

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 454 715**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/18** (2006.01)

**H02J 3/42** (2006.01)

**H02P 9/46** (2006.01)

**H02P 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2006 E 06784125 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2014 EP 2057729**

54 Título: **Disposición convertidora de potencia y método**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.04.2014**

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD (100.0%)  
AFFOLTERNSTRASSE 52  
8050 ZÜRICH, CH**

72 Inventor/es:

**GERTMAR, LARS;  
NIELSEN, ERIK K.;  
CHRISTENSEN, HANS C.;  
WRAAE, LEIF ERIK y  
NIIRANEN, JOUKO**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 454 715 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Disposición convertidora de potencia y método.

**Campo técnico de la invención**

5 La presente invención se refiere en general a instalaciones de potencia eléctrica y más específicamente la invención se refiere a una disposición convertidora de potencia y a un método para transferir potencia eléctrica.

**Descripción de la técnica relacionada y antecedentes de la invención**

10 La explotación de los recursos eólicos ha venido creciendo rápidamente durante los últimos años. Sin embargo, el uso de la potencia eólica no sólo proporciona energía, sino también un impacto negativo en la rejilla de potencia a la que está conectada. No sólo los cambios en el viento, sino también las propias turbinas eólicas crean pulsaciones de potencia.

Una solución consiste en utilizar un funcionamiento a velocidad variable de las turbinas usando convertidores de transistores. Se puede mejorar la calidad de la potencia, pero a mayores velocidades del viento el sistema de velocidad variable tiene una eficiencia más baja en comparación con un sistema de velocidad fija.

15 Para superar tal limitación se pueden utilizar convertidores solamente a potencias más bajas, en donde existe una ganancia de energía, y se pueden utilizar generadores de inducción directamente conectados a velocidades más altas del viento, tal como se revela en Power Quality Impact of a Sea Located Hybrid Wind Park, T. Thiringer, T. Petru y C. Liljegren, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 16, No. 2, Junio de 2001, página 123.

20 En la figura 1 se muestra una disposición convertidora de potencia de este tipo para una turbina eólica durante el funcionamiento a velocidades más bajas y más altas del viento. La disposición incluye dos convertidores de potencia 11a, 11b previstos para materializar el funcionamiento a velocidad variable a las velocidades más bajas del viento. A las velocidades más altas del viento se materializa el funcionamiento a velocidad constante conectando el generador de inducción 13 directamente a la rejilla de potencia 15. En este modo, el convertidor de potencia del lado de la rejilla de potencia funciona como una fuente de potencia reactiva con la finalidad de proporcionar una cantidad deseada de potencia reactiva y reducir las variaciones de voltaje en la rejilla de potencia causadas por las variaciones de potencia activa provenientes de la turbina eólica.

25 Una disposición convertidora de potencia similar se revela en el documento US 7,012,409 B2 (SEMIKRON). Se revela también un método de disparo para compensación de potencia en caso de un cortocircuito.

30 El uso de una disposición condensadora conectada en delta entre un generador de inducción y un convertidor PWM para reducir la potencia nominal del convertidor PWM se revela en "Advanced control of PWM converter with variable-speed induction generator", T. Ahmed, K. Nishida y M. Nakaoka, IEE Transactions on Industry Applications, Vol. 42, No. 4, Julio/Agosto de 2006.

**Sumario de la invención**

35 Para potencias nominales de turbina superiores a 3 MW, la magnetización del entrehierro en generadores de inducción sin escobillas dará como resultado una corriente de magnetización que es comparable a la corriente productora de par. En tales condiciones, la reducción de potencia nominal disponible de la disposición convertidora de potencia se limita a aproximadamente un 30%.

40 Para potencias nominales de turbina superiores a 1 MW, es esencial superar la rigidez par-velocidad inherente en los generadores de inducción con rotores de alta eficiencia. Una solución inmediata de este problema consiste en aumentar la resistencia del rotor internamente en el generador de inducción. Sin embargo, esto se limita a un poco por encima de 2 MW debido a las limitadas capacidades de refrigeración.

Por tanto, un objeto general de la presente invención consiste en proporcionar una disposición convertidora de potencia y un método para transferir potencia eléctrica, respectivamente, con los cuales al menos se alivien los problemas y limitaciones anteriores.

45 A este respecto, un objeto particular de la invención reside en proporcionar una disposición y un método de esta clase que sean flexibles, fiables y de coste razonable.

Estos objetos, entre otros, se alcanzan de acuerdo con la presente invención por medio de disposiciones y métodos como los especificados en las reivindicaciones adjuntas.

50 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un convertidor de potencia que comprende dos trayectos en paralelo previstos para transferir potencia eléctrica de un generador de inducción a una red de potencia eléctrica durante diferentes condiciones de funcionamiento, en donde un primero de los trayectos comprende un convertidor

CA-CA y el segundo de los trayectos comprende un interruptor. Una disposición condensadora está interconectada entre el generador de inducción y los trayectos primero y segundo, y un primer dispositivo de reactancia de CA está interconectado entre la disposición condensadora y los trayectos primero y segundo, en donde la disposición condensadora está prevista para compensar una corriente de magnetización del generador de inducción.

- 5 De este modo, el convertidor CA-CA puede tener una potencia nominal de menos de un 30% de la potencia nominal de la turbina y el generador de inducción, incluso para potencias de turbina y de generador de inducción por encima de alrededor de 3 MW.

Preferiblemente, un segundo dispositivo de reactancia de CA está interconectado entre los trayectos primero y segundo y la red de potencia eléctrica.

- 10 De este modo, se consigue una disposición barata que estabilizada o desestabiliza el generador de inducción para resolver el problema de la rigidez par-velocidad inherente a potencias nominales por encima de 1 MW.

- 15 Conforme a un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para transferir potencia eléctrica de un generador de inducción a una red de potencia eléctrica por medio de la disposición anterior. El método comprende el paso de compensar la corriente de magnetización del generador de inducción por medio de la disposición condensadora.

Otras características de la invención y ventajas de la misma resultarán evidentes por la siguiente descripción detallada de realizaciones y variantes de la presente invención dada a continuación y por la figura 2 adjunta, que se da a título de ilustración solamente y, por tanto, no es limitativa de la presente invención.

#### Breve descripción de los dibujos

- 20 La figura 1 ilustra esquemáticamente una disposición convertidora de potencia según la técnica anterior.

La figura 2 ilustra esquemáticamente en un diagrama de bloques y de una sola línea una disposición convertidora de potencia trifásica según una realización de la presente invención.

#### Descripción detallada de realizaciones

- 25 La disposición convertidora de potencia mostrada en la figura 2 conecta un generador de inducción trifásico 23 sin escobillas a una rejilla o red de potencia eléctrica trifásica 29. El generador es accionado por un rotor 21 de turbina eólica a través de una caja de engranajes 22. La disposición convertidora de potencia comprende dos trayectos en paralelo: un primer trayecto que incluye un convertidor CA-CA 25 y un segundo trayecto que incluye un interruptor 27.

- 30 El convertidor CA-CA 25 comprende preferiblemente un convertidor CA-CC 25a y un convertidor CC-CA 25b interconectados por un condensador 25c, tal como se revela en el artículo antes citado Power Quality Impact of a Sea Located Hybrid Wind Park, T. Thiringer, T. Petru y C. Liljegren, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 16, No. 2, Junio de 2001, página 123, y en el documento US 7,012,409 B2 (SEMIKRON). Como alternativa, el convertidor CA-CA 25 puede materializarse sin un enlace de voltaje de CC. Es posible utilizar cualquier convertidor CA-CA que sea capaz de conversión de frecuencia para pasar de una baja frecuencia hasta al menos la frecuencia de la rejilla de potencia para fines de sincronización y que sea capaz de producir potencia reactiva. Un ejemplo de un convertidor CA-CA sin un enlace de voltaje de CC es el llamado convertidor de matriz. El convertidor CA-CA está calibrado preferiblemente para bajo voltaje, por ejemplo 400-1000 V CA.

- 40 Durante el funcionamiento a velocidades más bajas del viento, el interruptor 27 está abierto y el convertidor CA-CA 25 está previsto para realizar un funcionamiento a velocidad variable. Se suministra así potencia reactiva tanto hacia el generador de inducción 23 como hacia la red de potencia.

Además, una góndola de turbina eólica o un transformador de torre 28 y un disyuntor 31 pueden estar interconectados entre los trayectos en paralelo y la rejilla o red de potencia eléctrica 29. El transformador está previsto para transformar la potencia de voltaje bajo o de voltaje bajo a medio entregada por el generador de inducción, por ejemplo 690 V, en una potencia de voltaje alto, tal como, por ejemplo, 10 kV.

- 45 Un sistema de control (no ilustrado explícitamente), preferiblemente un controlador computerizado, está previsto para el control de la turbina y de la disposición convertidora de potencia.

- 50 Durante el funcionamiento a velocidades más altas del viento, el interruptor 27 está cerrado y se mantiene un funcionamiento a velocidad constante (o semivariable). El convertidor de CA-CA 25 está funcionando aquí como un elemento de shunt para seguir suministrando potencia reactiva tanto hacia el generador de inducción como hacia la red de potencia.

Cuando se alcanza la frecuencia de la red de potencia desde el extremo de baja velocidad/potencia, el generador de

inducción 23 se sincroniza con la red de potencia 29 y se cierra el interruptor 27. Cuando se alcanza el modo de baja potencia desde el extremo de alta potencia/velocidad, el generador de inducción 23 se desincroniza de la red de potencia 29 y se abre el dispositivo/función de conmutación.

5 La disposición convertidora de potencia comprende además, según la presente invención, una disposición condensadora 35 interconectada entre el generador de inducción 23 y los trayectos en paralelo. Convenientemente, la disposición condensadora comprende condensadores conectados en configuración Y o  $\Delta$ .

10 Se puede compensar la corriente de magnetización del generador de inducción 23 por medio de la conexión de los condensadores a los terminales de dicho generador de inducción 23, y como consecuencia de ello el convertidor CA-CA 25 puede tener una potencia nominal de menos de un 30% de la potencia nominal de la turbina y del generador de inducción 23, incluso aunque la potencia nominal de la turbina eólica y del generador de inducción 23 esté por encima de alrededor de 3 MW. Es probablemente posible alcanzar una potencia nominal tan baja como un 15% de la potencia nominal de la turbina y del generador de inducción.

15 Un primer dispositivo de reactancia de CA 37 está interconectado entre la disposición condensadora 35 en los terminales del generador de inducción 23 y los trayectos en paralelo que incluyen el convertidor CA-CA 25 y el interruptor 27, respectivamente. El primer dispositivo de reactancia de CA 37 opera como un filtro de adaptación, con lo que se puede evitar una conexión directa de la disposición condensadora a un rectificador activo, es decir, al convertidor CA-CC 25a o el convertidor CC-CA 25b.

20 Además, un segundo dispositivo de reactancia CA 39 está interconectado entre los trayectos en paralelo y la red de potencia eléctrica. Los dispositivos de reactancia de CA primero y segundo 37, 39 pueden asemejarse, juntamente con el convertidor CA-CA 25, a una línea de potencia muy larga con un dispositivo de compensación estática de VAR situado a medio camino a lo largo de la línea de potencia para la compensación de la potencia reactiva. De este modo, se consigue una manera económica de estabilizar o desestabilizar el generador de inducción 23 para resolver el problema de la rigidez par-velocidad inherente a potencias nominales de turbina y de generador de inducción por encima de alrededor de 1 MW.

25 Se pueden añadir dispositivos de compensación estática de VAR en lugares adecuados de la rejilla colectora para coordinar la compensación de la potencia reactiva en las góndolas de turbina, así como en la rejilla colectora. Por ejemplo, se puede prever un condensador de filtro fijo FC para cumplir con los requisitos de potencia reactiva.

30 El convertidor de frecuencia CA-CA puede hacerse funcionar así como un filtro activo, como un eliminador de fluctuaciones de voltaje y/o como un alisador a través de pequeñas variaciones en torno a un punto de estado de régimen deseado. Puede controlar también el voltaje de condensador en un condensador de filtro fijo de modo que ponga casi instantáneamente al voltaje de condensador del mismo en su valor de prefallo.

35 En presencia de eventos transitorios como fallos de la rejilla, la disposición convertidora de potencia de la invención puede disponerse, además, para cualquiera de los casos siguientes, tal como se revela en la solicitud de patente provisional US No. 60/712,125 (GERTMAR ET AL.), publicada después de la fecha de presentación como US 2010292852.

40 A alta potencia y velocidades constantes o semivariantes, se realiza una desincronización rápida y se acopla un control resistivo de potencia excedente temporal 33 (es decir que la disposición convertidora de potencia se hace funcionar para que entregue potencia reactiva al generador de inducción, el cual es cargado temporalmente por el control resistivo de potencia excedente temporal) o bien se acopla rápidamente un reforzador de transitorios. El reforzador de transitorios se detalla también en el documento WO 2005/062438 (ABB RESEARCH).

A baja potencia y bajas velocidades variables, se mantiene la velocidad variable y en cierto momento se acopla el control resistivo de potencia excedente temporal 33 o bien se acopla el reforzador de transitorios y se acopla en una etapa posterior el control resistivo de potencia excedente temporal 33.

45 Mientras se subsana el fallo, el controlador de paso de la turbina eólica pone la velocidad del rotor en valores de estado de régimen normales, y se desacopla el control resistivo de potencia excedente temporal cuando se alcanzan valores de estado de régimen normales.

La disposición convertidora de potencia de la presente invención puede comprender, además o alternativamente, el mecanismo de disparo para la compensación de la potencia reactiva en caso de un cortocircuito de la red, tal como se revela en el documento US 7,012,409 B2 (SEMIKRON).

50

**REIVINDICACIONES**

1. Una disposición convertidora de potencia para conectar un generador de inducción (23) a una red de potencia eléctrica (29), comprendiendo la disposición convertidora de potencia:
  - 5 - un primer trayecto previsto para transferir potencia eléctrica de dicho generador de inducción a dicha red de potencia eléctrica durante una primera condición de funcionamiento, comprendiendo el primer trayecto un convertidor CA-CA (25); y
  - un segundo trayecto previsto para transferir potencia eléctrica de dicho generador de inducción a dicha red de potencia eléctrica durante una segunda condición de funcionamiento, comprendiendo el segundo trayecto un interruptor (27), **caracterizada** por
  - 10 - una disposición condensadora (35) interconectada entre dicho generador de inducción y dichos trayectos primero y segundo, estando prevista la disposición condensadora para compensar una corriente de magnetización del generador de inducción;
  - un primer dispositivo de reactancia de CA (37) interconectado entre dicha disposición condensadora y dichos trayectos primero y segundo; y
  - 15 - una unidad de control resistivo de potencia excedente temporal (33).
2. La disposición de la reivindicación 1, en la que un segundo dispositivo de reactancia de CA (39) está interconectado entre dichos trayectos primero y segundo y dicha red de potencia eléctrica.
3. La disposición de la reivindicación 1 ó 2, en la que dicho convertidor CA-CA tiene una potencia nominal de menos de un 30% de la potencia nominal de dicho generador de inducción.
- 20 4. La disposición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la potencia nominal del generador de inducción es al menos de alrededor de 1 MW.
5. La disposición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la potencia nominal del generador de inducción es de al menos alrededor de 3 MW.
- 25 6. La disposición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dicha disposición está prevista para compensar la potencia reactiva durante tanto dicha primera condición de funcionamiento como dicha segunda condición de funcionamiento.
7. La disposición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende un dispositivo condensador de filtro fijo para la compensación de la potencia reactiva, en donde dicho convertidor CA-CA controla un voltaje de condensador de dicho dispositivo condensador de filtro fijo.
- 30 8. La disposición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que está prevista una disposición de compensación de la potencia reactiva para compensar la potencia reactiva en caso de una caída de tensión en la red de potencia eléctrica.
9. Un método para transferir potencia eléctrica de un generador de inducción (23) a una red de potencia eléctrica (29), comprendiendo el método los pasos de:
  - 35 - transferir potencia eléctrica de dicho generador de inducción a dicha red de potencia eléctrica a través de un primer trayecto durante una primera condición de funcionamiento, comprendiendo el primer trayecto un convertidor CA-CA (25); y
  - transferir potencia eléctrica de dicho generador de inducción a dicha red de potencia eléctrica a través de un segundo trayecto durante una segunda condición de funcionamiento, comprendiendo el segundo trayecto un interruptor (27), en donde dicho método se **caracteriza** por los pasos de:
  - 40 - compensar una corriente de magnetización del generador de inducción por medio de una disposición interconectada entre dicho generador de inducción y dichos trayectos primero y segundo, comprendiendo la disposición una disposición condensadora (35) conectada al generador de inducción y un primer dispositivo de reactancia de CA (37) conectado a dichos trayectos primero y segundo; y
  - 45 - absorber potencia en una unidad de control resistivo de potencia excedente temporal (33) cuando se detecta un evento transitorio.

TECNICA ANTERIOR

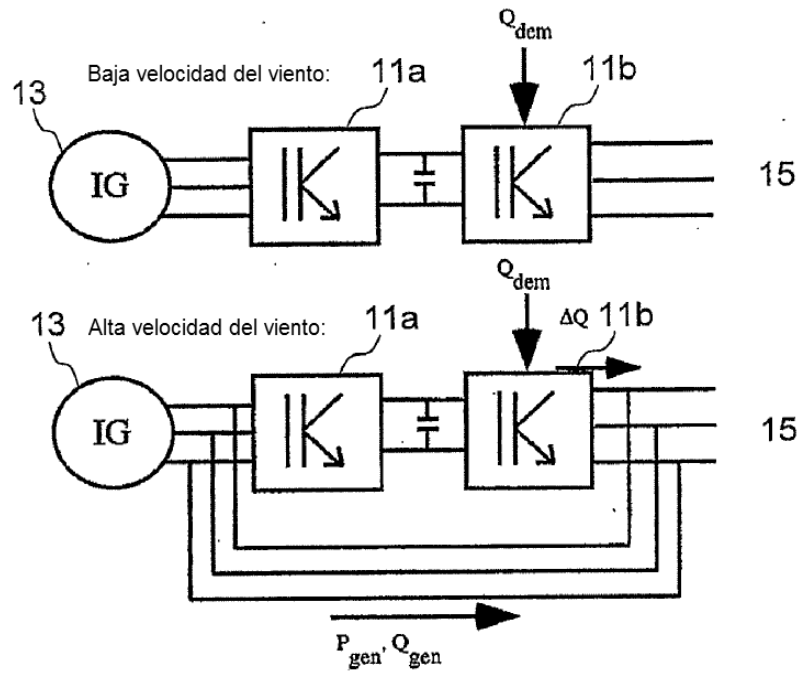


Fig. 1

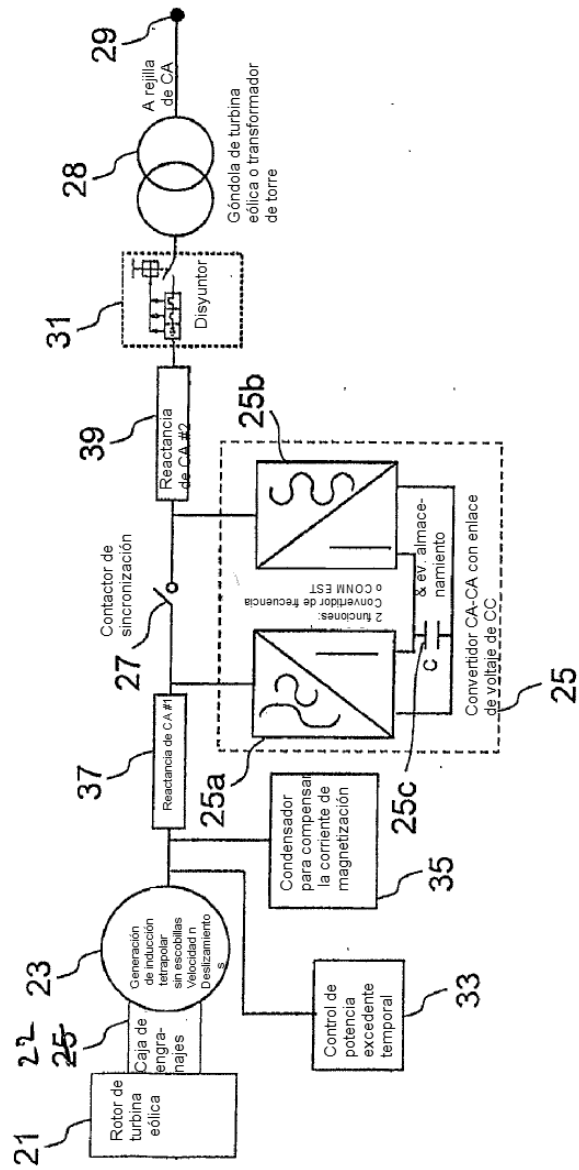


Fig. 2