircuito, reconecta sucesivamente cada uno de los bobinados a medida que cada una de las corrientes de línea va pasando por cero, de acuerdo con la secuencia de maniobra que se muestra en la **Figura 4**, en tres etapas de izquierda a derecha correspondientes a tres instantes consecutivos, donde solamente se ha representado una de las fases del cambiador de tomas. En la primera etapa (izquierda), se muestra el interruptor estático superior en bloqueo y el inferior en conducción. En la segunda etapa (centro), se muestra el interruptor estático superior en conducción, pero en el paso por cero de la corriente, y el inferior en bloqueo. Y en la tercera etapa (derecha), se muestra el interruptor estático superior en conducción, con un valor no nulo de la corriente, y el inferior en bloqueo.

En la realización preferida, la regulación del convertidor electrónico de conexión a red se realiza con control de corriente para asegurar que el cambio de tomas no afecta a la corriente obtenida del generador eléctrico al incrementarse con el cambio de tomas la tensión alterna en los terminales de dicho inversor.

La **Figura 5** muestra un ensayo de laboratorio en el que se ha registrado el nivel de tensión de la red en régimen permanente y durante un hueco. Asimismo, se han registrado las tres corrientes senoidales correspondientes a cada una de las fases de la red trifásica, medidas en el lado de red del transformador. Se comprueba que, durante el hueco de tensión, la corriente en la línea aumenta considerablemente debido a la conmutación de las tomas.

Es también objeto de la presente invención un procedimiento, implantado en el sistema de control, para incrementar la corriente de cortocircuito del generador o conjunto de generadores. El procedimiento es cíclico y comienza con el cálculo del valor eficaz de las tensiones de las fases, a partir de sus medidas, y la comparación con su valor nominal. Si la diferencia está dentro del margen normal de funcionamiento del generador o del regulador de tensión (si lo hubiera), el sistema de la invención no debe actuar. Si la diferencia es mayor, se calcula la toma del transformador que lleve su tensión del lado de generador al nivel más cercano a su valor nominal, lo cual lleva implícito el incrementar la intensidad en el lado de red al valor más alto compatible con una tensión admisible por el generador, además de hacer funcionar al generador (incluido el convertidor electrónico) como una fuente de intensidad. Una vez calculada la toma, el sistema de control ordena la actuación de los interruptores del cambiador de tomas para realizar el cambio calculado, y se comienza un nuevo ciclo del procedimiento.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica por generadores eléctricos durante huecos de tensión producidos en la red, **caracterizado por que** comprende:

- un transformador de potencia (2) del generador eléctrico (1) con una pluralidad de tomas en al menos uno de sus devanados;

- un cambiador de tomas en carga (3) con una pluralidad de interruptores electrónicos encargados de efectuar cambios de tomas en el transformador de potencia (2) según unas determinadas órdenes de control;

- un sistema de medida (5) encargado de obtener la medida de las tensiones de fase en uno de los dos lados del transformador de potencia (2);

- un sistema de control (4) configurado para:

- * recibir las medidas efectuadas por el sistema de medida (5);

- * analizar dichas medidas para, cuando se produce un hueco de tensión en la red eléctrica:

- detectar dicho hueco de tensión;

- determinar, según un determinado criterio de selección, la toma del transformador de potencia (2) a conmutar para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica;

- ordenar la actuación de los interruptores del cambiador de tomas (3) para realizar el cambio de toma determinado previamente.

2.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que el sistema de medida (5) está adicionalmente configurado para obtener la medida de la corriente de las distintas fases, y donde el sistema de control (4) está configurado para ordenar la actuación de los interruptores del cambiador de tomas (3) cuando la corriente en cada una de las fases es próxima a cero.

3.- Sistema según la reivindicación 2, caracterizado por que para realizar la secuencia de maniobra para el cambio de toma de cada fase el sistema de control (4) está configurado para, en el paso por cero de la corriente de fase, cerrar el interruptor en paralelo con el bobinado y abrir el interruptor en serie.

4.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de control (4) está adicionalmente configurado para, en función de las medidas efectuadas por el sistema de medida (5), detectar la finalización del hueco de tensión y ordenar la actuación de los interruptores del cambiador de tomas (3) para realizar el cambio a la toma nominal de funcionamiento.

5.- Sistema según la reivindicación 4 cuando depende de la 2, caracterizado por que para realizar la secuencia de maniobra para el cambio a la toma nominal en cada fase el sistema de control (4) está configurado para, en el paso por cero de la corriente de fase, abrir el interruptor en paralelo con el bobinado y cerrar el interruptor en serie.

6.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el análisis de las medidas para determinar los huecos de tensión comprende calcular el valor eficaz de las tensiones de fase y compararlas con su valor nominal, de forma que si la diferencia es superior a un margen determinado, se determina la presencia de un hueco de tensión.

7.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de medida (5) está configurado para obtener la medida de la tensión de c.a. de la red en el lado del convertidor electrónico (8) del generador (1), y donde el sistema de control (4) está configurado para seleccionar aquella toma que genere la máxima inyección de corriente en la red y tal que la tensión en bornes del convertidor electrónico (8) sea igual o inferior a su tensión nominal.

8.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de control (4) está configurado para detectar huecos desequilibrados monofásicos o bifásicos mediante el algoritmo de separación en secuencias directa e inversa DSC.

9.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la conmutación de la toma para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica se realiza mediante una de las siguientes formas:

- eliminando espiras en el bobinado del transformador (2) conectado a la red;
- añadiendo espiras en el bobinado del transformador (2) conectado al generador (1).

10.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de control (4) está configurado para realizar la conmutación a la toma determinada según una de las siguientes formas:

- de manera directa;
- de manera secuencial, pasando por tomas intermedias.

11.- Procedimiento para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica por generadores eléctricos durante huecos de tensión producidos en la red, donde el transformador de potencia (2) del generador eléctrico (1) dispone de una pluralidad de tomas en al menos uno de sus devanados, **caracterizado por que** el procedimiento comprende:

- obtener la medida de las tensiones de fase en uno de los dos lados del transformador de potencia (2);
- analizar dichas medidas para, cuando se produce un hueco de tensión en la red eléctrica:

- * detectar dicho hueco de tensión;

* determinar, según un determinado criterio de selección, la toma del transformador de potencia (2) a conmutar para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica;

* efectuar en el transformador de potencia (2) el cambio de toma determinado previamente.

12.- Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que comprende adicionalmente:

- obtener la medida de la corriente de las distintas fases;
- efectuar el cambio de toma cuando la corriente en cada una de las fases es próxima a cero.

13.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que la secuencia de maniobra para el cambio de toma de cada fase comprende, en el paso por cero de la corriente de fase, cerrar el interruptor en paralelo con el bobinado y abrir el interruptor en serie.

14.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado por que comprende adicionalmente detectar la finalización del hueco de tensión y realizar el cambio a la toma nominal de funcionamiento.

15.- Procedimiento según la reivindicación 14 cuando depende de la 12, caracterizado por que la secuencia de maniobra para el cambio a la toma nominal en cada fase comprende, en el paso por cero de la corriente de fase, abrir el interruptor en paralelo con el bobinado y cerrar el interruptor en serie.

16.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, caracterizado por que el análisis de las medidas para determinar los huecos de tensión comprende calcular el valor eficaz de las tensiones de fase y compararlas con su valor

nominal, de forma que si la diferencia es superior a un margen determinado, se determina la presencia de un hueco de tensión.

17.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, caracterizado por que comprende adicionalmente:

- obtener la medida de la tensión de c.a. de la red en el lado del convertidor electrónico (8) del generador (1), y

- seleccionar aquella toma que genere la máxima inyección de corriente en la red y tal que la tensión en bornes del convertidor electrónico (8) sea igual o inferior a su tensión nominal.

18.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, caracterizado por que comprende detectar huecos desequilibrados monofásicos o bifásicos mediante el algoritmo de separación en secuencias directa e inversa DSC.

19.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, caracterizado por que la conmutación de la toma para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica se realiza mediante una de las siguientes formas:

- eliminando espiras en el bobinado del transformador (2) conectado a la red;
- añadiendo espiras en el bobinado del transformador (2) conectado al generador (1).

20.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 19, caracterizado por que la conmutación a la toma determinada se realiza según una de las siguientes formas:

- de manera directa;
- de manera secuencial, pasando por tomas intermedias.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

recibidas por la oficina Internacional el 22 de octubre de 2012 (22.10.12)

1.- Sistema para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica por generadores eléctricos durante huecos de tensión producidos en la red, **caracterizado por que** comprende:

5 - un transformador de potencia (2) del generador eléctrico (1) con una pluralidad de tomas en al menos uno de sus devanados;

 - un cambiador de tomas en carga (3) con una pluralidad de interruptores electrónicos encargados de efectuar cambios de tomas en el transformador de potencia (2) según unas determinadas órdenes de control;

10 - un sistema de medida (5) encargado de obtener la medida de las tensiones de fase en uno de los dos lados del transformador de potencia (2);

 - un sistema de control (4) configurado para:

 * recibir las medidas efectuadas por el sistema de medida (5);

 * analizar dichas medidas para, cuando se produce un hueco de

15 tensión en la red eléctrica:

 - detectar dicho hueco de tensión;

 - determinar, según un determinado criterio de selección, la toma del transformador de potencia (2) a conmutar para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica;

20 - ordenar la actuación de los interruptores del cambiador de tomas (3) para realizar el cambio de toma determinado previamente;

y por que el sistema de medida (5) está configurado para obtener la medida de la tensión de c.a. de la red en el lado del convertidor electrónico (8) del generador (1), y donde el sistema de control (4) está configurado para seleccionar aquella toma que
25 genere la máxima inyección de corriente en la red y tal que la tensión en bornes del convertidor electrónico (8) sea igual o inferior a su tensión nominal, haciendo funcionar al convertidor electrónico (8) como una fuente de intensidad para asegurar que, una vez cambiada las tomas, no se supere su valor nominal de corriente.

30 2.- Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que el sistema de medida (5) está adicionalmente configurado para obtener la medida de la corriente de las distintas fases, y donde el sistema de control (4) está configurado para ordenar la actuación de los interruptores del cambiador de tomas (3) cuando la corriente en cada una de las fases es próxima a cero.

35

3.- Sistema según la reivindicación 2, caracterizado por que para realizar la secuencia de maniobra para el cambio de toma de cada fase el sistema de control (4) está configurado para, en el paso por cero de la corriente de fase, cerrar el interruptor en paralelo con el bobinado y abrir el interruptor en serie.

5

4.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de control (4) está adicionalmente configurado para, en función de las medidas efectuadas por el sistema de medida (5), detectar la finalización del hueco de tensión y ordenar la actuación de los interruptores del cambiador de tomas (3) para realizar el cambio a la toma nominal de funcionamiento.

10

5.- Sistema según la reivindicación 4 cuando depende de la 2, caracterizado por que para realizar la secuencia de maniobra para el cambio a la toma nominal en cada fase el sistema de control (4) está configurado para, en el paso por cero de la corriente de fase, abrir el interruptor en paralelo con el bobinado y cerrar el interruptor en serie.

15

6.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el análisis de las medidas para determinar los huecos de tensión comprende calcular el valor eficaz de las tensiones de fase y compararlas con su valor nominal, de forma que si la diferencia es superior a un margen determinado, se determina la presencia de un hueco de tensión.

20

7.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de control (4) está configurado para detectar huecos desequilibrados monofásicos o bifásicos mediante el algoritmo de separación en secuencias directa e inversa DSC.

25

8.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la conmutación de la toma para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica se realiza mediante una de las siguientes formas:

30

- eliminando espiras en el bobinado del transformador (2) conectado a la red;
- añadiendo espiras en el bobinado del transformador (2) conectado al generador (1).

35

9.- Procedimiento para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica por generadores eléctricos durante huecos de tensión producidos en la red, donde el transformador de potencia (2) del generador eléctrico (1) dispone de una pluralidad de tomas en al menos uno de sus devanados, **caracterizado por que** el procedimiento

5 comprende:

- obtener la medida de las tensiones de fase en uno de los dos lados del transformador de potencia (2);

- analizar dichas medidas para, cuando se produce un hueco de tensión en la red eléctrica:

10 * detectar dicho hueco de tensión;

* determinar, según un determinado criterio de selección, la toma del transformador de potencia (2) a conmutar para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica;

15 * efectuar en el transformador de potencia (2) el cambio de toma determinado previamente;

- obtener la medida de la tensión de c.a. de la red en el lado del convertidor electrónico (8) del generador (1), y

20 - seleccionar aquella toma que genere la máxima inyección de corriente en la red y tal que la tensión en bornes del convertidor electrónico (8) sea igual o inferior a su tensión nominal, haciendo funcionar al convertidor electrónico (8) como una fuente de intensidad para asegurar que, una vez cambiada las tomas, no se supere su valor nominal de corriente.

10.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que comprende

25 adicionalmente:

- obtener la medida de la corriente de las distintas fases;

- efectuar el cambio de toma cuando la corriente en cada una de las fases es próxima a cero.

30 11.- Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que la secuencia de maniobra para el cambio de toma de cada fase comprende, en el paso por cero de la corriente de fase, cerrar el interruptor en paralelo con el bobinado y abrir el interruptor en serie.

12.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que comprende adicionalmente detectar la finalización del hueco de tensión y realizar el cambio a la toma nominal de funcionamiento.

5 13.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado por que el análisis de las medidas para determinar los huecos de tensión comprende calcular el valor eficaz de las tensiones de fase y compararlas con su valor nominal, de forma que si la diferencia es superior a un margen determinado, se determina la presencia de un hueco de tensión.

10

14.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado por que comprende detectar huecos desequilibrados monofásicos o bifásicos mediante el algoritmo de separación en secuencias directa e inversa DSC.

15 15.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, caracterizado por que la conmutación de la toma para incrementar la corriente inyectada en la red eléctrica se realiza mediante una de las siguientes formas:

- eliminando espiras en el bobinado del transformador (2) conectado a la red;
- añadiendo espiras en el bobinado del transformador (2) conectado al

20 generador (1).

1 / 3

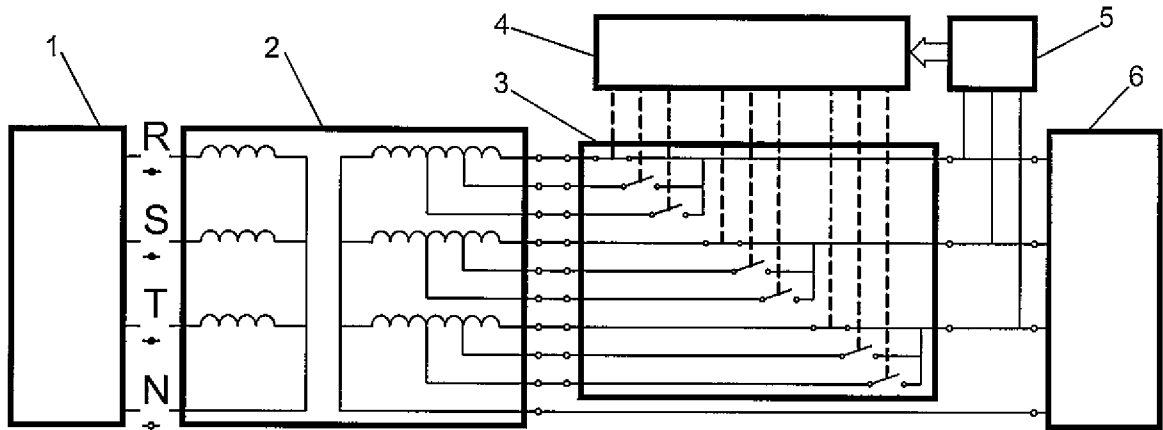
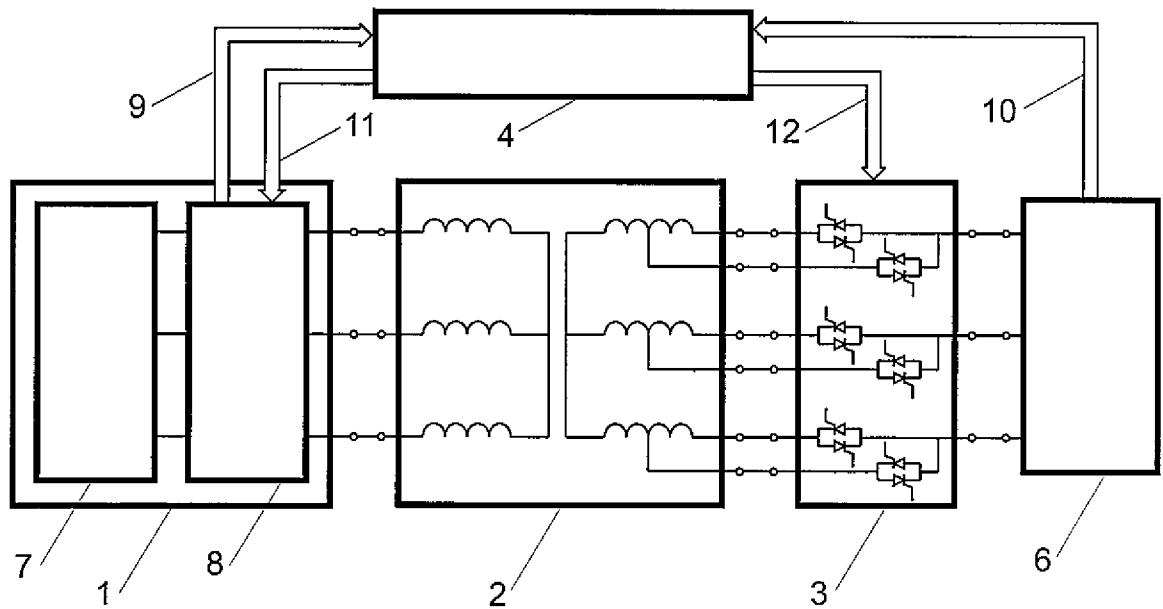


FIG. 1

FIG. 2



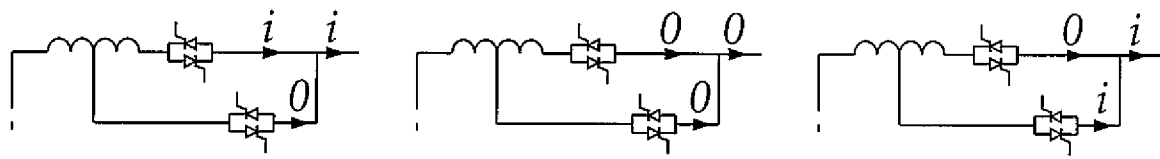


FIG. 3

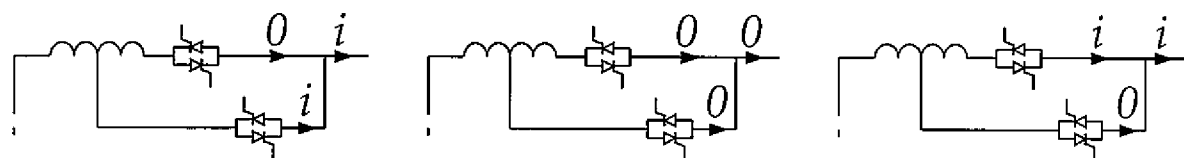
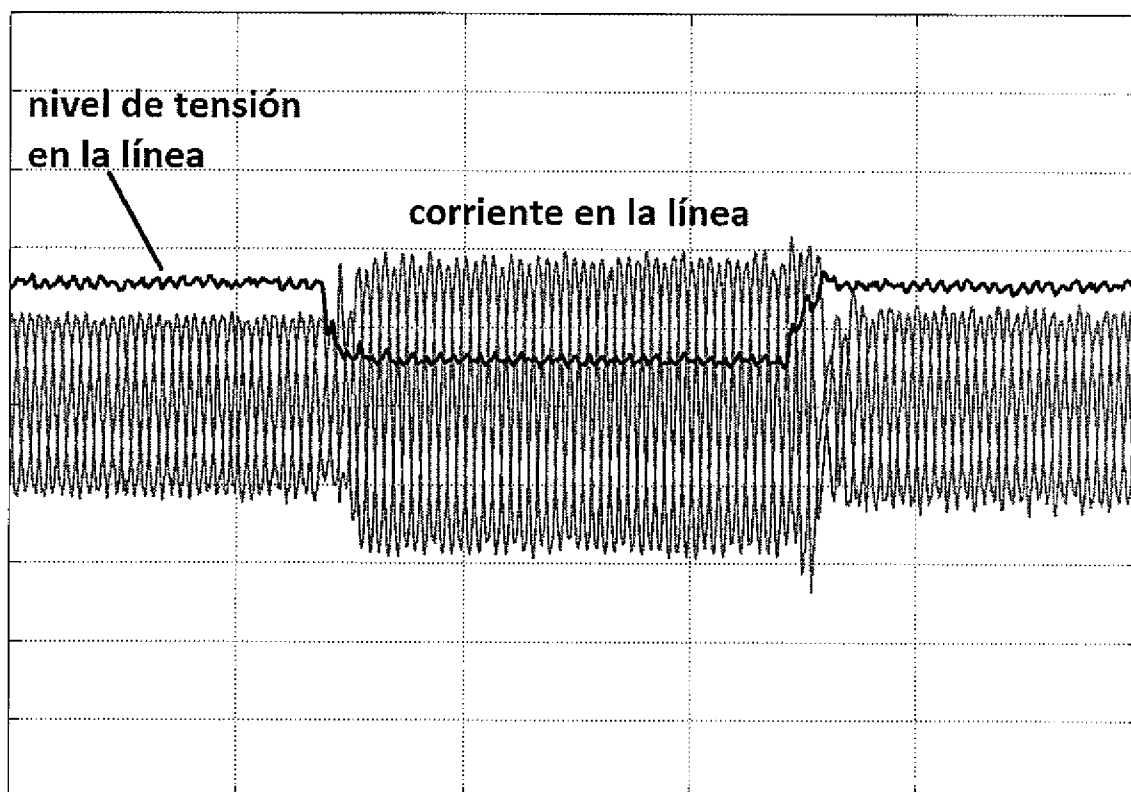


FIG. 4

3 / 3

FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2012/070332

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M7/48 (2007.01)

H02J3/38 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M, H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES, XPI3E

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5892664 A (VEDDER DIETRICH) 06.04.1999, column 3, line 55- column 5, line 45; column 8-line 4- column 9, line 20; Abstract; figures 1 and 2.	1-6,9-16,19-20
Y		8,18
A		7,17
Y	01.03.2007, RODOLFO ECHAVARRIA; ABRAHAM CLAUDIO; MARIA COTOROGE., Analysis, Design, and Implementation of a Fast On-Load Tap Changing Regulator. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US. 01.03.2007. Vol 22, Nr 2. Pg 527-534. ISSN 0885-8993	8,18
A		1-7,9-17,19-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03/09/2012

Date of mailing of the international search report
(10/09/2012)

Name and mailing address of the ISA/

Authorized officer
L. García Aparicio

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Facsimile No.: 91 349 53 04

Telephone No. 91 3493057

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2012/070332

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Jose M Lozano; Juan M Ramirez; Rosa Elvira Correa. A novel Dynamic Voltage Restorer based on matrix converters. Modern Electric Power Systems (MEPS) 2010 Proceedings of the International Symposium, IEEE. 20.09.2010. Pg 1-7. ISBN 978-83-921315-7-1 ; ISBN 83-921315-7-6	1-20
A	04.12.2000, TOH C W; LOCK C S; CHEN S; CHOI S S. A voltage quality improvement solution using step dynamic voltage regulator. 04.12.2000. Power System Technology, 2000. Proceedings. PowerCon 2000. International Conference on 4-7 December 2000 Piscataway, NJ, USA, IEEE. 04.12.2000. Pg. 983 – 988. ISBN 978-0-7803-6338-0 ; ISBN 0-7803-6338-8	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2012/070332

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US5892664 A	06.04.1999	NONE	

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2012/070332

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

H02M7/48 (2007.01)

H02J3/38 (2006.01)

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H02M, H02J

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

EPODOC, INVENES, XPI3E

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	US 5892664 A (VEDDER DIETRICH) 06.04.1999, Columna 3, línea 55- Columna 5, línea 45; Columna 8-línea 4- Columna 9, línea 20; Resumen; figuras 1 y 2.	1-6,9-16,19-20
Y		8,18
A		7,17
Y	01.03.2007, RODOLFO ECHAVARRIA; ABRAHAM CLAUDIO; MARIA COTOROGE., Analysis, Design, and Implementation of a Fast On-Load Tap Changing Regulator. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US. 01.03.2007. Vol 22, Nr 2. Pg 527-534. ISSN 0885-8993	8,18
A		1-7,9-17,19-20

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T"	documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&"	documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.		
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.		

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.
03/09/2012

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
10 de septiembre de 2012 (10/09/2012)

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado
L. García Aparicio
Nº de teléfono 91 3493057

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2012/070332

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	Jose M Lozano; Juan M Ramirez; Rosa Elvira Correa. A novel Dynamic Voltage Restorer based on matrix converters. Modern Electric Power Systems (MEPS) 2010 Proceedings of the International Symposium, IEEE. 20.09.2010. Pg 1-7. ISBN 978-83-921315-7-1 ; ISBN 83-921315-7-6	1-20
A	04.12.2000, TOH C W; LOCK C S; CHEN S; CHOI S S. A voltage quality improvement solution using step dynamic voltage regulator. 04.12.2000. Power System Technology, 2000. Proceedings. PowerCon 2000. International Conference on 4-7 December 2000 Piscataway, NJ, USA,IEEE. 04.12.2000. Pg. 983 – 988. ISBN 978-0-7803-6338-0 ; ISBN 0-7803-6338-8	1

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional n°

PCT/ES2012/070332

Informaciónes relativas a los miembros de familias de patentes			
Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
US5892664 A	06.04.1999	NINGUNO	