



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

**ESPAÑA** 



①Número de publicación: 2 638 718

21) Número de solicitud: 201600320

(51) Int. Cl.:

**H02M 5/40** (2006.01) **H02J 3/24** (2006.01) **H02M 1/14** (2006.01)

(12)

# SOLICITUD DE PATENTE

Α1

(22) Fecha de presentación:

21.04.2016

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

23.10.2017

71 Solicitantes:

GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L. (100.0%)
Parque Tecnológico de Rizkaia, Edificio 100

Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 100 48170 Zamudio (Bizkaia) ES

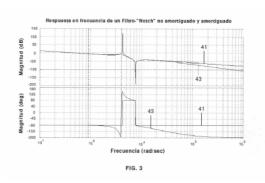
(72) Inventor/es:

MAYOR MIGUEL, Alvar Gonzalo; RIZO MORENTE, Mario y AGUDO ARAQUE, Andrés

(54) Título: Un sistema de conversión de energía trifásica de media tensión para acoplar una fuente de energía a una red de suministro eléctrico

(57) Resumen:

Un sistema de conversión de energía trifásica de media tensión para acoplar una fuente de energía a una red de suministro eléctrico. Comprende un convertidor de potencia (51) y un Filtro-"Notch" (53). El sistema de control de conmutación (67) del inversor (65) del convertidor de potencia (51) se basa en patrones SHE-PWM. El Filtro-"Notch" (53) está dispuesto para atenuar la frecuencia del primer armónico que el sistema de control de conmutación (67) del inversor (65) no puede atenuar y configurado con medios de amortiguación capaces de suavizar la frecuencia de resonancia sin afectar a la frecuencia "notch".



# **DESCRIPCIÓN**

Un sistema de conversión de energía trifásica de media tensión para acoplar una fuente de energía a una red de suministro eléctrico.

5

# Campo de la invención

La invención se refiere a sistemas de conversión de energía para acoplar fuentes de energía, en particular fuentes de energía renovable, a redes de suministro eléctrico.

10

15

# Antecedentes de la invención

Los sistemas convencionales de conversión de energía para acoplar fuentes de energía renovable a redes de suministro eléctrico han sido sistemas de conversión de potencia de baja tensión (BT), de menos de 1000 V. Sin embargo, particularmente en el campo de la energía eólica y para ciertos tipos de aerogeneradores, serian deseables sistemas de conversión de energía de media tensión (MT), de más de 1000 V, para mejorar su eficiencia, ya que se necesita menos corriente para obtener el mismo nivel de potencia.

20

La mitigación de armónicos en la frecuencia de conmutación en los sistemas de conversión de energía es un índice de rendimiento importante con el fin de cumplir las normas IEEE 1.547,2-2008 y 519-1.992. En inversores conectados a redes MT se requieren frecuencias de conmutación bajas (por lo general inferiores a 1.000 Hz) y resulta más difícil cumplir dichas normas que en inversores conectados a redes BT.

25

La invención está orientada a la solución de este problema.

# Breve descripción de la invención

•

La invención proporciona un sistema de conversión de energía trifásica MT para acoplar una fuente de energía a una red de suministro eléctrico, que comprende:

35

a) un convertidor de potencia con un sistema de control de conmutación basado en patrones de Eliminación Selectiva de Armónicos-Modulación por Ancho de Pulsos (SHE-PWM, iniciales de "Selective Harmonic Elimination-Pulse-Width Modulation").

b) un Filtro-"Notch" dispuesto para atenuar la frecuencia del primer armónico que el sistema de control de conmutación no puede atenuar y configurado con medios de amortiguación capaces de suavizar la frecuencia de resonancia sin afectar a la frecuencia "notch".

40

La combinación de estas características permite que la mitigación de armónicos en la frecuencia de conmutación del sistema de conversión de energía cumpla con las normas de la IEEE 1547,2-2008 y 519-1.992.

45

50

Con los patrones SHE-PWM se elige el número de transiciones de conmutación dentro del primer cuarto de ciclo del periodo fundamental para que sean X ángulos. Como sugiere la teoría de SHE, esto permite controlar el componente fundamental en el nivel requerido y la eliminación de los primeros X-1 armónicos impares no-triples de orden bajo. El Filtro-"Notch" está dispuesto a la frecuencia deseada, normalmente a la frecuencia de los primeros armónicos que SHE no puede eliminar/atenuar. Para suavizar su frecuencia de resonancia sin afectar a la frecuencia "notch", el Filtro-"Notch" está configurado con un amortiguador RC paralelo que está en paralelo con la rama "notch".

# ES 2 638 718 A1

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de la invención y de las reivindicaciones adjuntas en relación con las figuras que se acompañan.

#### 5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1a es un diagrama de bloques de un sistema de conversión de energía trifásica BT típico para el acoplamiento de una fuente de energía a una red de suministro eléctrico y la Figura 1b es un diagrama de bloques de un sistema de conversión de energía trifásica MT para el acoplamiento de una fuente de energía a una red de suministro eléctrico de acuerdo con la invención.

La Figura 2 muestra un patrón SHE-PWM con varios ángulos de conmutación para una eliminación selectiva de armónicos.

La Figura 3 ilustra la respuesta en frecuencia de un sistema de conversión de energía con un Filtro--Notch" no-amortiguado y amortiguado.

La Figura 4 ilustra la respuesta en frecuencia de un sistema de conversión de energía con un Filtro-"Notch" amortiquado para diferentes inductancias de red. 20

# Descripción detallada de la invención

Como se muestra en la Fig. 1 a un sistema típico de conversión de energía trifásica BT 25 13 que acopla una fuente de energía 11, tal como un aerogenerador, a una red de suministro eléctrico 15 comprende un convertidor de potencia 21, un Filtro LC o LCL 23 y un transformador 25.

El convertidor de potencia 21 comprende un rectificador 31 acoplado a la fuente de 30 energía 11, un Enlace OC 33 y un inversor 35. El sistema de control de conmutación 37 del inversor 35 se basa en técnicas PWM y el Filtro LC o LCL 23 está configurado para una alta atenuación armónica.

Una disposición similar para un sistema de conversión de energía trifásica MT implicaría 35 por lo menos dos problemas:

- Las técnicas clásicas de control del inversor tales como como la Modulación por Ancho de Pulsos (PWM) presentan varios problemas técnicos en operaciones con baja frecuencia de conmutación.
- El método pasivo típico de amortiguación de un Filtro-"Notch", es decir la inserción de una resistencia en serie con la rama del condensador, produce pérdidas adicionales de potencia y la alta atenuación de la frecuencia resulta ser ineficaz, ya que se amortiguan tanto la frecuencia "notch" como la frecuencia de resonancia.

Un sistema de conversión de potencia trifásico MT 43 para el acoplamiento de una fuente de energía 11 a una red de suministro eléctrico 15 que soluciona dichos problemas se muestra en la Figura 1b y comprende un convertidor de potencia 51, un Filtro-"Notch" 53 (operando, por ejemplo, a 3,3Kv) y, si es necesario, un transformador 25 (para alcanzar el nivel de tensión de la red de suministro eléctrico 15) acoplado a los nodos de salida del Filtro-"Notch" 53.

El convertidor de potencia 51 comprende un rectificador 61 acoplado a la fuente de energía 11, un Enlace DC 63 y un inversor 65 con un sistema de control de conmutación

10

15

40

45

50

3

# ES 2 638 718 A1

67 basado en patrones SHE-PWM con el fin de evitar los armónicos de conmutación de orden bajo.

El Filtro-"Notch" 53, acoplado a los nodos de salida del inversor 65, debe estar dispuesto en torno al rango de frecuencias de los principales armónicos de conmutación para lograr una mitigación significativa de estos componentes armónicos. Con patrones SHE-PWM (ver Fig. 2) se elige el número de transiciones de conmutación dentro del primer cuarto de ciclo del periodo fundamental para que sean X ángulos.

Para sistemas de conversión de energía MT normalmente se elige un número de ángulos entre 5 y 15 (en la Figura 2 pueden ser observados siete ángulos). Como sugiere la teoría de SHE, esto permite controlar el componente fundamental en el nivel requerido y eliminar los primeros X-1 armónicos impares no-triples de orden bajo. Así pues, el Filtro-"Notch" 53 está configurado a la frecuencia deseada, normalmente la frecuencia de los primeros armónicos que SHE no puede eliminar/atenuar.

Por otro lado, el Filtro-\*Notch" 53 está configurado con un amortiguador paralelo RC que está en paralelo con la rama "notch". Esta técnica de amortiguación es, por lo tanto, capaz de suavizar la frecuencia de resonancia sin afectar a la frecuencia "notch".

En la Fig. 3, los diagramas de Bode 41, 43 muestran la respuesta en frecuencia de, respectivamente, un Filtro-"Notch" no-amortiguado y amortiguado.

En la Fig. 4, los diagramas de Bode 71, 73, 75, 77, 79, 81, 83 muestran la respuesta en frecuencia de un Filtro-"Notch" 53 amortiguado con, respectivamente, las siguientes inductancias de red: 1,00, 1,05, 1,10, 1,15, 1,20, 1,25, 1,30 p.u.

En la Figura 3 y en la Figura 4, se puede observar que la frecuencia "notch" se vuelve más eficaz (más profunda) y la frecuencia de resonancia tiende a desaparecer (más atenuada) con los medios de amortiguación de la invención para el Filtro-"Notch" 53.

Como se muestra en la Figura 4, un Filtro-"Notch" 53 que tiene los medios de amortiguación antes mencionados es bastante inmune a las variaciones de impedancia de la red en comparación con otros filtros de red.

Aunque se ha descrito la presente invención en conexión con varias realizaciones, puede apreciarse a partir de la descripción que pueden hacerse varias combinaciones de elementos, variaciones o mejoras en ellas y que están dentro del alcance de la invención definido en las reivindicaciones adjuntas.

40

35

30

5

20

# ES 2 638 718 A1

# **REIVINDICACIONES**

- 1. Un sistema de conversión de energía trifásica MT (43) para acoplar una fuente de energía (11) a una red de suministro eléctrico (15) que comprende:
- un convertidor de potencia (51) que comprende un rectificador (61) acoplado a la fuente de energía (11), un Enlace-OC (63) y un inversor (65):
- un Filtro-"Notch" (53) acoplado a los nodos de salida del inversor (65);

# caracterizado porque:

- el sistema de control de conmutación (67) del inversor (65) está basado en patrones SHE-PWM;
- 15 - el Filtro-Notch" (53) está dispuesto para atenuar la frecuencia del primer armónico que el sistema de control de conmutación (67) del inversor (65) no puede atenuar y configurado con medios de amortiguación capaces de suavizar la frecuencia de resonancia sin afectar a la frecuencia "notch".
- 2. Un sistema de conversión de energía trifásica MT (43) según la reivindicación 1, en el que el número de transiciones de conmutación de los patrones SHE-PWM dentro del primer cuarto de ciclo del período fundamental se establece en X ángulos, estando X comprendido entre 5-15.
  - 3. Un sistema de conversión de energía trifásica MT (43) según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que dichos medios de amortiquación son un amortiquador paralelo RC que está en paralelo con la rama "notch".
- 30 4. Un sistema de conversión de energía trifásica MT (43) según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que también comprende un transformador (25) acoplado a los nodos de salida del Filtro-"Notch" (53).
- 5. Un sistema de conversión de energía trifásica MT (43) según cualquiera de las 35 reivindicaciones 1-4, en el que la fuente de energía (11) es un aerogenerador.

5

5

10

20

25

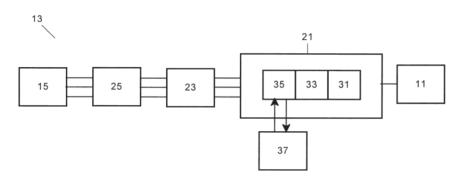


FIG. 1a

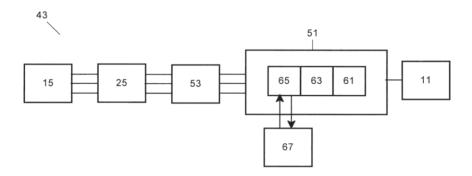


FIG. 1b

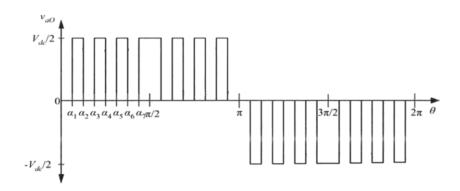


FIG. 2

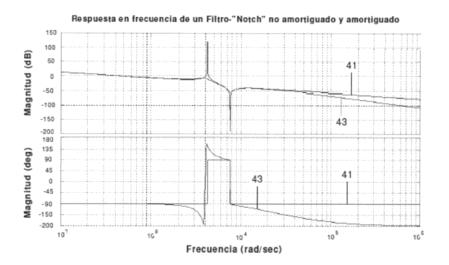


FIG. 3



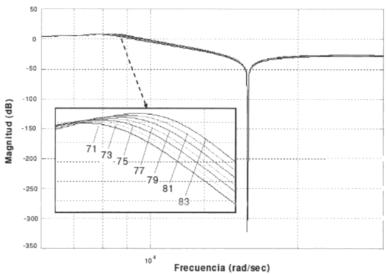


FIG. 4



(21) N.º solicitud: 201600320

22 Fecha de presentación de la solicitud: 21.04.2016

32 Fecha de prioridad:

# INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤ Int. Cl.:	Ver Hoja Adicional		

# **DOCUMENTOS RELEVANTES**

Categoría	Documentos citados			Reivindicaciones afectadas
Х	ES 2317763 A1 (UNIV CATALUNYA POLITECNICA) 16/04/2009, descripción; figuras 1 - 5.			1-5
Α	US 2005207190 A1 (GRITTER DAVID J) 22/09/2005, Figura 1, párrafo [34].			1-5
А	US 3628057 A (MUELLER HANS) 14/12/1971, figura 2, figura 4, líneas 49 - 70.			1 y 3
A	ES 2330176 A1 (FUNDACION LAE Figura 1, reivindicación 1.	BEIN) 04/12/2009,		1
X: d Y: d r A: r	egoría de los documentos citados le particular relevancia le particular relevancia combinado con ot nisma categoría lefleja el estado de la técnica		O: referido a divulgación no escrita P: publicado entre la fecha de prioridad y la de prioridad de la solicitud E: documento anterior, pero publicado después o de presentación de la solicitud	
X	para todas las reivindicaciones		para las reivindicaciones nº:	I
Fecha	de realización del informe 13.09.2017		Examinador R. Molinera de Diego	<b>Página</b> 1/5

# INFORME DEL ESTADO DE LA TÉCNICA

Nº de solicitud: 201600320

# CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD H02M5/40 (2006.01) H02J3/24 (2006.01) H02M1/14 (2006.01) Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación) H02M, H02J Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados) INVENES, EPODOC

**OPINIÓN ESCRITA** 

Nº de solicitud: 201600320

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 13.09.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)

Reivindicaciones 1-5

Reivindicaciones NO

Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986) Reivindicaciones SI

Reivindicaciones 1-5 NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

# Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

Nº de solicitud: 201600320

#### 1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2317763 A1 (UNIV CATALUNYA POLITECNICA)	16.04.2009
D02	US 2005207190 A1 (GRITTER DAVID J)	22.09.2005
D03	US 3628057 A (MUELLER HANS)	14.12.1971
D04	ES 2330176 A1 (FUNDACION LABEIN)	04.12.2009

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

A continuación se comparan las reivindicaciones de la solicitud con el documento D01.

#### Primera reivindicación:

El documento D01 muestra un sistema de conversión de energía trifásica MT para acoplar una fuente de energía a una red de suministro eléctrico que comprende:

- un convertidor de potencia que comprende un rectificador acoplado a la fuente de energía, un Enlace-DC y un inversor;
- un Filtro acoplado a los nodos de salida del inversor; además el sistema de control de conmutación del inversor está basado en patrones PWM.

Por lo tanto la primera reivindicación presenta la siguiente diferencia respecto al documento D01:

El documento D01 no especifica el uso de un filtro "notch". El efecto técnico de este filtro es el atenuar la frecuencia del primer armónico y configurado con medios de amortiguación capaces de suavizar la frecuencia de resonancia sin afectar a la frecuencia "notch".

El problema técnico objetivo que tendría que resolver un experto en la materia sería cómo atenuar la frecuencia del primer armónico y capaz de suavizar la frecuencia de resonancia sin afectar a la frecuencia Notch.

Sin embargo, esta característica que constituye la diferencia ente la invención y el D01 es una medida considerada obvia para un experto en la materia que lleve a cabo la ejecución de la invención a partir de D01, ya que dicho elemento técnico que falta es necesario para llevar a cabo la invención y no produce ningún efecto técnico sorprendente en la invención con respecto a D01.

Para reforzar este argumento se cita con A el documento US2005207190 (párrafo 34) que justamente explica cómo funciona un filtro Notch atenuando componentes armónicas no deseables o el documento US3628057 que divulga varias alternativas de funcionamiento de un filtro de este tipo.

Por lo tanto, la inclusión de un filtro notch en el documento D01 sería evidente para un experto en la materia que quisiera atenuar la frecuencia del primer armónico que el sistema de control de conmutación del inversor no puede atenuar y configurado con medios de amortiguación capaces de suavizar la frecuencia de resonancia sin afectar a la frecuencia "notch".

Además existen multitud de documentos en este Estado de la Técnica que hacen uso de un filtro a continuación del inversor para apoyar al sistema de control de conmutación del inversor (véase también por ejemplo el documento ES2330176).

Por lo tanto, parece que el objeto de la reivindicación primera no implicaría actividad inventiva, tal y como se define en el Artículo 8 de la Ley Española de Patentes, Ley 11/1986 del 20 de Marzo.

## Segunda reivindicación:

El hecho de que el número de transiciones de conmutación de los patrones SHE-PWM estén dentro del primer cuarto de ciclo del periodo fundamental y que se establece en X ángulos, estando X comprendido entre 5-15, es una característica que simplemente es una elección de valores dentro de un rango sin que se explique ninguna modificación en el Estado de la Técnica que haga pensar en una posible actividad inventiva; parece que el llegar a esos valores y descartar otros es el resultado de un sistema de comprobación .

Por lo tanto, la segunda reivindicación no parece que implique actividad inventiva.

# Tercera reivindicación:

El utilizar una resistencia y un condensador en paralelo con la rama Notch, pertenece al conocimiento común técnico en este Estado de la Técnica, para reforzar este argumento se cita con A el documento US3628057que divulga justamente el funcionamiento de una resistencia y un condensador en paralelo con la rama Notch, previéndose el resultado en la solicitud en estudio fácilmente.

Por lo tanto, el objeto de la reivindicación tercera, no parece que implique actividad inventiva.

**OPINIÓN ESCRITA** 

Nº de solicitud: 201600320

# Cuarta reivindicación:

El disponer de un transformador en este Estado de la Técnica acoplado a la salida del filtro notch no aporta actividad inventiva a la solicitud, puesto que es una práctica habitual en redes eléctricas ( ver D01; fig. 2)

Por tanto, la cuarta reivindicación parece que tampoco implica actividad inventiva.

#### Quinta reivindicación:

La fuente de energía del documento D01 es un aerogenerador.

Por tanto, esta reivindicación parece que tampoco implica actividad inventiva.

Tal como indica el artículo 5.2.c del Reglamento 2245/1986 de ejecución de la Ley de Patentes, y con objeto de obtener una mejor comprensión de la invención, se sugiere que en fases posteriores del procedimiento se incluya en la descripción una indicación del documento D01, comentando cuál es la aportación más importante que hace al estado de la técnica. Dicha indicación no puede ampliar el objeto de la invención, tal y como fue originalmente presentada