(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 786 502**

(51) Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)
H02P 9/08 (2006.01)
H02P 3/18 (2006.01)
F03D 9/25 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2012** **PCT/DK2012/050454**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2013** **WO13083139**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2012** **E 12812514 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020** **EP 2788619**

(54) Título: **Método y sistema para el apagado controlado de turbinas eólicas**

(30) Prioridad:

08.12.2011 DK 201170683
09.12.2011 US 201161568659 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2020

(73) Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N , DK

(72) Inventor/es:

DOAN, DUY DUC

(74) Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 786 502 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

Método y sistema para el apagado controlado de turbinas eólicas

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método y un sistema para el apagado controlado de turbinas eólicas. En particular, la presente invención se refiere a un método y un sistema adaptados para evitar el rebote de las cajas de engranajes de turbina eólicas, las oscilaciones del tren de transmisión y efectos similares no deseados.

Antecedentes de la invención

Las cargas de par del generador de turbinas eólicas de la actualidad se implementan normalmente como resistencias pasivas con curvas de par fijas. Si tales cargas provisionales resistivas se aplican como cargas a un generador, a menudo se produce el desgaste de las resistencias y la carga innecesaria en el tren de transmisión de la turbina eólica.

La patente de Estados Unidos 7.605.488 divulga en términos generales cómo usar cargas provisionales para reducir el rebote en cajas de engranajes de turbinas eólicas. Aparentemente, la cantidad de potencia que se disipa en las cargas provisionales en la patente de Estados Unidos 7.605.488 se controla variando el grado en que la carga provisional está activa, cf. por ejemplo, columna 3, línea 10. Aquí se especifica explícitamente que "... la carga provisional 5 se activa parcial o totalmente...". Por lo tanto, la cantidad de potencia que se disipa se varía ajustando la capacidad de la carga provisional.

Es una desventaja del sistema sugerido en la patente de Estados Unidos 7.605.448 que la capacidad de la carga provisional solo pueda variarse en etapas discretas. Este cambio incremental (aumento o disminución) de la capacidad de la carga provisional puede inducir accidentalmente eventos que pueden crear inversiones de carga en la caja de cambios.

Puede verse como un objetivo de las realizaciones de la presente invención proporcionar un método y un sistema que permita el apagado controlado de turbinas eólicas para evitar el rebote de las cajas de engranajes de turbinas eólica, las oscilaciones del tren de transmisión, etc.

Puede verse como un objetivo adicional de realizaciones de la presente invención beneficiarse de la capacidad de control de un convertidor del lado del generador para asegurar el apagado controlado de las turbinas eólicas sin introducir rebote de la caja de engranajes, oscilaciones del tren de transmisión, etc.

Descripción de la invención

Los objetivos mencionados anteriormente se cumplen proporcionando, en un primer aspecto, un método para apagar una turbina eólica que comprende

- un generador de potencia conectado a un conjunto de palas de rotor giratorias a través de un tren de transmisión,
- un convertidor de potencia que comprende convertidores del lado del generador y del lado de la red separados por un circuito de CC intermedio, y
- un dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia conectado operativamente al circuito de CC intermedio

comprendiendo el método la etapa de operar el convertidor del lado del generador como una carga del generador durante una secuencia de apagado de la turbina eólica de manera que el par del tren de transmisión tenga una dirección constante durante el apagado de la turbina eólica, en el que la carga del convertidor del lado del generador se aplica de acuerdo con una referencia de potencia derivada de una curva de par-velocidad del generador.

El método de acuerdo con la presente invención es preferentemente aplicable a instalaciones de turbinas eólicas a gran escala en las que toda la potencia generada por el generador de potencia pasa a través del convertidor de potencia. La transmisión puede comprender opcionalmente una caja de engranajes.

De acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, si se detecta inversión de carga en la caja de engranajes de la turbina eólica, el convertidor del lado del generador puede aplicarse como una carga al generador.

Si la carga proporcionada por el convertidor del lado del generador es insuficiente para mantener un par del tren de transmisión de dirección constante, el método comprende además la etapa de disipar o almacenar una cantidad controlada de potencia excedente en el dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia de manera que el par del tren de transmisión tenga una dirección constante durante el apagado de la turbina eólica. Por lo tanto, si la carga producida por el convertidor del lado del generador es insuficiente, el dispositivo de disipación de

potencia o de almacenamiento de potencia se activa y el convertidor del lado del generador proporciona potencia al mismo de manera controlada. Esto puede permitir beneficiosamente que el dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia elimine el exceso de potencia del sistema de manera controlada sin requerir controles complejos, independientes del controlador del convertidor del lado del generador, para regular las cantidades de potencia que pasan al dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia.

El dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia puede incluir dispositivos tales como resistencias, baterías, condensadores, etc.

Una ventaja general de la presente invención es que facilita un apagado más rápido de la turbina eólica. Además, es más suave para el tren de transmisión de la turbina eólica. Estas ventajas se logran al tener un esquema de control activo en lugar de un esquema de control pasivo tradicional. Además, el apagado controlado de turbinas eólicas puede realizarse con un convertidor de potencia funcional parcial y en situaciones que involucran un fallo de la red.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a una turbina eólica que comprende

- un generador de potencia conectado a un conjunto de palas de rotor giratorias a través de un tren de transmisión,
- un convertidor de potencia que comprende convertidores del lado del generador y del lado de la red separados por un circuito de CC intermedio, y
- un dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia conectado operativamente al circuito de CC intermedio

en el que el convertidor del lado del generador está adaptado para aplicarse como una carga del generador durante una secuencia de apagado de turbinas eólicas de manera que el par del tren de transmisión tenga una dirección constante durante el apagado de la turbina eólica, y en el que, la carga del convertidor del lado del generador se aplica de acuerdo con una referencia de potencia derivada de una curva de par-velocidad del generador.

Preferentemente, la turbina eólica de acuerdo con el segundo aspecto es una turbina eólica a gran escala en la que toda la potencia generada por el generador de potencia pasa a través del convertidor de potencia. El tren de transmisión puede comprender opcionalmente una caja de cambios.

El dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia puede incluir dispositivos tales como resistencias, baterías, condensadores, etc.

La carga del convertidor del lado del generador por sí sola puede ser suficiente para mantener una dirección constante del par del tren de transmisión. Si es así, el dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia puede activarse y, por lo tanto, recibir una cantidad de potencia excedente controlada, al menos parcialmente, por el convertidor del lado del generador, de modo que el par del tren de transmisión tenga una dirección constante durante el apagado de la turbina eólica.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se explicará ahora con más detalles con referencia a las siguientes figuras, en las que

la figura 1 ilustra una turbina eólica,
la figura 2 muestra un diagrama de flujo de dos esquemas de apagado, y
la figura 3 muestra una curva típica de par-velocidad usada para establecer referencias de potencia durante la parada.

Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han divulgado realizaciones específicas a modo de ejemplos. Sin embargo, debe entenderse que la invención no pretende limitarse a las formas particulares divulgadas. Más bien, la invención debe cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que entran dentro del alcance de la invención según lo definido por las reivindicaciones adjuntas.

Descripción detallada de la invención

En su aspecto más general, la presente invención se refiere a un método y a un sistema para el apagado controlado, también denominado parada, de turbinas eólicas. Por apagado controlado se entiende que las turbinas eólicas pueden cerrarse sin introducir rebote ni otros eventos de inversión de carga en el tren de transmisión en general, y en las cajas de engranajes de la turbina eólica en particular. Al implementar la presente invención, puede reducirse significativamente el desgaste debido a cargas innecesarias en el tren de transmisión.

Con referencia ahora a la figura 1, se representa una instalación de turbina eólica a gran escala. Un conjunto de palas de rotor 1 montadas de forma giratoria acciona un rotor del generador 3 a través de un tren de transmisión que comprende una caja de engranajes 2. Una carga provisional 4 de CA está conectada al generador 3. En una

situación de emergencia, la carga provisional 4 de CA se activa y la turbina eólica se detiene inmediatamente. Por lo general, la carga provisional 4 de CA tarda aproximadamente 30 minutos en enfriarse después de un apagado de emergencia.

También se proporciona un convertidor de potencia 5 que comprende un convertidor 6 del lado del generador y un convertidor 7 del lado de la red. Los convertidores 6, 7 del lado del generador y del lado de la red están separados por un circuito de CC intermedio que está conectado operativamente a un relé modulador 8 de CC. El relé modulador de CC ilustrado en la figura 1 incluye una carga provisional resistiva. Sin embargo, puede comprender un dispositivo de almacenamiento de potencia en forma de una o más baterías y/o de uno o más condensadores también. Un controlador de convertidor 9 controla la operación general del convertidor de potencia 5.

La potencia de CA generada se alimenta a una red 12 de CA asociada a través de un disyuntor trifásico 10 y de un transformador 11 de red. El transformador 11 de red eleva la tensión del convertidor a un nivel de tensión de red apropiado.

En caso de, por ejemplo, un colapso repentino de la red y/o de un fallo del convertidor del lado de la red, el tren de transmisión generalmente comienza a oscilar antes de que el sistema de control gestione el apagado de la turbina eólica. Un tren de transmisión oscilante puede inducir un rebote incontrolable en la caja de cambios de la turbina eólica. Sin embargo, si se puede mantener una dirección constante del par del tren de transmisión durante el fallo del convertidor del lado de la red/de la red, se puede evitar el rebote de la caja de engranajes.

De acuerdo con la presente invención, el convertidor 6 del lado del generador actúa como una carga del generador activa, y por lo tanto controlable, durante el fallo del convertidor del lado de la red/de la red. Por lo tanto, controlando activamente el convertidor 6 del lado del generador, pueden evitarse las oscilaciones del tren de transmisión y las inversiones de carga del tren de transmisión asociadas. Si la potencia del generador durante el apagado excede la capacidad del convertidor del lado del generador, el relé modulador de CC se activa y la potencia excedente se disipa o se almacena en el mismo.

En la figura 2 se ilustran dos tipos diferentes de secuencias de apagado controlado, concretamente: “Secuencia de apagado 1” y “Secuencia de apagado 2”. Ambas secuencias de apagado terminan con una desconexión de la turbina eólica de la red, es decir, un apagado de los convertidores del lado del generador y del lado de la red. La elección de la secuencia de apagado depende del tipo de fallo detectado. Por ejemplo, si falla el convertidor del lado de la red, se selecciona la Secuencia de apagado 2.

Durante la operación normal, una turbina eólica está controlada por un circuito de control de potencia externo en el que la cantidad de potencia activa (P) y la cantidad de potencia reactiva (Q) alimentada a la red se usan como parámetros de retroalimentación. Durante las Secuencias de apagado 1 y 2, este circuito de potencia externo P y Q está desactivado. En su lugar, se introduce una curva de par vs. velocidad del generador para controlar el convertidor 6 del lado del generador.

Como se representa en la figura 2, las Secuencias de apagado 1 y 2 comprenden ambas una secuencia de modo parada que se aplica al convertidor del lado del generador.

Con referencia ahora a la rama de la Secuencia de apagado 1 de la figura 2, el modo parada en el convertidor del lado del generador se realiza mientras el convertidor del lado de la red está activo. Este dispositivo monitoriza el nivel de tensión del enlace de CC mediante el convertidor del lado de la red y la potencia activa (y/o reactiva) se alimenta a la red de acuerdo con la tensión del enlace de CC.

En la rama de la Secuencia de apagado 2 de la figura 2, el convertidor del lado de la red está desactivado y el control del relé modulador de CC está activo, es decir, el relé modulador de CC monitoriza la tensión del enlace de CC y se activa automáticamente si la tensión del enlace de CC aumenta por encima de un nivel de tensión nominal del enlace de CC.

La secuencia de modo parada común ofrece una secuencia de apagado suave que tiene como objetivo proteger la caja de engranajes contra el rebote durante la rampa de velocidad descendente aplicando un par positivo al tren de transmisión. Cuando se recibe una solicitud de modo apagado, el sistema convertidor cambia el estado a “Apagado” mientras el modo apagado está activo. Durante el modo parada, el generador se mantiene conectado y controlado hasta que la velocidad del rotor se acerca a un límite de velocidad inferior. De esta manera, no se genera un par negativo y, por lo tanto, el rebote de la caja de engranajes se genera durante la reducción de velocidad hasta la velocidad de potencia cero, donde el generador se desconecta de la red.

Antes de iniciar el modo parada, la referencia de potencia real del circuito de potencia externo se establece como un límite de potencia máxima durante el modo parada. Por lo tanto, la referencia de potencia real se almacena y se aplica para limitar una referencia de potencia máxima durante el modo parada.

Como se ha mencionado anteriormente, el circuito de potencia externo está desactivado, lo que significa que la

referencia de potencia normal al convertidor del lado del generador ya no está disponible. En cambio, el convertidor del lado del generador está controlado por una nueva referencia de potencia derivada, por ejemplo, de una curva de par-velocidad, es decir, una curva de par vs. velocidad del generador. En la figura 3 se muestra un ejemplo de una curva de par-velocidad aproximada de 11 puntos. Por lo tanto, con un circuito de potencia externo desactivado, una nueva referencia de potencia para el convertidor del lado del generador se deriva de la velocidad del generador a través de una curva de par-velocidad.

Cabe señalar que, en un ejemplo alternativo, no reivindicado, la referencia de potencia para el convertidor del lado del generador también puede derivarse de una ecuación polinómica.

REIVINDICACIONES

1. Un método para apagar una turbina eólica que comprende:

- un generador de potencia (3) conectado a un conjunto de palas de rotor giratorias a través de un tren de transmisión,
- un convertidor de potencia (5) que comprende un convertidor (6) del lado del generador y un convertidor (7) del lado de la red separados por un circuito de CC intermedio, y
- un dispositivo (4) de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia conectado operativamente al circuito de CC intermedio;

comprendiendo el método la etapa de operar el convertidor del lado del generador como una carga del generador durante una secuencia de apagado de la turbina eólica, de manera que el par del tren de transmisión tenga una dirección constante durante el apagado de la turbina eólica, estando el método caracterizado por que la carga del convertidor del lado del generador se aplica de acuerdo con una referencia de potencia derivada de una curva de par-velocidad del generador.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la operación del convertidor del lado del generador incluye operar el convertidor del lado del generador para controlar una cantidad de potencia que se disipa o se almacena en el dispositivo de disipación de energía o de almacenamiento de energía, de manera que el par del tren de transmisión tenga una dirección constante durante el apagado de la turbina eólica.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el convertidor del lado del generador se aplica como una carga del generador cuando el par del tren de transmisión está por debajo de un límite predeterminado.

4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además la etapa de configurar el convertidor (7) del lado de la red en un modo de operación inactivo.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además la etapa de desconectar la turbina eólica de una red asociada.

6. Una turbina eólica que comprende:

- un generador de potencia (3), que está conectado a un conjunto de palas de rotor giratorias a través de un tren de transmisión,
- un convertidor de potencia (5), que comprende un convertidor (6) del lado del generador y un convertidor (7) del lado de la red separados por un circuito de CC intermedio, y
- un dispositivo (4) de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia conectado operativamente al circuito de CC intermedio;

en el que el convertidor (6) del lado del generador está adaptado para aplicarse como carga del generador durante una secuencia de apagado de la turbina eólica, de manera que el par del tren de transmisión tenga una dirección constante durante el apagado de la turbina eólica, estando la turbina eólica caracterizada por que la carga del convertidor del lado del generador se aplica de acuerdo con una referencia de potencia derivada de una curva de par-velocidad del generador.

7. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6, en la que el dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia está adaptado para recibir una cantidad de potencia excedente controlada por el convertidor del lado del generador, de manera que el par del tren de transmisión tenga una dirección constante durante el apagado de la turbina eólica.

8. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en la que el dispositivo de disipación de potencia o de almacenamiento de potencia comprende una resistencia, un condensador o una batería.

9. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en la que el tren de transmisión comprende una caja de engranajes.

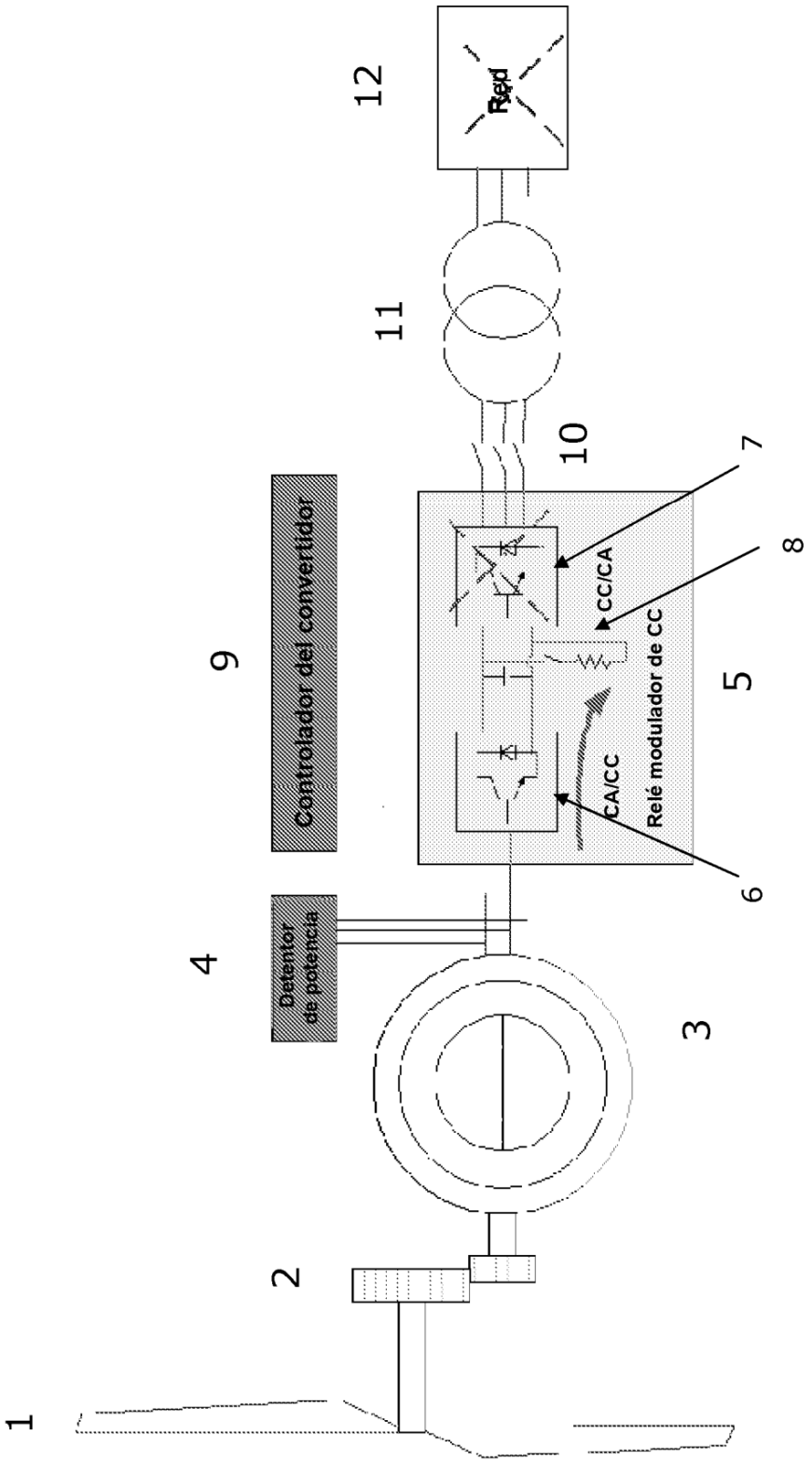
1
2
3
4
Detentor de potencia
9
Controlador del convertidor
10
11
12
Red
5
CC/CA
Relé modulador de CC
CA/CC
6
7
8

Fig. 1

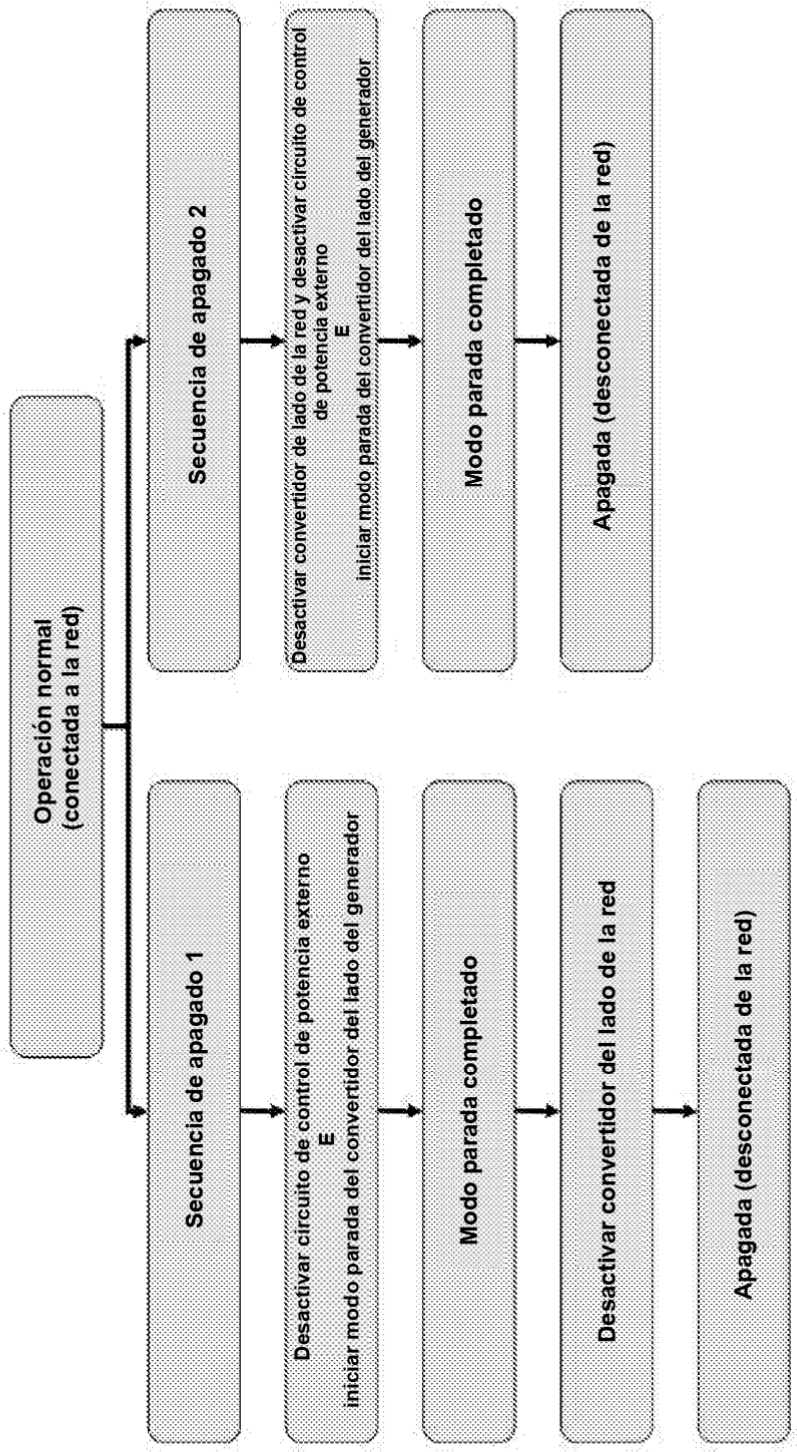
Operación normal
(conectada a la red)
Secuencia de apagado 1
Desactivar circuito de control de potencia externo
E
iniciar modo parada del convertidor del lado del generador
Modo parada completado
Desactivar convertidor del lado de la red
Apagada (desconectada de la red)
Secuencia de apagado 2
Desactivar convertidor de lado de la red y desactivar circuito de control de potencia externo
E
iniciar modo parada del convertidor del lado del generador
Modo parada completado
Apagada (desconectada de la red)

Fig. 2

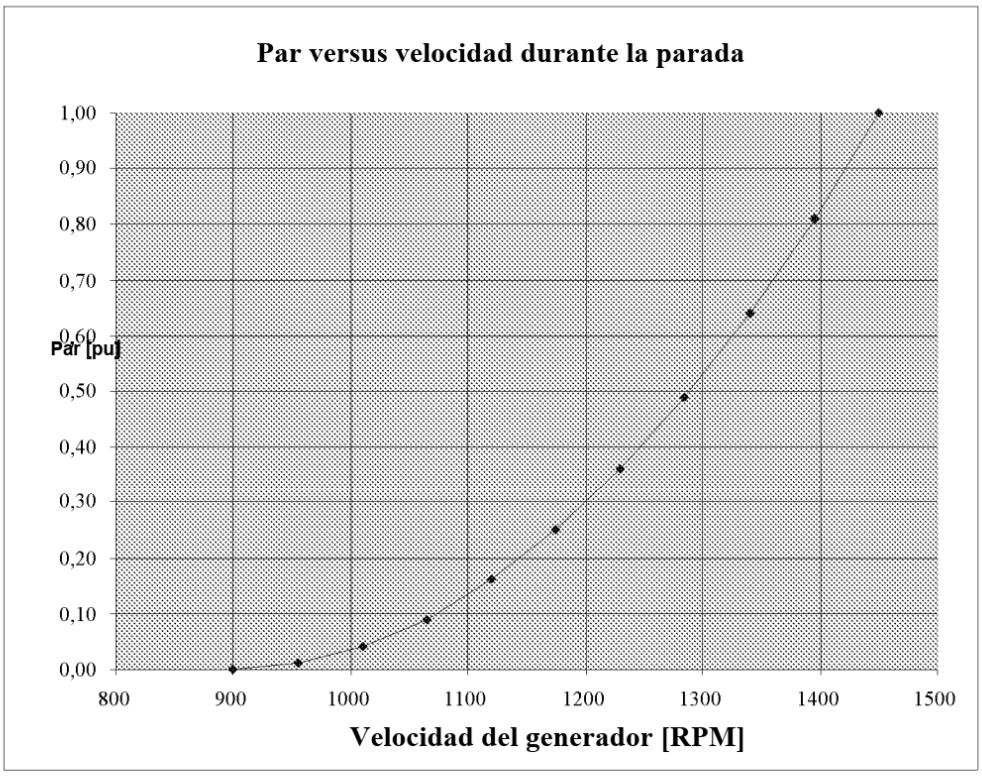
Par versus velocidad durante la parada
1,00
0,90
0,80
0,70
0,60
Par [pu]
0,50
0,40
0,30
0,20
0,10
0,00
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
Velocidad del generador [RPM]

Fig. 3