



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 331 285**

② Número de solicitud: 200801911

⑤ Int. Cl.:
F03D 7/02 (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)
F03D 9/00 (2006.01)
H02P 9/10 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **26.06.2008**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **28.12.2009**

Fecha de la concesión: **14.09.2010**

⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **27.09.2010**

⑤ Fecha de publicación del folleto de la patente:
27.09.2010

⑦ Titular/es: **INGETEM ENERGY, S.A.**
Avda. Ciudad de la Innovación, nº 13
31621 Sarriguren, Navarra, ES

⑧ Inventor/es: **Mayor Lusarreta, Jesús;**
Garmendia Olarreaga, Iker;
Acedo Sánchez, Jorge;
Cárcar Mayor, Ainhoa;
Solé López, David;
Simón Segura, Susana;
Zabaleta Maeztu, Mikel y
Elorriaga Llanos, Josu

⑨ Agente: **Ungria López, Javier**

⑤ Título: **Método de control de una turbina eólica.**

⑤ Resumen:

Método de control de una turbina eólica.

La invención propuesta presenta una alternativa para máquinas con al menos un equipo de potencia (101) formado por al menos un primer convertidor electrónico (106) conectado al rotor (109) del generador, por al menos un segundo convertidor electrónico (107) capaz de suministrar o evacuar la potencia que éste consume o genera y por al menos un bus de continua (108); el método propuesto permite controlar la potencia del rotor (109) alterando la velocidad de sincronismo del generador asíncrono (103) cuando está desconectado de la red (102), mediante la variación de la frecuencia de las corrientes del rotor (109) generadas por el primer convertidor electrónico (106).

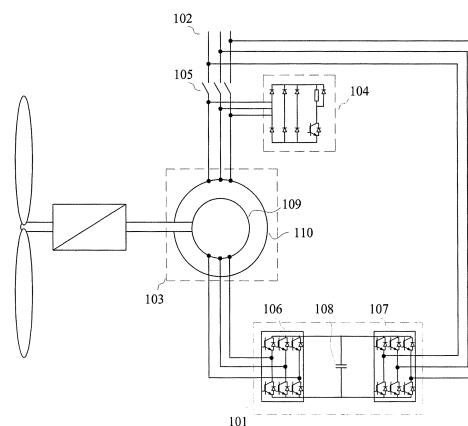


Fig. 1

ES 2 331 285 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Método de control de una turbina eólica.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a un método para el control de la potencia de una turbina eólica, particularmente de las que comprenden un generador doblemente alimentado, habitualmente conectada a una red eléctrica.

10 **Antecedentes de la invención**

En los últimos años el número de aerogeneradores y parques eólicos conectados a la red eléctrica ha aumentado de forma notable. Por este motivo, se ha incrementado el nivel de exigencia de estas máquinas, especificando una serie de requisitos de actuación que mejoren el comportamiento del aerogenerador evitando esfuerzos mecánicos y obteniendo una rápida respuesta ante perturbaciones en la red.

Actualmente, existen diferentes soluciones en el estado del arte que cumplen los requisitos de funcionamiento establecidos cuando se producen faltas de red.

20 Por ejemplo, la invención EP0984552B1 (Alstom) describe la conexión de unas resistencias al estátor de tal forma que la actuación sobre éstas, cuando la máquina se ha desconectado de la red, por ejemplo por haberse producido una falta en la misma, permita el control de la turbina y de la tensión del generador.

25 La solicitud de patente WO04070936A1 (Vestas), describe un sistema similar aplicado a una turbina eólica doblemente alimentada en la que se reivindica la capacidad del convertidor de frecuencia para el aporte de intensidad de cortocircuito a la red durante faltas. Durante la falta, la velocidad de la turbina es controlada disipando la potencia en las impedancias conectadas en el estátor y, en la resistencia de chopper conectada en el circuito intermedio de continua del convertidor. De esta forma, la potencia transmitida por el rotor del generador al bus de continua a través del convertidor, durante la deceleración del generador, puede ser disipada en el chopper del bus de continua o transmitida a la red, en caso de que exista tensión en ella.

La invención propuesta presenta una alternativa para máquinas con al menos un equipo de potencia formado por:

- al menos un primer convertidor electrónico conectado al rotor del generador,
- 35 - al menos un segundo convertidor electrónico capaz de suministrar o evacuar la potencia que dicho rotor del generador consume o genera,
- al menos un bus de continua.

El método propuesto permite controlar la potencia del rotor alterando la velocidad de sincronismo del generador asíncrono cuando está desconectado de la red.

45 **Descripción de la invención**

En una máquina doblemente alimentada la potencia rotórica (P_r) depende del deslizamiento (s) de la máquina asíncrona y de la potencia extraída del estátor (P_s):

50
$$P_r = s \cdot P_s$$

Dicho deslizamiento se define como:

55
$$s = \frac{\omega_r - \omega_s}{\omega_s}$$

60 Donde:

ω_r : velocidad de giro del rotor

ω_s : velocidad de sincronismo.

65

La velocidad de sincronismo viene determinada por la frecuencia de red, siempre y cuando el generador asíncrono esté acoplado a la red.

ES 2 331 285 B1

En la presente invención, en situaciones que implican la desconexión del estátor del generador asíncrono de la red se reivindica un método mediante el cual se controla la potencia rotórica independientemente de su velocidad de giro, esto se consigue variando la velocidad de sincronismo del generador. Sabiendo que la relación entre velocidad y frecuencia responde a la siguiente fórmula:

$$\omega = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Donde:

ω = velocidad de la máquina en revoluciones/minuto (r.p.m.)

f = frecuencia eléctrica

p = número de pares de polos del generador

Las frecuencias del estátor y del rotor se relacionan: según la siguiente fórmula:

$$f_s = f_r + f_w$$

f_s : frecuencia de las intensidades del estátor (frecuencia correspondiente a la velocidad de sincronismo)

f_r : frecuencia de las intensidades rotóricas

f_w : frecuencia eléctrica correspondiente a la velocidad de giro del rotor.

La relación anterior muestra cómo cuando el generador está acoplado a la red, la frecuencia f_s viene impuesta por la red (50-60 Hz), lo cual implica que la frecuencia de las corrientes de rotor vendrá fijada por la velocidad de giro según la siguiente expresión:

$$f_r = f_s - f_w$$

Cuando el generador está desacoplado, la frecuencia del estátor (f_s) no es impuesta por la red y depende únicamente de la frecuencia de las corrientes del rotor y de la velocidad de giro. Por lo tanto, controlando la frecuencia de las corrientes del rotor es posible controlar el deslizamiento del generador asíncrono de forma independiente de la velocidad de giro. Esto permite tener un control total sobre la potencia rotórica empleando únicamente el primer convertidor electrónico conectado al rotor del generador. Consecuentemente incluso en condiciones en las que el segundo convertidor electrónico está inactivo, la tensión del bus de continua se puede mantener dentro de los límites establecidos sin necesidad de un chopper en el bus de continua.

La invención consiste en un método de control de una turbina eólica para generadores que están conectados a la red eléctrica y son del tipo asíncrono con rotor bobinado, con al menos un primer convertidor electrónico conectado al rotor y con al menos una carga con capacidad de ser conectada al estátor, de manera que prevé la desconexión del estátor de la red eléctrica y además se efectúa la conexión de la carga al estátor, cuando se requiere que el estátor esté desconectado de la red eléctrica. La novedad de la invención consiste en la incorporación de un modo de operación que comprende variar la frecuencia de las corrientes de rotor del generador, controlando de esta forma el flujo de potencia entre el rotor del generador y el primer convertidor electrónico, durante la desconexión, del estátor del generador de la red eléctrica y su conexión a las resistencias.

Además, el flujo de potencia entre el rotor del generador y el primer convertidor electrónico puede establecerse de modo que controla la tensión del bus de continua del equipo de potencia, de forma que si dicha tensión disminuye se aumenta la potencia extraída del rotor del generador, y viceversa. El objetivo de dicho control es mantener la tensión del bus dentro de un rango de funcionamiento.

Breve descripción de las figuras

Figura 1.- Muestra una topología sobre la que se puede aplicar el método de la invención descrita.

Descripción de uno o varios ejemplos de realización de la invención

Seguidamente se realiza una descripción de ejemplos de la invención, citando referencias de la Figura 1.

ES 2 331 285 B1

La presente invención describe un método de control de una turbina eólica durante su desconexión de la red eléctrica (102) para generadores de tipo asíncrono (103) con rotor bobinado (109) con al menos un equipo de potencia (101) conectado al rotor (109) del generador y comprende las siguientes fases convencionales:

- 5 - Detección de condiciones de entrada en el modo de funcionamiento aislado. Se entiende por modo de funcionamiento aislado, cualquier situación en la que el estátor (110) del generador está desacoplado de la red (102). Estas situaciones podrían comprender, entre otras, huecos de la tensión de red, y cualquier otro requerimiento que implique la desconexión rápida.
- 10 - Desconexión del estátor (110) de la red (102) cuando el modo de funcionamiento aislado es requerido, mediante la apertura del contactor (105) que conecta el estátor (110) a la red (102).
- Control de un primer convertidor electrónico (106) del equipo de potencia (101), mediante el que se conecta al rotor (109) del generador para mantener el módulo de la tensión del estátor del generador al valor deseado, por ejemplo, su valor nominal.
- 15 - Conexión de una carga (104) al estátor y modulación del consumo de dicha carga (104) para controlar la potencia generada por el estátor (110) y así controlar la velocidad de la máquina. Esta carga podrá ser de tipo resistivo.
- 20 - Detección de condiciones de salida del modo de funcionamiento aislado, al darse las condiciones necesarias para el funcionamiento acoplado a la red eléctrica.
- Sincronización y conexión del estátor del generador a la red eléctrica (102), mediante el cierre del contactor (105).
- 25 - Desconexión de las resistencias (104).

30 La novedad de la invención consiste en que las fases anteriores se realizan manteniendo, en todo momento, el control de la frecuencia de las corrientes rotóricas generadas por el primer convertidor electrónico (106) del equipo de potencia (101) conectado al rotor del generador. Una de las ventajas de este método es permitir el control y el mantenimiento de la tensión del bus de continua (108). Dado que en todo momento se mantiene el control de la frecuencia de las corrientes rotóricas, en una realización preferida de la invención se puede prescindir del chopper de freno localizado en el bus de continua (108) del equipo de potencia (101), evitando de esta forma añadir elementos adicionales.

35

 En una realización preferida, el segundo convertidor electrónico (107) conectado a la red (102) puede ser desactivado durante el periodo de desconexión; por ejemplo, en caso de un hueco en la tensión de red, los semiconductores del segundo convertidor electrónico (107) podrían dejar de conmutar ya que al no haber tensión de red no sería posible el intercambio de potencia entre el bus de continua y la red.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Método de control de una turbina eólica aplicable en generadores conectados a la red eléctrica del tipo asíncrono con rotor bobinado, con al menos un primer convertidor electrónico conectado al rotor y con al menos una carga con capacidad de ser conectada al estátor; y que comprende la desconexión del estátor de la red eléctrica y su conexión a la carga; **caracterizado** porque, durante la desconexión del estátor del generador de la red eléctrica y su conexión a la carga, comprende:

10 - variar la frecuencia de las corrientes del rotor generadas por el primer convertidor electrónico conectado al rotor del generador, para controlar el flujo de potencia entre el rotor del generador y el primer convertidor electrónico.

15 2. Método de control de una turbina eólica según reivindicación 1, con al menos un equipo de potencia que al menos incluye el primer convertidor electrónico y al menos un bus de continua, **caracterizado** porque comprende mantener la tensión del bus de continua dentro de un rango de trabajo controlando el flujo de potencia entre el rotor del generador y el primer convertidor electrónico.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

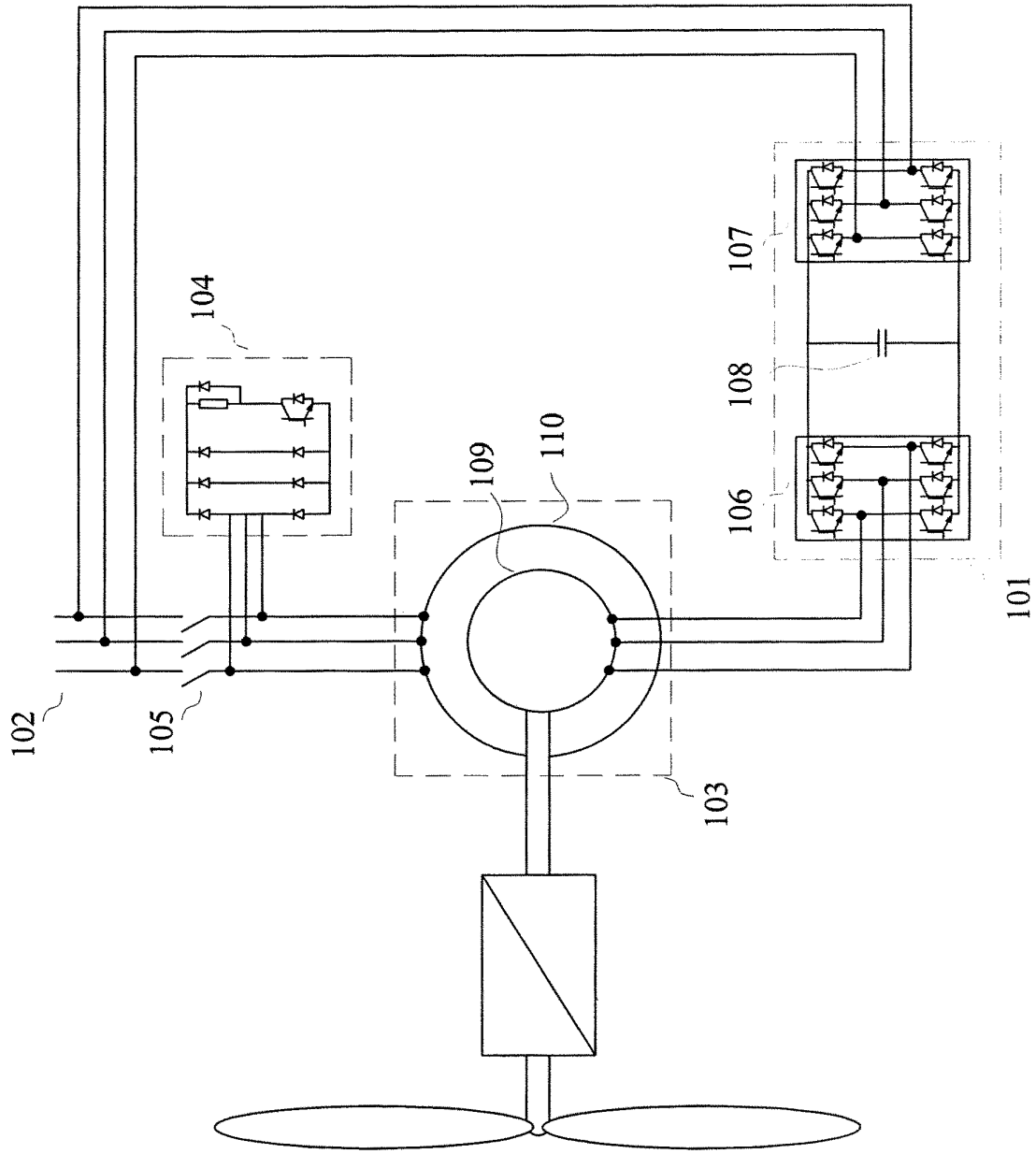


Fig. 1



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 331 285

② N° de solicitud: 200801911

③ Fecha de presentación de la solicitud: **26.06.2008**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ **Int. Cl.:** Ver hoja adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2007077001 A2 (UNIV NAVARRA PUBLICA; LOPEZ TABERNA JESUS; MARROYO PALOMO) 12.07.2007	1
A	US 2007216164 A1 (RIVAS et al.) 20.09.2007	1
A	EP 1561946 A2 (CLIPPER WINDPOWER TECHNOLOGY I) 10.08.2005	1
A	US 6239511 B1 (JOHO et al.) 29.05.2001	1

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

25.11.2009

Examinador

M^a C. González Vasserot

Página

1/4

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

H02P 9/10 (2006.01)

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

F03D, 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, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 25.11.2009

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-2	SÍ
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-2	SÍ
	Reivindicaciones	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 ha sido publicada.

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	WO 2007077001 A2	12.07.2007
D02	US 2007216164 A1	20.09.2007
D03	EP 1561946 A2	10.08.2005
D04	US 6239511 B1	29.05.2001

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

Los documentos D1, D2, D3 y D4 incluyen métodos de control, de una turbina eólica, estos documentos citados sólo muestran el estado general de la técnica y no se consideran de particular relevancia.

Ninguno de ellos varía la frecuencia de las corrientes del rotor como se reivindica en las reivindicaciones 1-2.

Además, no se considera obvio que un experto en la materia conciba dicho método reivindicado en estas reivindicaciones.

Por lo tanto, la invención reivindicada es nueva e implica actividad inventiva.