



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 325 844**

⑫ Número de solicitud: 200700898

⑬ Int. Cl.:

F03D 9/00 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

H02K 16/04 (2006.01)

H02P 9/02 (2006.01)

H02K 19/34 (2006.01)

H02K 21/48 (2006.01)

⑭

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑮ Fecha de presentación: **30.03.2007**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **21.09.2009**

⑰ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
21.09.2009

⑱ Solicitante/s:
GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.
Polígono Industrial Los Agustinos - c/ A, s/n
31013 Pamplona, Navarra, ES

⑲ Inventor/es: **Andresen, Björn**

⑳ Agente: **Carpintero López, Francisco**

㉑ Título: **Generador para turbina eólica con bobinados independientes.**

㉒ Resumen:

Generador para turbina eólica con bobinados independientes que comprende, un sistema convertidor para acoplar un generador (1) de una turbina eólica a una red, sistema convertidor que comprende N1 módulos de convertidor (10) conectados en paralelo, en el que $N1 > 1$, cada uno de dichos N1 módulos convertidores (10) está conectado a un conjunto separado de bobinados (20) de generador, existiendo N2 conjuntos de bobinados de generador y $N1 = N2$, de manera que el generador comprende tantos conjuntos de bobinados (20) como módulos convertidores (10), y cada uno de dichos N2 conjuntos de bobinados se coloca en una sección limitada del estator de la turbina eólica.

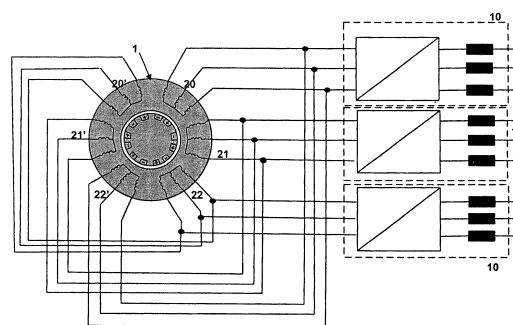


FIG. 2

ES 2 325 844 A1

DESCRIPCIÓN

Generador para turbina eólica con bobinados independientes.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se encuentra en el campo de las turbinas eólicas y su acoplamiento a la red eléctrica mediante el sistema de accionamiento eléctrico correspondiente; más específicamente, se refiere a un sistema de accionamiento eléctrico, convertidor y generador, para conectar la turbina eólica a la red eléctrica. También se refiere al diseño de las
10 disposiciones de bobinado en el generador en conexión con un sistema convertidor de este tipo.

Antecedentes de la invención

El rotor o álabes de turbinas eólicas están conectados directa o indirectamente mediante una caja de cambios a un
15 generador AC, que a su vez está conectado con la red, normalmente mediante un transformador elevador. Por ejemplo, en turbinas eólicas grandes, por encima de 100-150 kW, el voltaje (tensión) generado por la turbina se encuentra normalmente entre 400 a 1000 V AC trifásica; la corriente se envía posteriormente a través del transformador elevador para elevar el voltaje a aproximadamente entre 10 y 36 kV, en función de la norma en la red eléctrica local.

20 Cuando el generador AC es parte de una turbina eólica con velocidad de rotor variable, dicho generador AC se conecta a la red eléctrica a través de un convertidor electrónico de energía.

La patente estadounidense US-7042110-B2 da a conocer una turbina eólica con velocidad variable que emplea un rotor conectado a una multiplicidad de generadores síncronos con campo bobinado o rotores de imanes permanentes.
25 Un rectificador pasivo y un inversor se emplean para transferir energía de vuelta a la red. Una unidad de control de turbina (TCU, *turbine control unit*) ordena un par de torsión de generador necesario basado en potencia disponible y velocidad de rotor de los inversores de turbina. El par de torsión se controla regulando la corriente continua DC mediante el control del inversor.

30 Todas las unidades de convertidor electrónico de potencia están interconectadas, y también tiene una conexión común con el generador, presentando solamente un conjunto de bobinados para todas las unidades de convertidor. Esto implica un problema con respecto a las corrientes de circulación que fluyen entre las unidades de convertidor, y una pérdida subsiguiente de energía entre las unidades de convertidor. Es decir, estas unidades de convertidor están produciendo corrientes de circulación en el camino a tierra y en el sistema convertidor, debido al circuito de enlace DC
35 flotante en el sistema convertidor de fuente de voltaje. Por tanto, el tamaño del sistema convertidor ha de aumentarse para manejar estas corrientes de circulación adicionales.

En el caso de un falta en un convertidor, dicha falta afectará y destruirá quizá el resto del sistema convertidor si las unidades de convertidor están conectadas directamente (por cables) o indirectamente (magnéticamente).
40

Descripción de la invención

La invención se refiere a un sistema de accionamiento eléctrico para una turbina eólica según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas del sistema de accionamiento eléctrico.
45

La invención se refiere a un sistema de accionamiento eléctrico para acoplar un generador de una turbina eólica a una red, que comprende un sistema de convertidor que a su vez comprende N1 módulos convertidores conectados en paralelo, en el que $N1 > 1$; según un primer aspecto de la invención, dichos dos o más módulos convertidores están conectados en cada caso en un conjunto independiente de bobinados o arrollamientos de generador; presentándose N2
50 conjuntos de bobinados de generador y $N1 = N2$, de manera que el generador comprende tantos conjuntos de bobinados como módulos convertidores; y cada uno de los dichos N2 conjuntos de bobinados se sitúa en una sección limitada del estator de la turbina eólica. De esta manera, cada conjunto de bobinados está desacopla magnéticamente de los otros conjuntos de bobinados.

55 Así, los dos o más módulos convertidores son totalmente independientes unos de otros, no existiendo prácticamente ningún acoplamiento magnético entre ellos, y por tanto evitando las corrientes de circulación, que es un problema en los sistemas convertidores paralelos en la técnica anterior.

Por tanto, con esta configuración modular del sistema convertidor, si uno de los módulos convertidores no funciona, no implica que el acoplamiento del generador a la red eléctrica esté caído, y la turbina eólica puede continuar
60 funcionando.

Es decir, si el sistema de accionamiento eléctrico tiene por ejemplo tres módulos convertidores, el generador tiene tres conjuntos de bobinados aislados para cada fase, y cada módulo convertidor está conectado a cada conjunto de bobinados en el generador, no existiendo ninguna conexión directa entre los módulos convertidores. Así, en el caso de
65 un generador trifásico, tendrá un total de nueve bobinados aislados. Por tanto, cada módulo convertidor está totalmente aislado de los otros módulos convertidores.

Según una realización preferida, cada conjunto de bobinados de generador se forma mediante dos o más subconjuntos de bobinados, presentando cada uno de dichos N2 conjuntos de bobinados dos pares de polos. De esta manera, existen al menos dos pares de polos por conjunto de bobinados, es decir un total de al menos $2 \times N2$ pares de polos. Por tanto, con esta disposición de bobinado con dobles pares de polos se consigue un equilibrio mecánico de las fuerzas radiales del generador. Es decir, no hay fuerzas de desequilibrio en el generador o cojinetes.

Por tanto, con la realización preferida con dobles pares de polos ($2 \times N2$) y la configuración modular del convertidor, las fuerzas se equilibran, lo que es especialmente importante si solamente están funcionando algunos de los módulos convertidores.

De esta manera, los dos o más módulos convertidores son totalmente independientes unos de otros, no existiendo acoplamiento magnético entre ellos, y reduciendo por tanto las corrientes de circulación, que es un problema en los sistemas convertidores paralelos de la técnica anterior.

Según una realización preferida de la invención, el sistema convertidor también incluye medios de conmutación para conmutar uno o más de los módulos convertidores, siendo posible de esta manera desconectar el módulo convertidor que ha fallado. Por tanto, aumenta la disponibilidad global de la turbina eólica.

Preferiblemente, cada módulo convertidor comprende un inversor de generador y un inversor de red; de esta manera, es posible incluir algoritmos de control para el convertidor de generador.

Según la presente invención, en el caso de fallo en un módulo convertidor, todo el sistema de control distribuye la demanda de energía total en los demás módulos convertidores, y limita la energía máxima a, por ejemplo, $2/3$ de la energía total (si un sistema de tres falla): $S_{tot} = ((N1-F)/N1) \times S_{max}$, siendo N1 el número de módulos convertidores y F es el número de módulos convertidores que han fallado.

Esta realización preferida consigue mejores características mecánicas en el generador resultante, junto con una mejor calidad en la potencia disponible, como ya se ha mencionado anteriormente.

Preferiblemente, el sistema de accionamiento eléctrico comprende además medios de control para habilitar/deshabilitar el funcionamiento de al menos uno de dichos N1 módulos convertidores en respuesta a un parámetro relacionado con la cantidad de energía eléctrica suministrada a la red.

Breve descripción de los dibujos

Para completar la descripción y para proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman una parte integrante de la descripción e ilustran realizaciones preferidas de la invención, que no deberían interpretarse como limitativas del alcance de la invención, sino sólo como ejemplos de cómo puede ponerse en práctica la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

La figura 1 ilustra una parte de un sistema de accionamiento eléctrico de un generador de turbina eólica según una primera realización de la invención.

La figura 2, ilustra otro posible diseño de una parte de un sistema de accionamiento eléctrico de un sistema generador de turbina eólica, incluyendo una disposición de bobinado preferida.

La figura 3 es una vista ampliada de un generador y su disposición de bobinado según la invención.

La figura 4 es un diagrama de una realización posible para un módulo convertidor mediante el cual la turbina eólica se conecta a la red.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La figura 1 muestra un generador 1 síncrono de imanes permanente PMSG (*permanent magnet synchronous generator*) con tres fases, que genera la energía eléctrica de salida o la entrada del par de torsión, presentando el generador tres conjuntos de bobinados 20, 21, 22, conectados respectivamente de manera independiente a uno de tres convertidores 10 4Q paralelos que forman un sistema convertidor que está directamente acoplado a la red principal.

El generador también puede ser un generador síncrono, un generador síncrono sin escobillas o un generador asíncrono.

Cada módulo convertidor 10 está conectado de manera separada a un conjunto de bobinados en el generador 20, 21, 22, y cada conjunto de bobinados de generador se desacopla magnéticamente de los demás. Para garantizar este desacoplamiento, cada conjunto de bobinados se coloca en sus propias ranuras del generador (por motivos de claridad, no se han representado las ranuras en el dibujo).

En la realización preferida mostrada en la figura 2, el generador 1' se conecta a tres módulos convertidores 10 conectados en paralelo, presentando cada uno dos secciones para igualar las fuerzas, es decir, hay un total de seis

ES 2 325 844 A1

secciones. Cada conjunto de bobinados en el generador 1' está dispuesto en dos sectores enfrentados del generador formando dos subconjuntos de bobinados 20- 22', 21-21' y 22-20', y cada subconjunto de bobinados tiene un par de polos 30 para garantizar que las fuerzas magnéticas se igualan, especialmente en operaciones en los que solamente algunos de los módulos de convertidor están funcionando.

La figura 3 es una vista ampliada de la realización preferida del generador 1' (mostrado en la figura 2) y su disposición de bobinado según la invención.

Tal como se muestra individualmente en la figura 4, en cualquier caso, cada módulo convertidor 10 comprende un inversor de generador 11 y un inversor de red 12.

Los inversores de generador convierten las corrientes (energía) de generador CA del voltaje y frecuencia de generador real a una corriente CC (energía). Para mantener estable el voltaje de enlace CC, diversos condensadores 13 se conectan en paralelo. Los inversores de generador pueden ser un convertidor activo o pasivo.

La energía del generador se transmite a la red mediante el inversor 12 de red, que convierte el voltaje CC a un voltaje y frecuencia fijos; el voltaje y frecuencia de red. Mediante el control del voltaje de enlace CC del sistema convertidor el inversor de red controla el flujo de energía hacia el enlace CC, y también la demanda de energía reactiva desde la turbina eólica.

Los convertidores de red están conectados a un transformador reductor 14 de red respectivo (la inductancia de arranque para el inversor de red).

El sistema convertidor puede conectarse a la red mediante un transformador que transforma el nivel de voltaje principal de 10 a 36 KV al sistema de bajo voltaje en la turbina eólica, que es normalmente de 690 V.

Un conmutador separa la turbina eólica de la red, y protege la turbina eólica en el caso de un cortocircuito en el transformador.

Algunas de las ventajas de este sistema son que la eficiencia del generador siempre es muy alta, y también que el sistema puede continuar proporcionando, por ejemplo, dos/tercios de la energía nominal si uno de los tres convertidores 4Q tiene una falta.

Una desventaja de este sistema es que toda la energía nominal ha de manejarse por los convertidores 4Q, y las pérdidas de convertidor son por tanto relativamente altas. La fiabilidad de un convertidor individual es relativamente baja, por tanto, es una ventaja conectar más módulos convertidores en paralelo.

Tal como se indica anteriormente, la presente invención se refiere a un sistema de accionamiento eléctrico para una turbina eólica y a una disposición de bobinado para un generador de la misma. Ha de entenderse que la descripción anterior es un ejemplo de los principios de la invención y no limita la invención a las realizaciones ilustradas.

REIVINDICACIONES

1. Generador para turbina eólica con bobinados independientes, que comprende un sistema convertidor para acoplarse a una red, sistema convertidor que comprende N1 módulos convertidores (10) conectados en paralelo, en el que N1>1, **caracterizado** porque

cada uno de dichos N1 módulos convertidores (10) está conectado a un conjunto separado de bobinados (20) de generador, existiendo N2 conjuntos de bobinados de generador y N1=N2, de manera que el generador comprende tantos conjuntos de bobinados (20) como módulos convertidores (10),

y cada uno de dichos N2 conjuntos de bobinados se coloca en una sección limitada del estator de la turbina eólica.

2. Generador según la reivindicación 1, **caracterizado** porque cada conjunto de bobinados de generador se ubica en dos sectores enfrentados del generador formando dos o más subconjuntos de bobinados (20, 22; 20', 22'; 21, 21'), presentando cada uno de dichos N2 conjuntos de bobinados al menos dos pares de polos (30).

3. Generador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado** porque comprende adicionalmente medios de conmutación para conmutar uno o más de los N1 módulos convertidores.

4. Generador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado** porque cada módulo convertidor (10) comprende un inversor de generador (11) y un inversor de red (12).

5. Generador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado** porque comprende adicionalmente medios de control para habilitar/deshabilitar el funcionamiento de al menos uno de dichos N1 módulos convertidores en respuesta a un parámetro relacionado con la cantidad de energía eléctrica suministrada a la red.

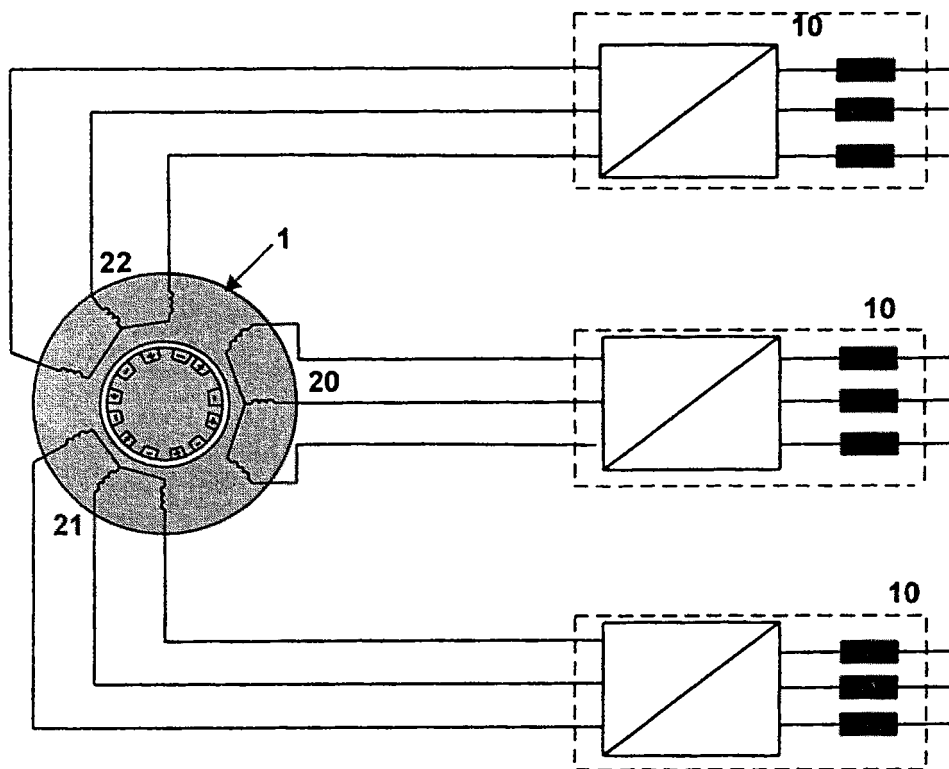


FIG. 1

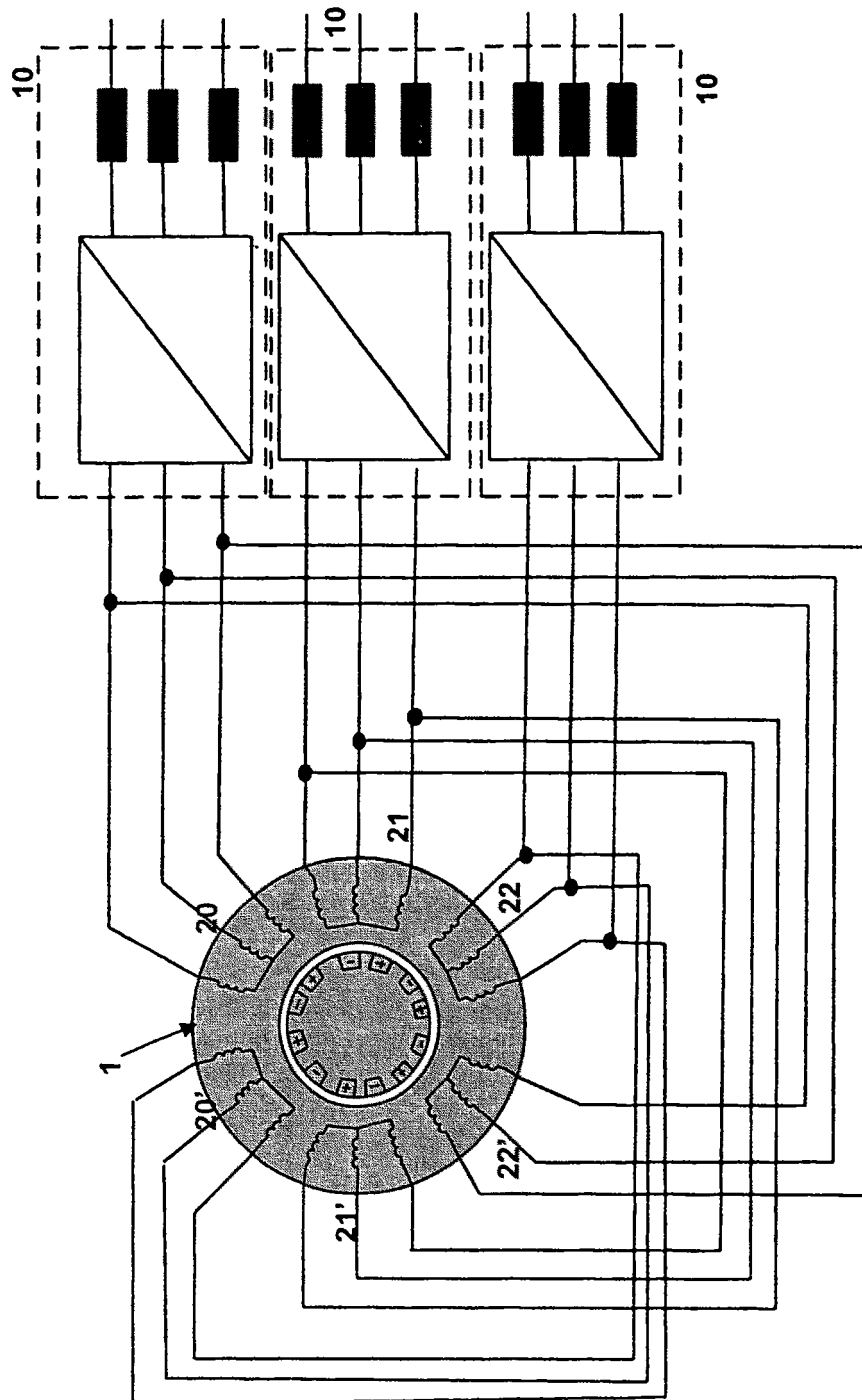


FIG. 2

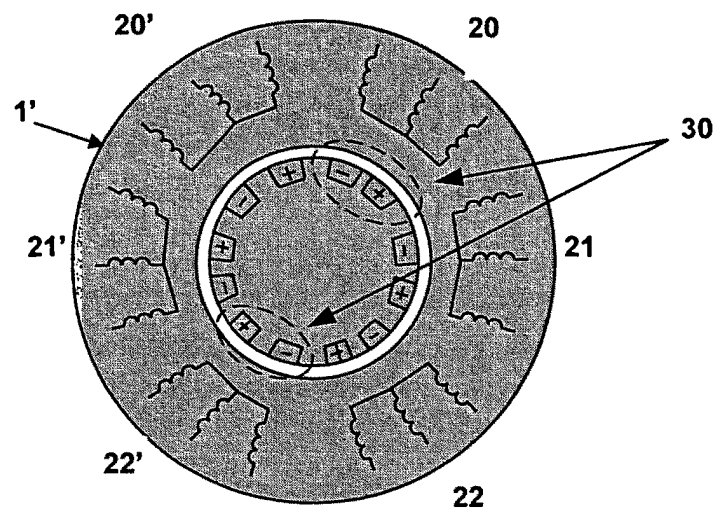


FIG. 3

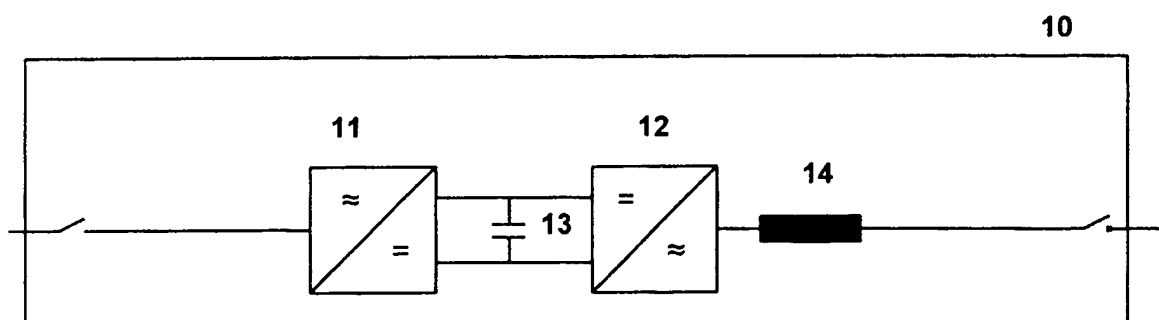


FIG. 4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 325 844

⑫ Nº de solicitud: 200700898

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: **30.03.2007**

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2006103137 A1 (WOB BEN, A.) 18.05.2006, figura 2, párrafo [20]; párrafos [37-38]; párrafo [49];	1-5
X	US 4550267 A (VAIDYA) 29.10.1985, figuras 1, 2 y 6; col. 2, líns. 9-18; col. 4, líns. 58-60;	1-5

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

07.09.2009

Examinador

P. Valbuena Vázquez

Página

1/2

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

F03D 9/00 (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)
H02K 16/04 (2006.01)
H02P 9/02 (2006.01)
H02K 19/34 (2006.01)
H02K 21/48 (2006.01)