



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 351 901**

⑫ Número de solicitud: 200803132

⑬ Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

H02P 9/42 (2006.01)

H02P 3/22 (2006.01)

H02K 17/42 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02P 3/22 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **03.11.2008**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **14.02.2011**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
14.02.2011

⑰ Solicitante/s: **INGETEAM ENERGY, S.A.**
Avda. Ciudad de la Innovación, nº 13
31621 Sarriguren, Navarra, ES

⑱ Inventor/es: **Sole López, David;**
Simón Segura, Susana;
Pérez Barbachano, Javier;
Mayor Lusarreta, Jesús;
Acedo Sánchez, Jorge;
Olea Oregi, Eneko;
Carcar Mayor, Ainhoa;
Garmendia Olarreaga, Iker;
Calvo Madariaga, Xabier;
Elorriaga Llanos, Josu y
Aurtenetxea Larrinaga, Sergio

⑲ Agente: **Ungría López, Javier**

⑳ Título: **Método y sistema para operar un aerogenerador.**

㉑ Resumen:

Método y sistema para operar un aerogenerador.

La presente invención se aplica a turbinas eólicas equipadas con generadores asíncronos doblemente alimentados y con al menos un convertidor de potencia con la novedad de que permite, bajo determinadas circunstancias, la operación de la turbina como un sistema FC, como DFIG o como Asíncrono (AS), lo que redundará en una mayor disponibilidad de la turbina.

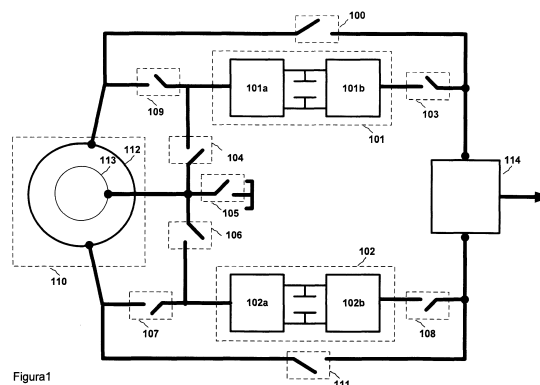


Figura1

ES 2 351 901 A1

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para operar un aerogenerador.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención se aplica a turbinas eólicas equipadas con generadores asíncronos doblemente alimentados y con al menos un convertidor de potencia con la novedad de que permite, bajo determinadas circunstancias, la operación de la turbina como un sistema Full Converter (FC), como doblemente alimentado (DFIG) o como asíncrono (AS), lo que redundará en una mayor disponibilidad de la turbina.

Antecedentes de la invención

En los inicios de la energía eólica, la mayor parte de las turbinas eólicas estaban equipadas con generadores asíncronos de jaula de ardilla. Estas turbinas funcionaban a velocidad de giro prácticamente constante, lo que implicaba menor eficiencia en la conversión de la energía del viento y mayores esfuerzos mecánicos en el aerogenerador. En la década de los 90 aparecieron las turbinas eólicas de velocidad variable que están equipadas con generadores asíncronos de rotor bobinado cuyo rotor está alimentado a través de un convertidor de potencia, a este tipo de sistema (entendiendo por sistema el conjunto de generador, convertidor de potencia y elementos de maniobra), se le conoce como doblemente alimentado (DFIG - Doubly Fed Induction Generator), ya que precisan de un convertidor de potencia encargado de gestionar la energía de los devanados rotóricos. Este sistema presenta la ventaja de mayor eficiencia energética y menores esfuerzos mecánicos por lo que se ha convertido en uno de los sistemas dominantes.

Con el mismo objetivo aparecieron las turbinas eólicas de velocidad variable con generadores aislados de la red mediante un convertidor de potencia conectado al estátor del generador, que permite entregar a la red la potencia generada por la turbina. A este tipo de sistema se le conoce como Full Converter (FC), ya que precisan de un convertidor de potencia encargado de gestionar la energía de los devanados estatísticos.

A medida que la capacidad eólica instalada y la potencia unitaria de las turbinas eólicas aumenta, se hace más importante asegurar la disponibilidad y fiabilidad de este tipo de generación eléctrica.

La presente invención se aplica a turbinas eólicas equipadas con generadores asíncronos doblemente alimentados y con al menos un convertidor de potencia con la novedad de que permite, bajo determinadas circunstancias, la operación de la turbina como un sistema FC, como DFIG o como Asíncrono (AS), lo que redundará en una mayor disponibilidad de la turbina.

Adicionalmente la naturaleza inherentemente distribuida de la energía eólica provoca que no siempre se puedan asegurar tiempos de reacción y reparación de anomalías, tan breves como sería deseable. Este caso se pone especialmente de manifiesto en las turbinas eólicas marinas (offshore) en las que por distintas causas la accesibilidad puede verse reducida.

La presente invención soluciona la problemática anterior al proporcionar tolerancia ante anomalías en el convertidor de potencia y otros componentes del sistema de forma que permite una selección entre los modos de operación FC, DFIG o AS.

En el estado del arte actual encontramos invenciones cuya finalidad es evitar la pérdida de disponibilidad en las turbinas eólicas debida a fallos de funcionamiento en los componentes del sistema, o protegerlos cuando puedan llegar a producirse condiciones críticas de funcionamiento en las que peligre la integridad de los propios componentes (por ejemplo, del convertidor de potencia).

La solicitud de patente US20060214428A1 (Jens Altemark, *et al.*, Repower Systems AG) describe un método para conectar en paralelo convertidores de potencia de manera que ante un fallo de uno de ellos los demás puedan seguir funcionando evitando así la parada de la turbina eólica, funcionando siempre en modo DFIG.

La solicitud de patente EP1768223A2 (José I. Llorente, *et al.*, Gamesa Innovation & Technology, S.L. Unipersonal) describe una topología de convertidores de potencia colocados en paralelo y que atacan a diferentes bobinados del generador cuyo objeto es aumentar la eficiencia de la conversión y tolerar el fallo de alguno de los convertidores de potencia funcionando siempre en modo FC, de este modo, si uno de los convertidores falla se sigue generando potencia pero nunca se alcanzará la potencia nominal.

La solicitud de patente US20060227578A1 (Rajib Data, *et al.*, General Electric Company) describe una pluralidad de convertidores colocados en paralelo y cuya salida se compone de un transformador con varios devanados conectados en serie. Esta propuesta, al igual que las anteriores, aumenta la tolerancia ante fallos del convertidor mediante el empleo de una pluralidad de convertidores.

La solicitud de patente US20070024059A1 (John Douglas D'Atre, *et al.* General Electric Company) describe la posibilidad de activar los semiconductores del convertidor de potencia en un modo de cortocircuito, de forma que se impide el paso de energía a través del convertidor evitando, por ejemplo, un flujo excesivo de potencia que pudiera

llegar a dañarlo. No obstante, no permite la operación de la turbina en caso de no tener operativo el convertidor. Dicha situación puede producirse por ejemplo si fallan los semiconductores de la electrónica de potencia o si falla la electrónica de control del convertidor.

5 La patente US7012409B2 (SEMIKRON) describe un sistema en el que a través de un convertidor de potencia auxiliar es posible, ante contingencias de la red, controlar la potencia reactiva aportada y consumida de la red.

La solicitud de patente WO2008/026973A1 (Gertmar *et al.*, ABB) describe un método de operación en el que el generador asíncrono se conecta directamente a la red, o a través de un convertidor de potencia, con el objetivo de optimizar la producción para diferentes velocidades de giro.

Actualmente, aquellos fallos en el aerogenerador que provocan un comportamiento anómalo del convertidor de potencia implican la pérdida, total o parcial, de generación de energía hasta que sea solventado el fallo.

15 La presente invención evita colocar convertidores de potencia redundantes, y asegura modos de operación alternativos para seguir generando hasta el 100% de la potencia nominal.

Descripción de la invención

20 Para conseguir los objetivos y resolver los inconvenientes anteriormente indicados, la invención consiste en un nuevo sistema de generación eléctrica diseñado de tal manera que permite el cambio entre los modos de operación FC, DFIG, y AS, permitiendo, en una realización preferida, funcionar hasta el 100 por 100 de la potencia nominal en alguno de los diferentes modos de operación en que puede funcionar sin que éste tenga elementos redundantes.

25 Se entiende por potencia nominal, la potencia característica máxima de cada uno de los modos de operación (FC - DFIG - AS).

Además son conocidos los siguientes modos de operación:

30 - modo de operación FC, en el que se cortocircuita el bobinado del rotor del generador y el estátor se conecta a la red a través de al menos un convertidor de potencia;

- modo de operación DFIG, en el que el bobinado del rotor del generador se conecta a la red a través de al menos un convertidor de potencia y el estátor se conecta directamente a la red;

35 - modo de operación AS, en el que se cortocircuita el bobinado del rotor del generador y el estátor se conecta directamente a la red.

40 Se entiende como falta de operatividad parcial cualquier fallo de al menos un componente del sistema que impida funcionar generando el 100 por 100 de la potencia nominal en un modo de operación. La solución propuesta en esta invención permite generar hasta el 100 por 100 de la potencia nominal en al menos uno de los otros dos modos de operación.

45 En una realización preferida de la invención, las condiciones de entrada y salida a cada uno de los modos de operación son:

- falta de operatividad parcial del sistema,
- falta de operatividad total de los convertidores de potencia del sistema,
- 50 - especificación del operador de red eléctrica,
- especificación del controlador general de parque eólico,
- 55 - criterios de optimización de rendimiento.
- reserva de potencia activa requerida por el controlador de la turbina eólica,
- aumento de disponibilidad durante labores de mantenimiento,
- 60 - o cualquier combinación de las anteriores.

Adicionalmente, en función de las condiciones de entrada, la invención permite seleccionar el modo de operación que maximice la generación de potencia del aerogenerador.

65 El método de la invención precisa del empleo de los siguientes componentes: al menos un generador asíncrono de rotor bobinado con al menos un estátor eléctricamente independiente, al menos un convertidor de potencia con capacidad de controlar las corrientes rotóricas y/o estatóricas de dicho generador en amplitud, frecuencia y fase,

ES 2 351 901 A1

y un conjunto de elementos de maniobra que permitan la conexión y desconexión de los componentes anteriores. Dicho método se caracteriza porque comprende operar según un modo de operación seleccionado entre FC, DFIG y AS.

5 Se entiende por convertidor de potencia cualquier topología que emplee electrónica de potencia y el control asociado. Dichos elementos constituyen una unidad funcional encargada de controlar las magnitudes rotóricas y/o estatóricas, tales como las corrientes, de tal manera que permita entregar energía a la red eléctrica, funcionando a velocidad variable o fija. El convertidor de potencia puede ser una topología formada por uno o varios back-to-back (conversiones de AC - DC - AC reversibles, a través de un bus de continua, donde AC es corriente alterna y DC corriente continua) o
10 cualquier otra topología que realice la funcionalidad comentada.

El diseño del generador asíncrono de rotor bobinado tiene las siguientes características:

- Un estátor formado por al menos un sistema eléctricamente independiente.
- Elementos de maniobra capaces de modificar la configuración de su rotor, de manera que permiten cortocircuitarlo y aislarlo del convertidor de potencia, o conectarlo al convertidor de potencia. El cortocircuitado del rotor del generador en el modo de funcionamiento DFIG es posible realizarlo mediante el cortocircuito franco o a través de otros elementos tales como resistencias, inductancias, condensadores, tiristores, IGBTs, diodos, o
20 cualquier combinación de los elementos anteriores.

La presente invención tiene como objeto poder seleccionar y cambiar entre los tres modos de operación FC, DFIG y AS, para maximizar la potencia generada por la turbina eólica, pudiendo llegar a ser hasta del 100% de la potencia nominal en el modo de operación seleccionado incluso en condiciones de falta de operatividad parcial.

25 Para conseguir la funcionalidad comentada, el procedimiento de la invención comprende las siguientes fases:

- detectar unas condiciones de salida del modo de operación actual,
- detectar unas condiciones de entrada a al menos un modo de operación distinto del modo de operación actual,
- seleccionar el modo de operación distinto del modo de operación actual,
- funcionar en el modo de operación seleccionado, actuando sobre unos elementos de maniobra.

35 El método de operación para cambiar del modo FC al modo DFIG y una vez funcionando en DFIG, volver a pasar al modo FC, comprende las siguientes fases:

- detectar al menos una condición de salida del modo FC (p.ej. fallo parcial de algún elemento del sistema),
- desconectar, a través de la actuación de unos elementos de maniobra, el estátor del generador de los convertidores a los que esté conectado, y desconectar los convertidores de potencia de la red. Desconectar el cortocircuito de rotor (establecido en el modo de funcionamiento FC) para conectar, a través de los elementos de maniobra el rotor del generador a al menos un convertidor de potencia que no esté en situación de falta de operatividad parcial, para funcionar en modo DFIG,
- operar el generador en modo DFIG realizando las adaptaciones necesarias para permitir su acoplamiento a la red,
- conectar el estátor a la red para generar potencia,
- detectar las condiciones de entrada al modo FC y cuando se cumplan estas condiciones, actuar sobre los elementos de maniobra para desconectar el sistema de la red y proceder a la activación del modo de operación FC.

55 El método de operación para cambiar del modo FC al modo AS, y una vez funcionando en el modo AS pasar al FC o al DFIG, comprende las siguientes fases:

- detectar al menos una condición de salida del modo FC,
- desconectar, si previamente está conectado y actuando sobre unos elementos de maniobra, el estátor del generador de los convertidores a los que esté conectado y desconectar los convertidores de la red.
- operar el generador en modo AS realizando las adaptaciones necesarias para permitir su acoplamiento a la red y la generación de potencia,
- conectar el estátor a la red para generar potencia,

- detectar las condiciones de entrada al modo DFIG y cuando se cumplan estas condiciones, actuar sobre los elementos de maniobra para desconectar el sistema de la red y proceder a la activación del modo de operación DFIG, o detectar las condiciones de entrada al modo FC y cuando se cumplan estas condiciones actuar sobre los elementos de maniobra para desconectar el sistema de la red y proceder a la activación del modo de operación FC.

El método de operación para cambiar del modo DFIG al modo AS, y una vez funcionando en el modo AS pasar al FC o al DFIG, comprende las siguientes fases:

- detectar al menos una condición de salida del modo DFIG,
- desconectar, si previamente está conectado y actuando sobre unos elementos de maniobra, el estátor del generador de la red. A través de los elementos de maniobra, desconectar los convertidores de potencia del rotor del generador y de la red, para funcionar en modo AS,
- actuar sobre unos elementos de maniobra, para cortocircuitar el rotor del generador,
- operar el generador en modo AS realizando las adaptaciones necesarias para permitir su acoplamiento a la red y la generación de potencia,
- conectar el estátor a la red para generar potencia,
- detectar las condiciones de entrada al modo DFIG y cuando se cumplan estas condiciones actuar sobre los elementos de maniobra para desconectar el sistema de la red y proceder a la activación del modo de operación DFIG, o detectar las condiciones de entrada al modo FC y cuando se cumplan estas condiciones actuar sobre los elementos de maniobra para desconectar el sistema de la red y proceder a la activación del modo de operación FC.

En consecuencia, para implantar el método anterior el sistema incluye, además de los elementos necesarios para el control del aerogenerador:

- elementos de maniobra para conectar/desconectar el convertidor de potencia del estátor del generador, del rotor del generador, y de la red,
- elementos de maniobra para conectar/desconectar el estátor del generador de la red,
- elementos de maniobra para cortocircuitar el rotor del generador constituidos por una pluralidad de elementos seleccionados entre elementos activos, elementos pasivos y combinación de los mismos. Se entiende por elementos activos aquellos que se pueden maniobrar de manera automática (tales como, contactores, interruptores de estado sólido) y por elementos pasivos aquellos que no se pueden maniobrar (por ejemplo, resistencias, inductancias, capacidades).

Además de los elementos anteriores, en una realización preferida de la invención se incluyen medios convencionales para reducir el pico de corriente asociado al acoplamiento de un generador asíncrono (rotor cortocircuitado) como por ejemplo arrancadores suaves (soft starter).

El método anteriormente descrito se puede ejecutar mediante elementos de maniobra tanto dependientes como independientes del convertidor. Se entiende por elementos dependientes del convertidor la electrónica de potencia y elementos de maniobra asociados a él. Se entiende por elementos independientes del convertidor la electrónica de potencia y elementos de maniobra no asociados a él.

El método también permite la posibilidad de controlar la resistencia rotórica cortocircuitando el rotor del generador mediante el cortocircuito franco o a través de otros elementos tales como resistencias, inductancias, condensadores, tiristores, IGBTs, diodos, o cualquier combinación de los elementos anteriores.

Aquellos convertidores o componentes del convertidor no encargados del control del generador, siempre que se encuentren operativos, pueden ser utilizados para la generación de potencia reactiva.

A continuación para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompañan una serie de figuras en las que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

Breve descripción de las figuras

Figura 1.- Muestra un esquema general del sistema de acuerdo a una realización preferida de la invención.

Figura 2.- Muestra un esquema general del sistema de acuerdo a una realización preferida de la invención que incluye n convertidores de potencia.

ES 2 351 901 A1

Figura 3. - Muestra un esquema general del sistema funcionando en el modo de operación FC.

Figura 4. - Muestra un esquema general del sistema funcionando en el modo de operación DFIG.

5 Figura 5.- Muestra un esquema general del sistema funcionando en el modo de operación AS.

Figura 6.- Muestra un esquema general del sistema de acuerdo a una realización preferida de la invención donde parte de los convertidores de potencia se destinan al control del generador y otros convertidores, no encargados del control del generador, se destinan al control de potencia reactiva entregada directamente a la red.

10

Descripción de la forma de realización preferida

A continuación se realiza una descripción de la invención basada en las figuras anteriormente comentadas.

15 El método de la invención comprende operar el sistema según un modo de operación seleccionado entre FC, DFIG y AS.

El cambio del modo de operación se realiza cuando el sistema está desconectado de la red y sin generar potencia, mediante los diferentes elementos de maniobra y mediante la modificación del control del sistema eléctrico.

20

En el cambio a cualquiera de los tres modos de operación es necesario adaptar el funcionamiento de los diferentes subsistemas del aerogenerador como, por ejemplo, control de pitch, control de yaw, curva de potencia, control de convertidores de potencia, entre otros.

25 A continuación se describen las diferentes formas de actuar según el caso particular representado en la figura 1 donde el sistema comprende dos convertidores de potencia (101) y (102) y un generador (110).

En el modo de operación FC (Figura 3), se representa la turbina eólica actuando como un sistema FC por lo que el elemento de maniobra 105 deberá estar cerrado cortocircuitando el rotor (113) del generador; el rotor está eléctricamente aislado mediante los elementos de maniobra 104 y 106 abiertos. Toda la potencia del generador se evacúa a través de los elementos de maniobra 109 y 107 conectados a los convertidores de potencia. Los convertidores de potencia están conectados a la red mediante los elementos 103 y 108 (cerrados). La conexión a la red se puede realizar directamente o a través de un transformador (114).

35 En caso de fallo de uno de los convertidores de potencia (101, 102), se pasa al modo de operación DFIG (Figura 4), para funcionar en el modo DFIG. A pesar de haber habido un fallo en el sistema, con este nuevo modo de operación se puede llegar a trabajar hasta al 100% de la potencia nominal.

En caso de fallo del convertidor de potencia (101) y que no pueda ser utilizado para el control del generador, se procede al cambio de configuración del modo de operación FC al modo de operación DFIG. El proceso comienza por aislar el convertidor de potencia (101) o una parte del mismo (101a y/o 101b) en la que se ha producido un fallo abriendo los elementos de maniobra (109 y/o 103 y 104). Para funcionar como generador asíncrono doblemente alimentado se conecta el convertidor de potencia (102) al rotor (113) del generador (110), elemento de maniobra 107 abierto, elemento de maniobra 106 cerrado, y el elemento de maniobra 105 abierto para deshacer el cortocircuito del rotor del generador. Por último, para evacuar la potencia estatórica generada en el modo DFIG los elementos de maniobra (100 y 111) están cerrados. En el caso de que el convertidor de potencia (101) esté inhabilitado para el funcionamiento en el modo FC y alguno de sus componentes (101a o 101b) esté operativo, éste podrá ser utilizado para la generación de potencia reactiva. Se procede al cierre del elemento de maniobra (109) en caso de fallo de la parte 101b (estando el 101a operativo) o del cierre del elemento de maniobra (103) en caso de fallo de la parte (101a) (estando el 101b operativo).

En caso de fallo del convertidor de potencia (101) y del convertidor de potencia (102), se procede al cambio de configuración del modo de operación DFIG al modo de operación AS (Figura 5). El proceso comienza por aislar los dos convertidores de potencia en fallo (101a y/o 101b) y (102a y/o 102b), con los elementos de maniobra (104 y 106) abiertos, y los elementos de maniobra necesarios para aislar la parte del convertidor en fallo (109, 103, 107 y 108). Para funcionar como generador asíncrono directamente conectado a la red, el rotor (113) del generador (110) se cortocircuita con el elemento de maniobra (105) cerrado. Por último, para evacuar la potencia estatórica generada, los elementos de maniobra (100 y 111) están cerrados. En este caso, en el que fallan todos los convertidores de potencia, el sistema puede seguir trabajando hasta al 100% de la potencia nominal del modo de funcionamiento AS. En el caso de que alguno de los componentes de los convertidores de potencia (101a, 101b, 102a, 102b) estén operativos, éstos podrán ser utilizados para la generación de potencia reactiva. Se procede, de forma similar al caso anterior, realizando la apertura de los elementos de maniobra de los componentes en fallo y el cierre de los elementos de maniobra correspondientes a los componentes que están operativos.

65 En otra realización preferida de la invención (Figura 2), se dispone de un sistema con “n” convertidores de potencia (en la Figura 6 se particulariza para n = 6 convertidores) que permite:

1.- Seleccionar el modo de operación.

ES 2 351 901 A1

2.- Dentro del mismo modo de operación, en aquellas condiciones en las que la potencia extraíble es inferior a la potencia nominal, seleccionar los elementos que han de estar activos y no activos y la carga a la que trabajan.

3.- Dentro del mismo modo de operación, seleccionar los convertidores de potencia destinados al control del generador, y seleccionar los convertidores, o sus componentes, no encargados del control del generador, destinados a la generación de la potencia reactiva inyectada a la red directamente.

En la Figura 6 se presenta el caso particular del sistema funcionando en el modo de operación DFIG, en el que:

- los convertidores (601, 602, 603 y 606b) funcionan correctamente,
- los convertidores (604 y 605) presentan falta de operatividad parcial,
- el convertidor (606a) funciona correctamente pero se encuentra desconectado.

REIVINDICACIONES

1. Método para operar un aerogenerador que incluye al menos un generador asíncrono de rotor bobinado con al menos un estátor eléctricamente independiente; al menos un convertidor de potencia con capacidad de controlar las corrientes del generador seleccionadas entre rotóricas, estatóricas y combinación de las mismas en amplitud, frecuencia y fase; **caracterizado** porque comprende operar el sistema según un modo de operación seleccionado entre Full Converter (FC), doblemente alimentado (DFIG), y asíncrono (AS), mediante un conjunto de elementos de maniobra.
2. Método para operar un aerogenerador según reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende las siguientes fases:
 - detectar unas condiciones de salida del modo de operación actual,
 - detectar unas condiciones de entrada a al menos un modo de operación distinto del modo de operación actual,
 - seleccionar el modo de operación distinto del modo de operación actual,
 - funcionar en el modo de operación seleccionado, actuando sobre unos elementos de maniobra.
3. Método para operar un aerogenerador según reivindicación 1, **caracterizado** porque el cambio del modo de operación FC al modo de operación DFIG comprende las siguientes fases:
 - detectar al menos una condición de salida del modo FC,
 - detectar las condiciones de entrada al modo DFIG,
 - desconectar el estátor del generador de los convertidores de potencia a los que esté conectado, desconectar los convertidores de potencia de la red, desconectar el cortocircuito de rotor, y conectar el rotor del generador a al menos un convertidor de potencia que no esté en situación de falta de operatividad parcial, actuando sobre unos elementos de maniobra, para funcionar en modo DFIG,
 - operar el generador en modo DFIG realizando las adaptaciones necesarias para el modo DFIG, para acoplar el generador a la red y generar potencia,
 - conectar el estátor a la red para generar potencia,
 - detectar las condiciones de entrada al modo FC y activación de dicho modo cuando se cumplan las mismas.
4. Método para operar un aerogenerador según reivindicación 1, **caracterizado** porque el cambio del modo de operación FC a AS comprende las siguientes fases:
 - detectar al menos una condición de salida del modo FC,
 - detectar las condiciones de entrada al modo AS,
 - desconectar, el estátor del generador de los convertidores de potencia a los que esté conectado y desconectar los convertidores de potencia de la red, actuando sobre unos elementos de maniobra,
 - operar el generador en modo AS realizando las adaptaciones necesarias para el modo AS, para acoplar el generador a la red y generar potencia,
 - conectar el estátor a la red para generar potencia,
 - detectar las condiciones de entrada al modo seleccionado entre DFIG y FC, y activación del modo seleccionado cuando se cumplan las mismas.
5. Método para operar un aerogenerador según reivindicación 1, **caracterizado** porque el cambio del modo de operación DFIG a AS comprende las siguientes fases:
 - detectar al menos una condición de salida del modo DFIG,
 - detectar las condiciones de entrada al modo AS,
 - desconectar el estátor del generador de la red, desconectar los convertidores de potencia del rotor del generador y de la red, actuando sobre unos elementos de maniobra, para funcionar en modo AS,
 - cortocircuitar el rotor del generador, actuando sobre unos elementos de maniobra,

- operar el generador en modo AS realizando las adaptaciones necesarias para el modo AS, para acoplar el generador a la red y generar potencia,

- conectar el estátor a la red para generar potencia,

- detectar las condiciones de entrada al modo seleccionado entre DFIG y FC, y activación del modo seleccionado cuando se cumplan las mismas.

6. Método para operar un aerogenerador, según reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende controlar la resistencia rotórica cortocircuitando el rotor del generador.

7. Método para operar un aerogenerador, según reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende,

- seleccionar los convertidores de potencia destinados al control del generador, y

- seleccionar los convertidores de potencia, o sus componentes; que no están encargados del control del generador, y que están destinados a la generación de potencia reactiva que se inyecta directamente a la red.

8. Método para operar un aerogenerador, según reivindicación 2, **caracterizado** porque las condiciones de entrada y salida están seleccionadas entre:

- falta de operatividad parcial del sistema.

- falta de operatividad total de los convertidores de potencia del sistema,

- especificación del operador de red eléctrica,

- especificación del controlador general del parque eólico,

- criterios de optimización de rendimiento,

- reserva de potencia activa requerida por el controlador de la turbina eólica,

- aumento de disponibilidad durante labores de mantenimiento,

- cualquier combinación de las anteriores.

9. Sistema para operar un aerogenerador, que incluye al menos un generador asíncrono de rotor bobinado con al menos un estátor eléctricamente independiente; al menos un convertidor de potencia con capacidad de controlar las corrientes del generador seleccionadas entre rotóricas, estatóricas y combinación de las mismas en amplitud, frecuencia y fase; **caracterizado** porque comprende:

- elementos de maniobra de conexión/desconexión de los convertidores de potencia del estátor del generador, del rotor del generador, y de la red,

- elementos de maniobra de conexión/desconexión del estátor del generador de la red,

- elementos de maniobra para cortocircuitar el rotor del generador, constituidos por una pluralidad de elementos seleccionados entre elementos activos, elementos pasivos y combinación de los mismos.

10. Sistema para operar un aerogenerador, según reivindicación 9, **caracterizado** porque los elementos activos y los elementos pasivos que constituyen los elementos de maniobra están constituidos por elementos seleccionados entre elementos dependientes de los convertidores de potencia e independientes de los convertidores de potencia.

11. Sistema para operar un aerogenerador, según reivindicación 9, **caracterizado** porque los elementos pasivos están seleccionados entre resistencias, inductancias, capacidades, y combinación de ellos.

12. Sistema para operar un aerogenerador, según reivindicación 9, **caracterizado** porque los elementos activos están seleccionados entre diodos, transistores, tiristores, otros semiconductores controlables y combinación de ellos.

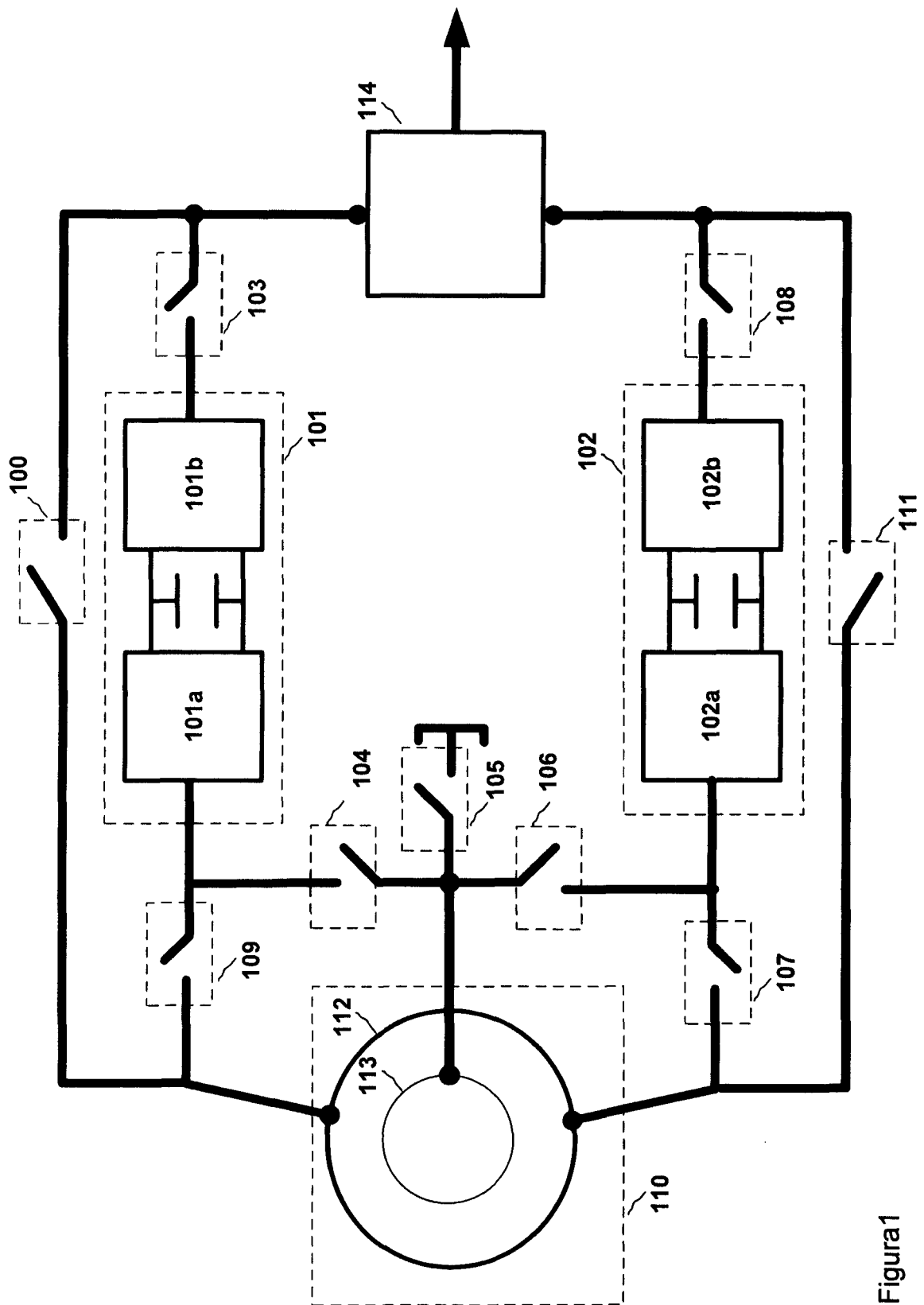


Figura1

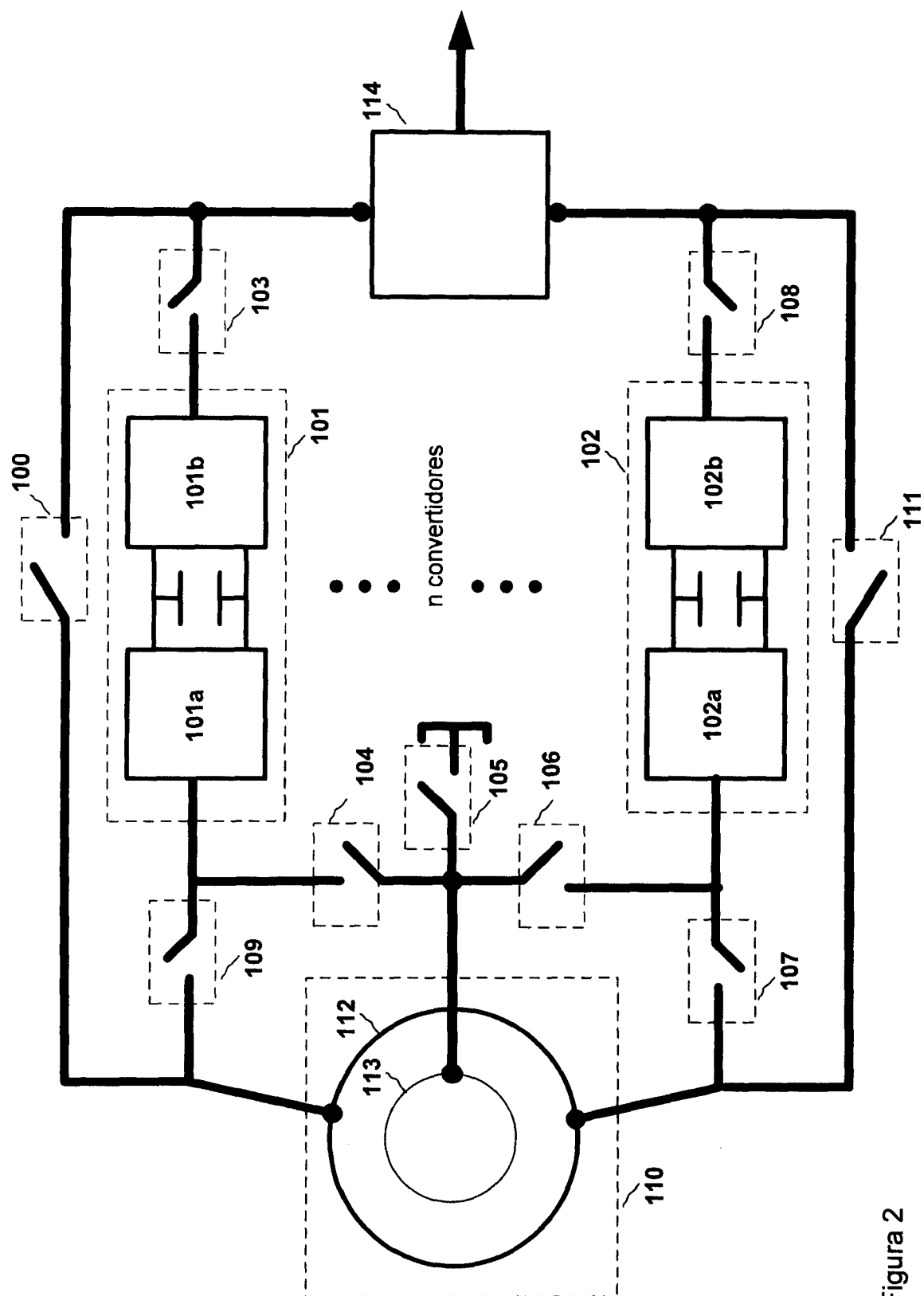


Figura 2

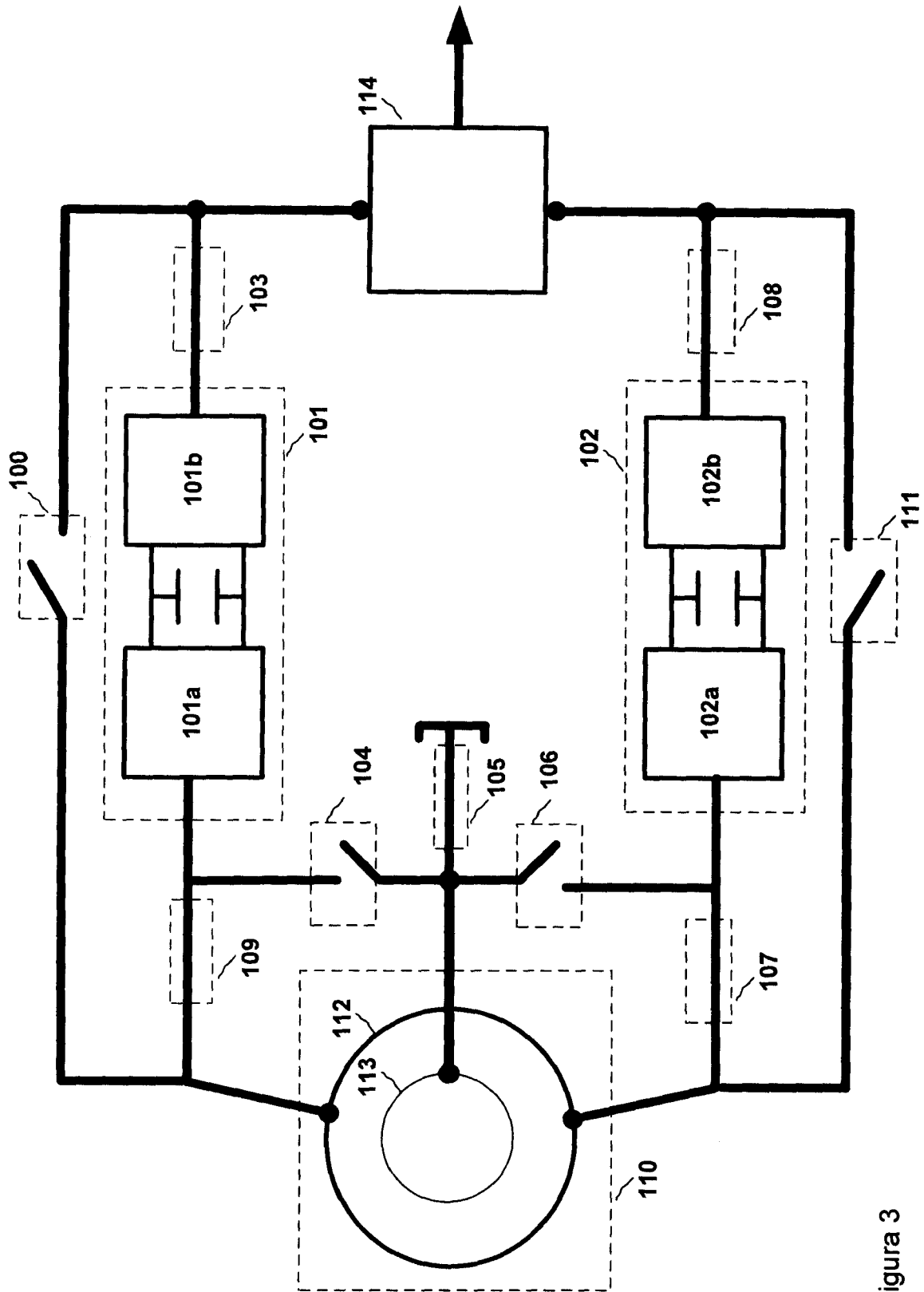


Figura 3

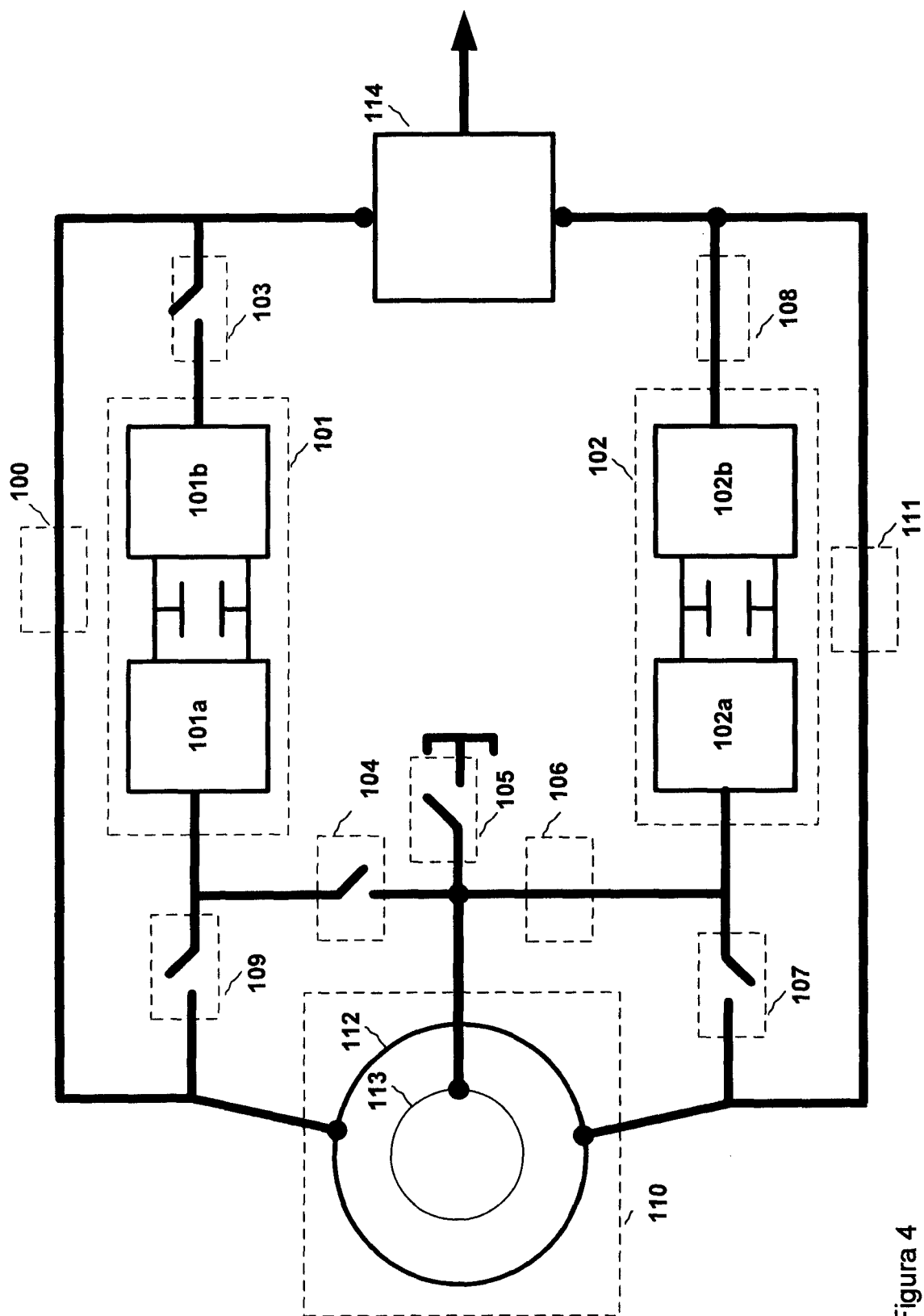


Figura 4

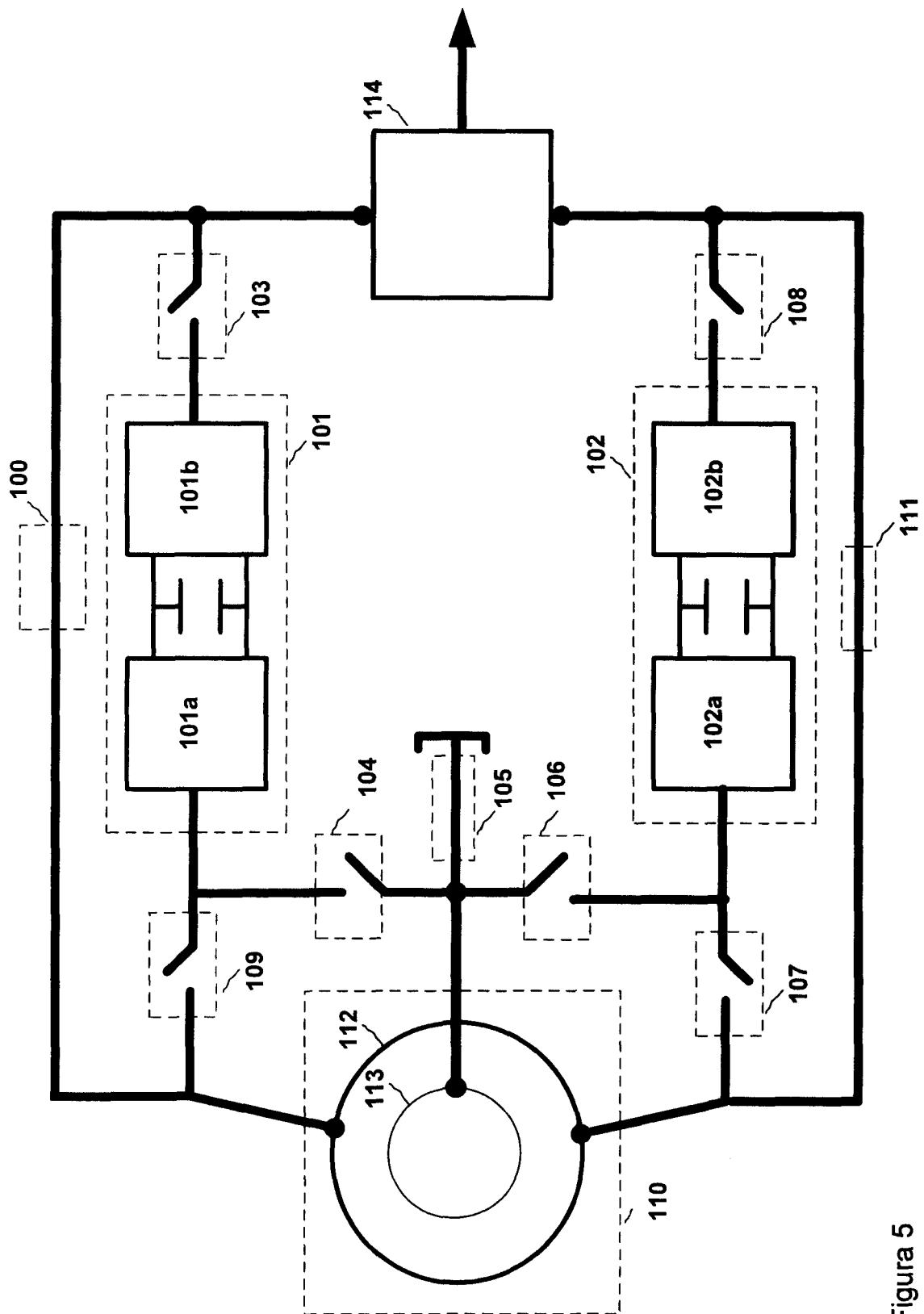


Figura 5

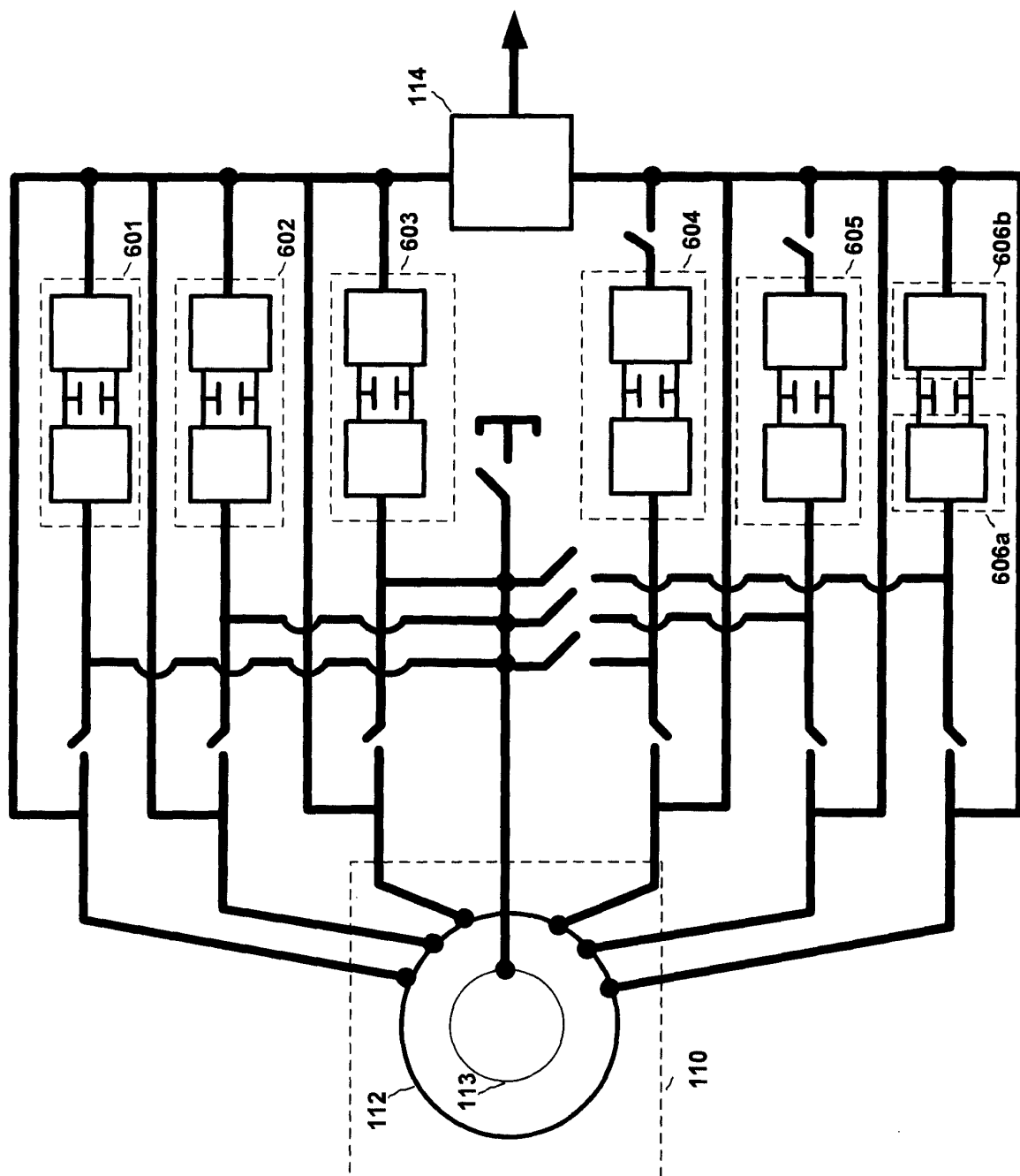


Figura 6



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200803132

②② Fecha de presentación de la solicitud: 03.11.2008

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y A	US 2007063677 A1 (SCHAUDER) 22.03.2007, figuras 1,2; párrafos 6,18.	1 2,4-12 3
Y	US 6628101 B2 (DYMOND et al.) 30.09.2003, figuras 1,3; columna 2, líneas 33-38,62-67.	2,5-12
Y	US 2005200337 A (SCHEIBER et al.) 15.09.2006	4
A	WO 2008026973 A1 (ABB RESEARCH) 06.03.2008, todo el documento.	1-12
A	US 2006214428 A1 (ALTERNMARK) 28.06.2006, todo el documento.	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
26.01.2011

Examinador
L. García Aparicio

Página
1/6

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F03D7/02 (01.01.2006)

H02J3/38 (01.01.2006)

H02P3/22 (01.01.2006)

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

F03D, H02J, H02P

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

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.01.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-15	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 3	SI
	Reivindicaciones 1,2,4-12	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.

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	US 2007063677 A1 (SCHAUDER)	22.03.2007
D02	US 6628101 B2 (DYMOND et al.)	30.09.2003
D03	US 2005200337 A (SCHEIBER et al.)	15.09.2006
D04	WO 2008026973 A1 (ABB RESEARCH)	06.03.2008
D05	US 2006214428 A1 (ALTERNMARK)	28.06.2006

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

De todos los documentos recuperados del estado de la técnica se considera que el D1 es el más próximo a la invención que se analiza. A continuación se comparan las reivindicaciones de la solicitud con D1.

Primera reivindicación

El documento D1 muestra varios métodos para operar un aerogenerador que incluye al menos un generador asíncrono de rotor bobinado con al menos un estator eléctricamente independiente, al menos un convertidor de potencia con capacidad de controlar las corrientes del generador seleccionadas entre retóricas, estatóricas y combinación de las mismas en amplitud, frecuencia y fase. Los sistemas que se recogen en D1 pueden operar el aerogenerador en un modo seleccionado entre full converter (FC, fig. 2) y doblemente alimentado (DFIG, fig. 1).

Por lo tanto, la primera reivindicación presenta las siguientes diferencias con respecto a D1:

- D1 no contempla el modo de operación asíncrono de manera explícita, es decir, recogido como un modo de realización y con su figura independiente. Sin embargo, el método de operación asíncrono es bien conocido en el estado de la técnica, y D1 lo menciona implícitamente en el párrafo 6. Para apoyar la afirmación de que el modo de operación asíncrono es bien conocido, basta con leer algunos de los documentos citados en el informe de búsqueda, por ejemplo: EP 1557925 A2(SCHREIBER/SEMIKRON), WO2008026973 (ABB Research), que cuentan los dos con un contactor para pasar del modo full converter al modo asíncrono.

- D1 no contempla "un conjunto de elementos de maniobra".

Tal y como está redactada la primera reivindicación, su alcance es ambiguo, pues faltarían características esenciales. Por ejemplo, no se indica que al cambiar de modo de operación algunos elementos de control de potencia son los mismos, y que lo que cambia es el estado de los elementos de maniobra y el flujo de potencia. La redacción de esta reivindicación parece simplemente la acumulación de los diversos modos de operar un aerogenerador: FC, DFIG, y AS. Por lo tanto, el documento D1 se encontraría dentro del alcance que la reivindicación está tratando de proteger, y por tal motivo, carecería de actividad inventiva, tal y como se establece en el artículo 33.3 del Tratado PCT.

Segunda reivindicación

La redacción de la tercera reivindicación también es ambigua. No se indica cuáles son las condiciones de salida del modo de operación actual, ni tampoco las condiciones de entrada a al menos un modo de operación distinto del modo de operación actual. Tampoco se indica cómo se selecciona el modo de operación distinto del modo de operación actual.

El documento D2 sí que indica el criterio que se emplea para cambiar de modo de operación: la frecuencia de la corriente en el rotor (col. 2, líns. 62-67).

Por todo lo anterior, la tercera reivindicación carecería de actividad inventiva.

Tercera reivindicación

El documento D1 no contempla un paso del modo de operación full converter (FC) al modo de operación DFIG con las etapas que contempla esta tercera reivindicación. Es decir, aquí sí que se indica que el rotor del generador se conecta al menos a un convertidor de potencia que no esté en falta de operatividad parcial, para funcionar en modo DFIG. Aunque la claridad se podría mejorar para explicitar todo mejor, de forma implícita se hace saber que el convertidor o convertidores a los que se conecta el rotor, estaban funcionando antes en modo "full converter".

Este detalle no estaba recogido por D1, y no parece que fuera evidente para un experto en la materia que partiera de D1 en la fecha en la que la solicitud se presentó. Por todo lo anterior, esta reivindicación presentaría actividad inventiva.

También se hace constar que algunos de los pasos del método de la tercera reivindicación son ambiguos y no se delimitan con claridad. Serían los siguientes:

- detectar al menos una condición de salida del modo full converter (FC),

- detectar las condiciones de entrada al modo doblemente alimentado (DFIG),
 - operar el generador en modo doblemente alimentado (DFIG) realizando adaptaciones para el modo doblemente alimentado (DFIG)
 - detectar las condiciones de entrada al modo full converter (FC) y activación de dicho modo cuando se cumplan las mismas.
- Tal y como se ha comentado anteriormente, no se indica cuáles son las condiciones de salida, ni de entrada. Tampoco se explica cuáles son las adaptaciones mencionadas, ni las condiciones de entrada al modo FC.

Cuarta reivindicación

El documento D1 no contempla un paso del modo de operación FC al modo AS. Sin embargo, el documento D3 sí que recoge tal posibilidad, con ciertas diferencias:

D3 no desconecta el estator del generador de los convertidores de potencia a los que esté conectado ni desconecta los convertidores de potencia de la red. En D3 el paso de un modo de operación a otro se realiza abriendo o cerrando el interruptor que comunica el estator con la red (30). Este interruptor se encuentra entre las conexiones del convertidor (24 y 26).

Esta diferencia no parece significativa para un experto en la materia que partiera de D1 y a la vista de D3. No parece que combinar las enseñanzas de D1 con las de D3 entrañe actividad inventiva. Todos estos documentos pertenecen a un campo de la técnica bien conocido, bien delimitado y conexo como es el de los aerogeneradores, concretamente, el de la electrónica de potencia de tales generadores.

Por todo lo anterior, esta reivindicación carecería de actividad inventiva.

Al igual que sucede en otras reivindicaciones, aquí también se encuentran algunos pasos del método que son ambiguos poco precisos:

- detectar al menos una condición de salida del modo Full Converter (FC)
- detectar las condiciones de entrada al modo asíncrono (AS)
- operar el generador en modo asíncrono (AS) realizando adaptaciones para el modo asíncrono (AS), para acoplar el generador a la red y generar potencia,
- detectar las condiciones de entrada al modo seleccionado entre doblemente alimentado (DFIG) y full converter (FC), y activación del modo seleccionado cuando se cumplan las mismas.

Quinta reivindicación

Por todo lo mencionado anteriormente, y de manera especial al comentar la segunda reivindicación, esta reivindicación también carecería de actividad inventiva. El documento D2 cortocircuita el rotor sin tener que desconectar el estator. Esta diferencia no es significativa, pues el sistema de D2 se podría operar perfectamente tal y como se indica en esta reivindicación sin realizar en ningún momento un esfuerzo inventivo. Es decir, el sistema de D2 entraña mayor dificultad que el de esta reivindicación. D2 cubre los modos de operación expuestos aquí, lo cual no sucede a la inversa.

Por todo lo anterior esta reivindicación carecería de actividad inventiva.

Sexta reivindicación

El documento D2 controla la resistencia rotórica cortocircuitando el rotor del generador. También presenta esta característica D1. Este detalle es típico del modo de operación DFIG. Por lo tanto, esta reivindicación carecería de actividad inventiva.

Séptima reivindicación

La séptima reivindicación adolece de falta de claridad, pues no indica cómo se logra el fin que se reivindica. Por lo tanto, esta reivindicación carecería de actividad inventiva.

Octava reivindicación

Las condiciones de entrada y salida, son condiciones habituales y conocidas y que a un técnico en la materia se le podrían ocurrir de un modo más o menos evidente, y que se darían en cualquiera de las condiciones de entrada o salida reseñadas, por lo tanto carecería de actividad inventiva.

Novena reivindicación

Elementos de maniobra de conexión / desconexión de los convertidores de potencia del estator del generador del rotor del generador y de la red, son conocidos, de hecho en numerosos documentos los convertidores de potencia se muestran asociados a elementos de maniobra que de desconexión de los mismos del estator, del rotor y de la red. También es conocido en el estado de la técnica de la disposición de elementos de maniobra para conectar / desconectar el estator de la red, así como también para la cortocircuitar el rotor.

Por lo tanto, esta reivindicación carecería de actividad inventiva.

Esta reivindicación es ambigua y sin concreción alguna, ya que no se menciona, dónde y cómo dichos elementos de maniobra se disponen, con objeto de conseguir las finalidades anteriores, lo que además redundaría en la posibilidad de poder intercambiar con la misma configuración de un modo de funcionamiento FC a un modo DFIG, de un modo de funcionamiento FC a AS, y de un modo de funcionamiento DFIG a AS.

Por lo que la valoración de la reivindicación dada la presente redacción hace que carezca de actividad inventiva.

Reivindicaciones 10, 11 y 12

Estas reivindicaciones no recogen más que variaciones o concreciones constructivas de los elementos de maniobra, que son de sobra conocidas en el estado de la técnica, por lo tanto esta reivindicación carece de actividad inventiva.

De todos los documentos recuperados del estado de la técnica se considera que el D1 es el más próximo a la invención que se analiza. A continuación se comparan las reivindicaciones de la solicitud con D1.