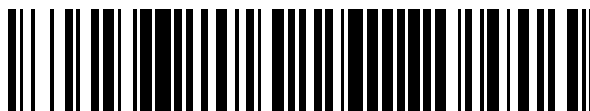


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 017**

51 Int. Cl.:

H02P 9/08 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

H02M 5/00 (2006.01)

F03D 9/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2007 E 07120763 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 1928080**

54 Título: **Suministro de tensión de excitación para generador síncrono usado en una turbina eólica, y procedimiento para arrancar una turbina eólica que tiene dicho suministro de tensión de excitación**

30 Prioridad:

16.11.2006 US 560448

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

18.12.2017

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 RIVER ROAD
SCHENECTADY, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

EDENFELD, THOMAS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 647 017 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

Suministro de tensión de excitación para generador síncrono usado en una turbina eólica, y procedimiento para arrancar una turbina eólica que tiene dicho suministro de tensión de excitación

5 La presente invención se refiere al campo de las turbinas eólicas, en especial a las turbinas eólicas que tienen un generador síncrono excitado eléctricamente, y más en particular al suministro de tensión de excitación de un generador síncrono de este tipo. Además, la presente invención se refiere al procedimiento de arranque de una turbina eólica de este tipo.

10 Los generadores eléctricos síncronos tienen un rotor que se excita con corriente continua, normalmente a través de anillos de deslizamiento. Se genera una tensión alterna en los enrollamientos de estátor por el campo giratorio del rotor. En diseños comunes, la tensión de excitación de rotor se toma de la red eléctrica y se suministra al rotor a través de un circuito separado. Sin embargo, en los casos de baja tensión de red o incluso fallo de la red, es decir, tensión de red cero, la tensión de excitación ya no es suficiente para garantizar que el generador siga excitado. Por lo tanto, no se garantiza que el convertidor que realiza la conexión a la red pueda permanecer en línea. En particular, si la tensión decreciente de los enrollamientos de rotor se usa para alimentar el convertidor durante una tensión de red baja o cero, solo puede mantenerse un suministro suficiente durante un breve período de tiempo, en función de la constante de tiempo del generador. Véase, por ejemplo, el documento US2004/0201221.

15 Otros diseños conocidos proponen el uso de una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) para regular el circuito de excitación del rotor. Debido a la UPS, puede suministrarse una tensión de excitación suficiente a los enrollamientos de rotor incluso durante períodos más largos de tensión de red baja o cero. Sin embargo, el uso de una UPS provoca costes adicionales, aumenta la cantidad de piezas que se deben mantener y aumenta el peso de la turbina.

20 En vista de lo anterior, se proporciona una turbina eólica que incluye un generador síncrono que tiene un estátor y un rotor, un enlace de CA-CC-CA para acoplar dicho generador síncrono a una red, en la que el enlace de CC está conectado al rotor de dicho generador síncrono para suministrar una tensión de excitación a un enrollamiento de rotor de dicho rotor.

25 Aspectos, ventajas y características adicionales de la presente invención son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos adjuntos.

30 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona una planta de energía eólica, incluyendo la planta de energía eólica un generador síncrono excitado eléctricamente que tiene un estátor y unos enrollamientos de rotor, un enlace de CA-CC-CA para acoplar dicho generador síncrono a una red eléctrica, en la que el enlace de CC está conectado a los enrollamientos de rotor de dicho generador síncrono para aplicar un tensión de excitación.

35 De acuerdo con el aspecto descrito anteriormente de la invención, la tensión de excitación se suministra a los enrollamientos de rotor desde el enlace de CC. En otras palabras, la tensión de enlace de CC del convertidor se usa para alimentar el circuito de excitación del generador. Por lo tanto, el generador se mantiene en funcionamiento y puede recargar el enlace de CC. Esto permite que la turbina permanezca en línea incluso durante períodos muy largos de tensión de red baja o incluso de tensión de red cero. Por lo tanto, la turbina puede soportar la red y compensar las pérdidas eléctricas en el convertidor siempre que el rotor eólico de la turbina esté girando. En consecuencia, se mejora considerablemente la capacidad de pasode la turbina para eventos de tensión baja o cero. Además, no se requiere una UPS en la presente disposición, ahorrando de este modo costes y esfuerzo de mantenimiento. Además, incluso el suministro de circuito de excitación normal de la red puede omitirse ya que la fuente de alimentación del enlace de CC es suficiente para el funcionamiento normal de la turbina.

40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un circuito de tensión de CC intermedio para una turbina eólica. El circuito de tensión de CC intermedio incluye un inversor de CA-CC del lado del generador adaptado para acoplarse a los enrollamientos de estátor de un generador síncrono de la turbina eólica, un inversor de CC-CA del lado de la red para acoplarse a una red eléctrica, un circuito que conecta dicho inversor de CA-CC del lado del generador y dicho inversor de CC-CA del lado de la red, y un convertidor de CC-CC adaptado para conectarse entre dicho circuito y los enrollamientos de rotor de dicho generador síncrono.

45 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un procedimiento de arrancar una turbina eólica con un generador síncrono excitado eléctricamente. El procedimiento incluye las etapas de (a) abrir un conector de red; (b) cerrar un conector de derivación para derivar un inversor de CC-CA del lado de la red de dicha turbina eólica; (c) cargar un enlace de CC de dicha turbina eólica; (d) suministrar una tensión de excitación a los enrollamientos de rotor de dicho generador síncrono, en el que dicha tensión de excitación se suministra desde el enlace de CC; y (e) abrir dicho conector de derivación y cerrar dicho conector de red.

En los dibujos:

55 La figura 1 muestra una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 2 muestra una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con otra realización de la presente invención en una primera condición.

La figura 3 muestra la turbina eólica de la figura 2 en una segunda condición.

La figura 4 muestra la turbina eólica de la figura 2 en una tercera condición.

5 La figura 5 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización adicional de la presente invención.

La figura 6 muestra una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una realización adicional de la presente invención.

10 A continuación, se hará referencia en detalle a las diversas realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en las figuras. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, y no pretende ser una limitación de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden usarse en o junto con otras realizaciones para producir otra realización más. Se pretende que la presente invención incluya tales modificaciones y variaciones.

15 La figura 1 muestra una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención. En este caso, una turbina 100 eólica incluye un rotor 110 eólico que captura energía cinética del viento durante su funcionamiento y la convierte en energía rotacional. El rotor 110 eólico está acoplado a un árbol 120 de rotor al que se transfiere la energía de rotación. El árbol 120 de rotor está acoplado al rotor 132 de un generador 130 eléctrico, o directamente o a través de una caja de cambios (no mostrada). El generador 130 eléctrico es un generador síncrono que tiene un rotor 132 y un estátor 134. Durante el funcionamiento, se suministra una tensión de CC a los enrollamientos del rotor 132 para crear un campo de excitación. La rotación del rotor 132 induce una tensión de CA en los enrollamientos del estátor 134. Los enrollamientos de estátor están conectados a una red eléctrica a través de un enlace 140 de CA-CC-CA y una conexión 150 de red.

20 El enlace 140 de CA-CC-CA incluye un inversor 142 de CA-CC del lado de la red que está conectado a un inversor 144 de CC-CA del lado de la red a través de un enlace de CC que incluye un condensador 146 de enlace de CC. Durante el funcionamiento de la turbina, el inversor 142 de CA-CC del lado del generador convierte la tensión de CA generada por el generador 130 en una tensión de CC. A continuación, esta tensión de CC se reconvierte por el inversor 144 del lado de la red en una tensión de CA que tiene la frecuencia de red necesaria. Por lo tanto, la velocidad variable del rotor 110 eólico no interfiere con la frecuencia de red constante. Antes de la operación del inversor 142 de CA-CC y del inversor 144 de CC-AC, el condensador 146 de enlace de CC está cargado. Además, los expertos en la materia entenderán que el enlace de CC está prácticamente desacoplado de la red por el inversor 144 de CC-CA.

25 Además, el circuito 140 de tensión de CC intermedio de acuerdo con una realización de la presente invención incluye una conexión entre el rotor 132 del generador 130 y el enlace de CC. En particular, el enlace de CC está conectado a los enrollamientos de rotor de tal manera que se exciten los enrollamientos de rotor. En la realización mostrada en la figura 1, un convertidor 148 de CC-CC está conectado entre el enlace de CC y el rotor. Normalmente, el enlace de CC tiene una tensión en el intervalo de aproximadamente 1000 voltios mientras que las tensiones de excitación típicas para los enrollamientos de rotor son considerablemente más pequeñas. Una relación de conversión típica del convertidor de CC-CC está en el intervalo de aproximadamente 20:1 a 2:1, más normalmente en el intervalo de aproximadamente 12:1 a 5:1. En otras palabras, la tensión de excitación típica de los enrollamientos de rotor es de unos pocos cientos de voltios. Debido al desacoplamiento virtual del enlace de CC de la red, la tensión de enlace de CC cae solo alrededor de un 1 a un 10 %, normalmente alrededor de un 5 %, durante unos eventos de tensión de red baja o de tensión de red cero. Por lo tanto, la tensión del enlace de CC es suficiente para mantener la tensión de excitación de los enrollamientos de rotor durante tales eventos de tensión de red baja o de tensión de red cero. De este modo, el generador 130 puede recargar el enlace de CC y compensar las pérdidas de los inversores y convertidores siempre que el rotor 110 eólico esté girando. Por consiguiente, una turbina eólica que incluye un circuito 140 de tensión de CC intermedio de acuerdo con una realización de la presente invención tiene una capacidad de paso de baja tensión o de tensión cero mejorada para eventos de tensión de red baja o cero, siempre que sean uno o más segundos. Además, no se requiere una UPS en las realizaciones de acuerdo con la presente invención, ahorrando de este modo costes y esfuerzo de mantenimiento. Además, incluso el suministro de circuito de excitación normal de la red puede omitirse ya que la fuente de alimentación del enlace de CC es suficiente para el funcionamiento normal de la turbina.

30 De acuerdo con una realización aún adicional de la presente invención, el inversor 142 de CA-CC del lado del generador, el inversor 144 de CC-CA del lado de la red, y el convertidor 148 de CC-CC conectado entre el enlace de CC y los enrollamientos de rotor pueden integrarse en un solo componente como lo indica la caja de líneas discontinuas en la figura 1. Por lo tanto, el número de piezas puede reducirse aún más. En particular, los expertos en la materia entenderán que los inversores 142, 144 y el convertidor 148 pueden realizarse mediante electrónica de potencia como un IGBT.

En la realización anterior, el generador se ha descrito como un generador síncrono de anillo colector típico. Sin

embargo, los expertos en la materia entenderán que la presente invención también puede aplicarse a generadores con excitadores sin escobillas. Ya que la implementación de la presente invención en generadores con excitadores sin escobillas no presenta ningún problema específico para los expertos en la materia, la descripción detallada de dicha realización se omite para evitar la redundancia.

5 La figura 2 muestra una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con otra realización de la presente invención. Además de la realización mostrada en la figura 1, la conexión 150 de red de la realización mostrada en la figura 2 incluye un conector 152 de red y un conector 154 de derivación. El conector 152 de red se usa para conectar la turbina a la red eléctrica durante el funcionamiento. El conector 154 de derivación está conectado entre la red eléctrica y el enlace de CC, derivando de este modo el contactor 152 de red a través de los diodos de volante libre del inversor 144 de CC-CA del lado de la red para cargar el enlace de CC.

10 A continuación, se describe un procedimiento de arranque para una turbina eólica tal como se muestra en la figura 2 haciendo referencia a las figuras 2 a 5. En este caso, la figura 2 muestra la turbina 100 eólica de acuerdo con la realización en una primera condición, las figuras 3 y 4 muestran la misma turbina 100 eólica en unas condiciones segunda y tercera, respectivamente. La figura 5 muestra un diagrama de flujo del procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención. La figura 2 muestra la condición de la turbina eólica cuando la turbina está fuera de servicio, por ejemplo, después de un tiempo de inactividad debido a trabajos de mantenimiento. La turbina 100 está desconectada de la red eléctrica ya que se han abierto el conector 152 de red y el conector 154 de derivación. En una siguiente etapa 502, el conector 154 de derivación se cierra de tal manera que se establece una conexión entre el enlace 140 de CC y la red. Esta es la segunda condición de la turbina 100 eólica mostrada en la figura 3. Sin embargo, el inversor 144 de CC-CA se deriva ya que el conector 152 de red todavía está en su estado abierto. Después de cerrar el conector 154 de derivación en la etapa 502, el enlace 140 de CC que incluye el condensador 146 de enlace de CC se carga en la etapa 503. Cuando la tensión de enlace de CC alcanza un valor umbral, el convertidor 148 de CC-CC arranca a suministrar tensión de CC a los enrollamientos de rotor del rotor 132 de generador en la etapa 504, generando de este modo un campo de excitación para el generador 130 síncrono. Ahora, el generador 130 arranca a producir energía eléctrica que se suministra al inversor 142 de CA-CC. Después de que el sistema ha alcanzado el nivel de funcionamiento, se abre el contactor 154 de derivación y el contactor 152 de red se cierra en la etapa 505. Esta es la tercera condición de la turbina 100 eólica que se muestra en la figura 4. Por lo tanto, se ha logrado el arranque de la turbina 100 eólica. El procedimiento y la turbina eólica de acuerdo con las realizaciones de la presente invención no requieren una conexión adicional entre la red y los enrollamientos de rotor para la puesta en marcha. Por lo tanto, la configuración general de la turbina eólica, así como el propio procedimiento, son de complejidad reducida en comparación con los sistemas de turbina eólica de la técnica anterior y/o los procedimientos de arranque que utilizan tales conexiones adicionales entre la red y el rotor.

35 De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, la etapa 504 del procedimiento para suministrar la tensión de excitación a los enrollamientos de rotor incluye la conversión de la normalmente alta tensión de enlace de CC en una tensión de excitación normalmente inferior. En general, la conversión de la tensión de enlace de CC en la tensión de excitación se realiza con una relación de conversión en el intervalo de aproximadamente 20:1 a 2:1, más normalmente en el intervalo de aproximadamente 12:1 a 5:1. De acuerdo con una realización típica adicional, el inversor 142 de CA-CC y el inversor 144 de CC-CA están sincronizados antes de que la turbina eólica se conecte a la red, es decir, antes de la etapa 505.

40 La figura 6 muestra una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una realización adicional de la presente invención. En este caso, los enrollamientos de estator del generador 130 están conectados con un circuito 143 rectificador de puente, realizado normalmente por un puente de diodos. Normalmente, el circuito 143 rectificador de puente no requiere un IGBT y, por lo tanto, está disponible a un precio inferior en comparación con el inversor 142 de CA-CC. Sin embargo, el circuito 143 rectificador de puente no puede controlarse en la misma medida que el inversor 142. Además, el enlace de CC incluye un convertidor 145 elevador para aumentar la tensión de enlace de CC. Además del condensador 146 de enlace de CC, un condensador 147 de enlace de CC adicional está conectado normalmente entre el circuito 143 rectificador de puente y el convertidor 145 elevador. Como en las realizaciones descritas anteriormente, la tensión de enlace de CC se usa para alimentar el circuito de excitación del rotor 132 de generador a través de un convertidor 148. Aunque la configuración de la turbina 100 eólica es algo diferente de las realizaciones descritas anteriormente, el funcionamiento de la misma es básicamente como se ha descrito anteriormente, de tal manera que se omiten los detalles.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina (100) eólica que comprende,
 - un generador (130) síncrono que tiene un estátor (134) y un rotor (132),
 - un enlace (140) de CA-CC-CA para acoplar dicho generador síncrono a una red, comprendiendo el enlace (140) de CA-CC-CA un enlace de CC; y
 - un convertidor (148) de CC-CC conectado entre el enlace de CC y los enrollamientos de rotor del rotor (132);
 - en la que el enlace de CC está conectado a través de dicho convertidor (148) de CC-CC al rotor (132) de dicho generador (130) síncrono para suministrar una tensión de excitación a un enrollamiento de rotor de dicho rotor (132).
2. La turbina (100) eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el generador (130) es un generador síncrono excitado eléctricamente.
3. La turbina (100) eólica de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que dicho convertidor (148) de CC-CC tiene una relación de conversión en el intervalo de aproximadamente 20:1 a 2:1.
4. La turbina (100) eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el enlace de CC proporciona una capacidad de paso de la tensión de excitación de rotor durante uno o más segundos.
5. La turbina (100) eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el enlace de CC proporciona una capacidad de paso de la tensión de excitación de rotor para salidas de baja tensión y de tensión cero de una tensión de red.
6. La turbina (100) eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la tensión de enlace de CC cae un máximo de un 1 a un 10 % en comparación con la tensión de enlace de CC normal durante una salida de tensión de red cero.
7. La turbina (100) eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el enlace de CC está desacoplado de la red.
8. La turbina (100) eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un inversor (142) de CA-CC del lado del generador adaptado para acoplarse a los enrollamientos de estátor del generador (130) síncrono de la turbina (100) eólica, y un inversor (144) de CC-CA del lado de la red adaptado para acoplarse a una red eléctrica, en la que el enlace de CC está formado entre el inversor (142) de CA-CC del lado del generador y el inversor (144) de CC-CA del lado de la red.
9. La turbina (100) eólica de acuerdo con la reivindicación 8, en la que el inversor (142) de CA-CC del lado del generador, el inversor (144) de CC-CA del lado de la red y un CC-CC (148) conectados entre el enlace de CC y los enrollamientos de rotor de dicho generador (130) síncrono están integrados en un componente.
10. La turbina (100) eólica de acuerdo con las reivindicaciones 8 y 9, que comprende además un contactor (154) de derivación para derivar el inversor (144) de CC-CA del lado de la red.
11. La turbina (100) eólica de acuerdo con las reivindicaciones 8 a 10, que comprende un circuito (146) que conecta dicho inversor (142) de CA-CC del lado del generador y dicho inversor (144) de CC-CA del lado de la red.
12. La turbina (100) eólica de acuerdo con la reivindicación 11, en la que dicho convertidor (148) de CC-CC tiene una relación de conversión en el intervalo de aproximadamente 20:1 a 2:1.
13. La turbina (100) eólica de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en la que una tensión de enlace de CC cae un máximo de un 1 a un 10 % en comparación con una tensión de enlace de CC operacional durante una salida de tensión de red cero.
14. La turbina (100) eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que comprende además un contactor (152) de derivación para derivar el inversor (144) de CC-CA del lado de la red.
15. Un procedimiento para arrancar una turbina (100) eólica con un generador (130) síncrono excitado eléctricamente, que comprende las etapas de:
 - (a) abrir (501) un contactor (152) de red;
 - (b) cerrar (502) un contactor (154) de derivación para derivar un inversor (144) de CC-CA del lado de la red de dicha turbina (100) eólica;
 - (c) cargar (503) un enlace de CC de dicha turbina (100) eólica;
 - (d) suministrar (504) una tensión de excitación a los enrollamientos de rotor de dicho generador (130) síncrono convirtiendo una tensión de enlace de CC en una tensión de excitación de generador, en el que dicha tensión de excitación se suministra desde el enlace de CC;
 - (e) abrir (505) dicho contactor (154) de derivación y cerrar dicho conector de red.

16. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, en el que la conversión se realiza con una relación de conversión en el intervalo de aproximadamente 20:1 a 2:1.
17. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 y 16, en el que el inversor (144) de CC-CA del lado de la red se sincroniza con una frecuencia de red antes de la etapa (e).
- 5 18. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en el que un inversor (142) de CA-CC del lado del generador se sincroniza con una frecuencia de red antes de la etapa (e).

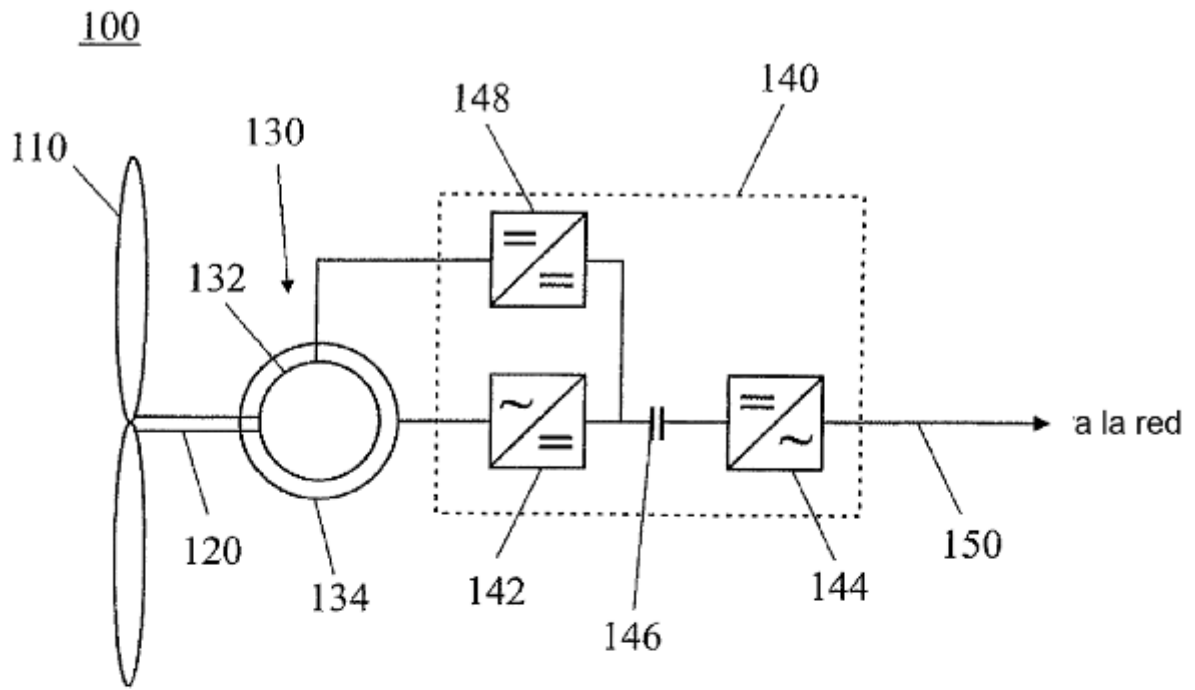


Fig. 1

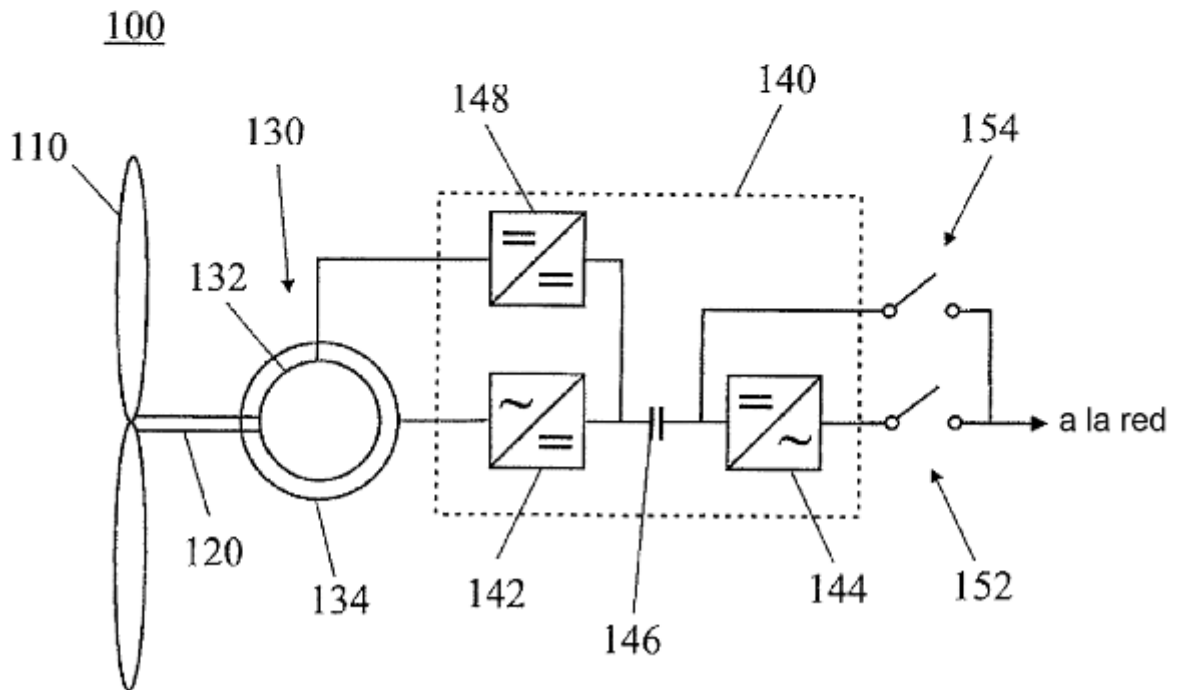


Fig. 2

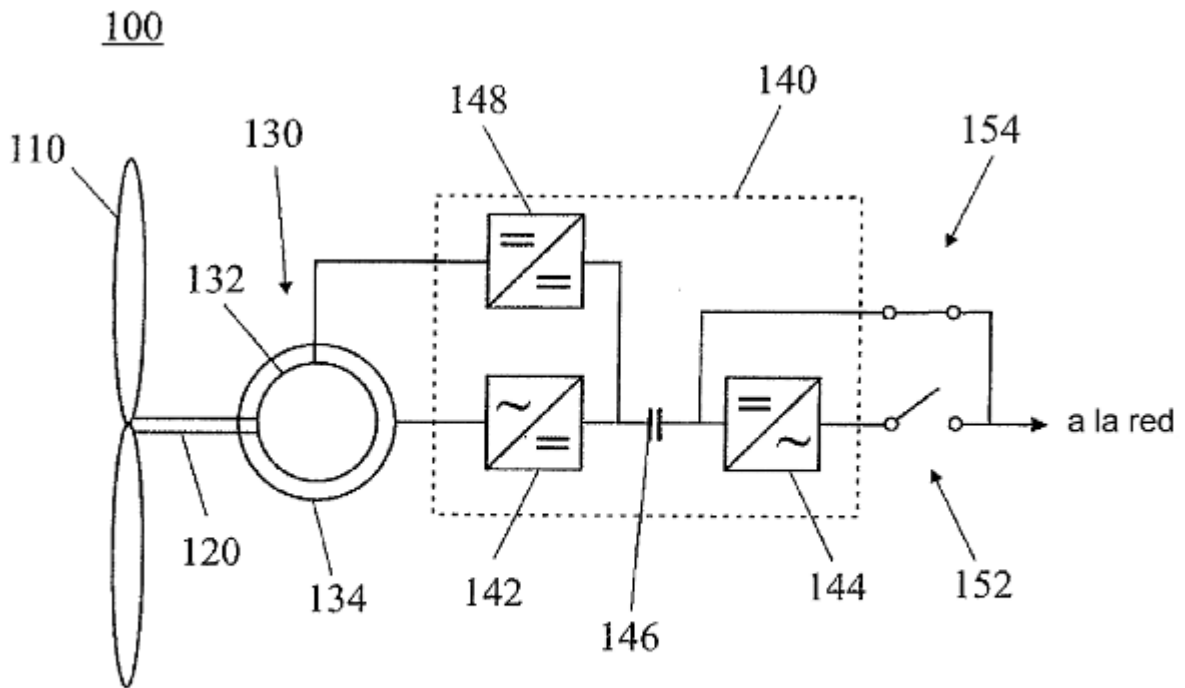


Fig. 3

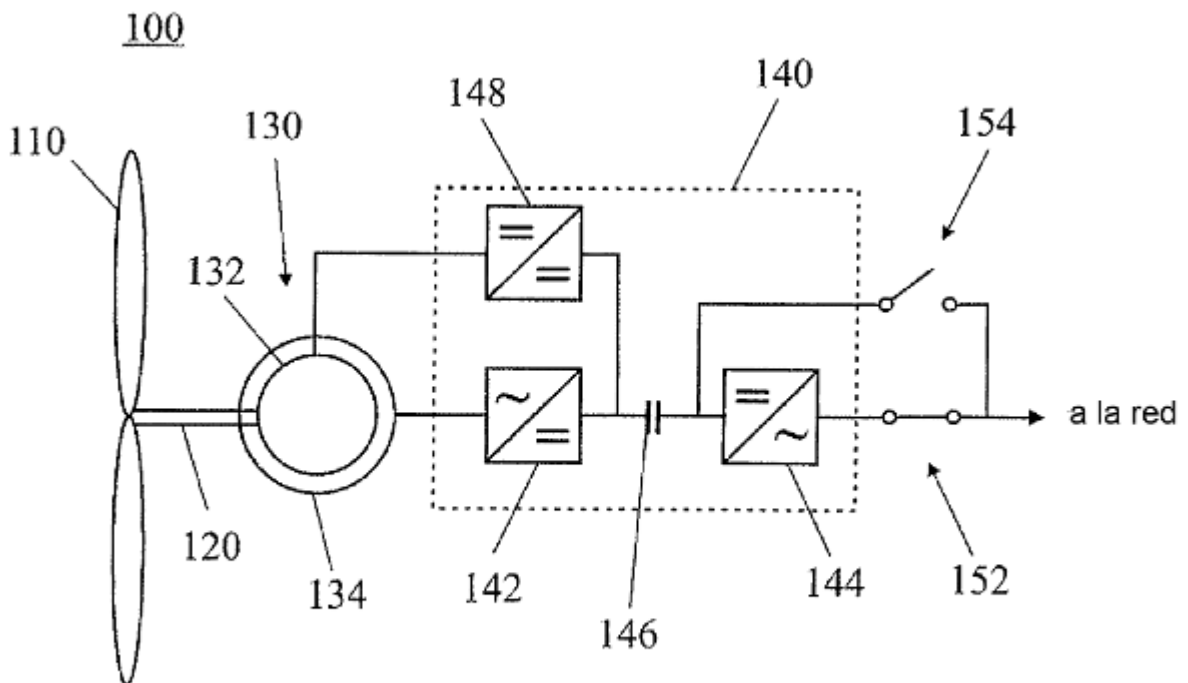


Fig. 4

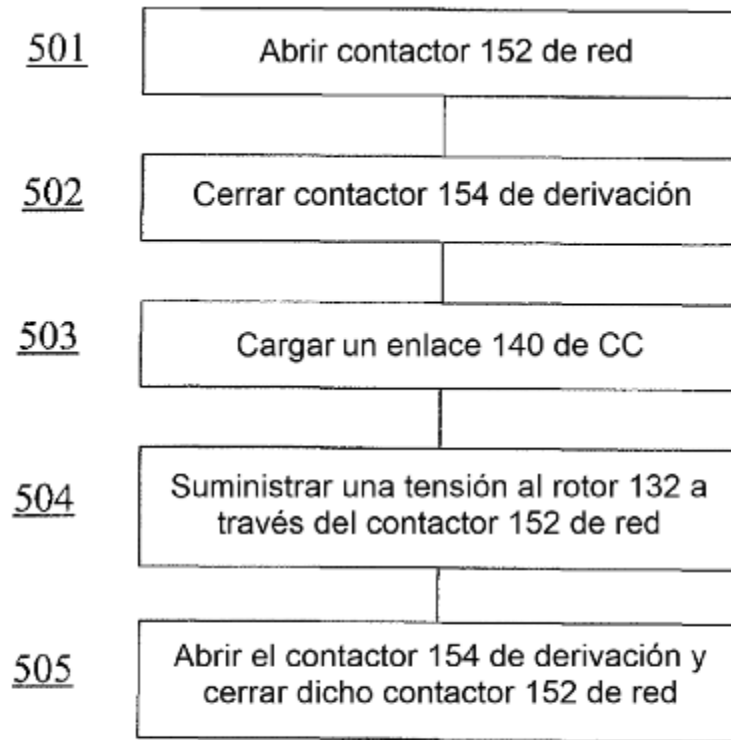


Fig. 5

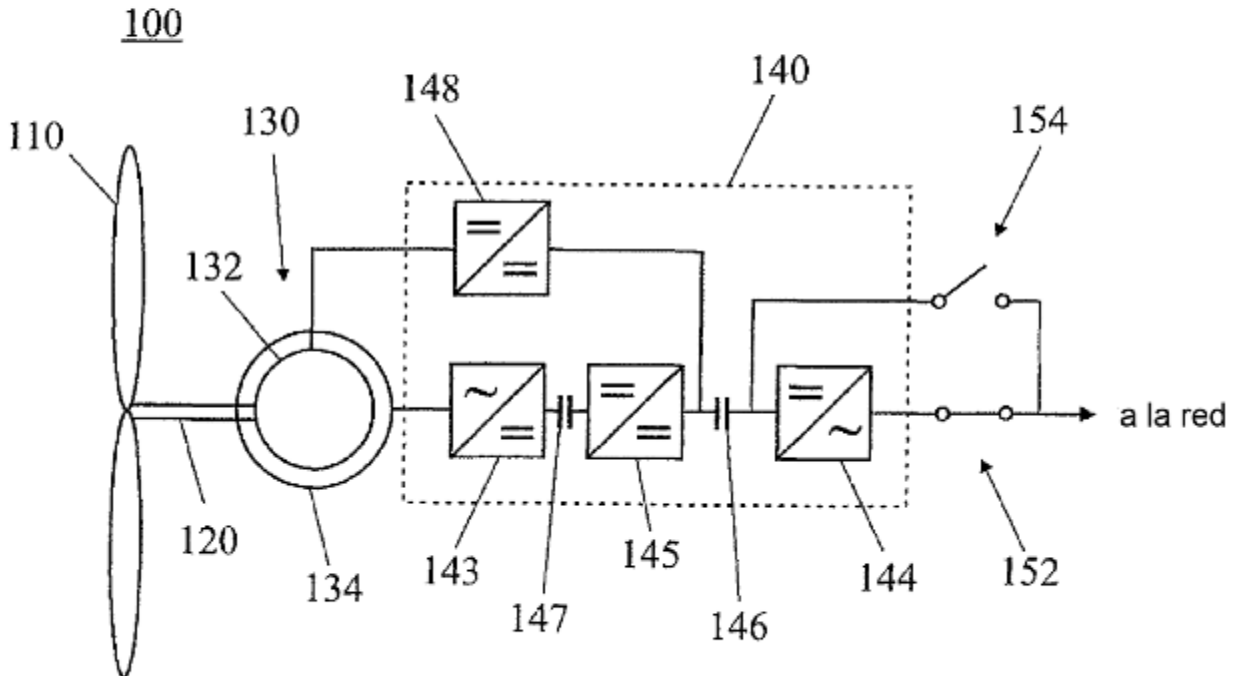


Fig. 6