

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 488**

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2020 PCT/CN2020/094917**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.06.2021 WO21114589**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2020 E 20897796 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024 EP 4075628**

54 Título: **Método y sistema para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo**

30 Prioridad:

13.12.2019 CN 201911279792

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

20.11.2024

73 Titular/es:

GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD.
(100.0%)

**107 Shanghai Road, Economic & Technological
Development Zone
Urumqi, Xinjiang 830026, CN**

72 Inventor/es:

**ZHOU, JIE;
HUANG, YUANYAN;
QIN, CHENGZHI;
ZHANG, SHAOHUA y
CHEN, XIN**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 988 488 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).

DESCRIPCION

Método y sistema para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo

5

Campo técnico

La solicitud se refiere al campo de las tecnologías de generación de energía eólica y, en particular, a un método y sistema para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo.

10

CN 108134404 A divulga un método y aparato de control del paso de alta tensión para una turbina eólica. En más detalle, el método incluye monitorizar en tiempo real la tensión de un punto de conexión a la red de una central eólica; controlar un conjunto de generador de energía eólica para ejecutar el paso de alta tensión y finalizar el paso de alta tensión de acuerdo con la tensión del punto de conexión a la red y la salida de tensión nominal del conjunto de generador de energía eólica, en el que el conjunto de generador de energía eólica se controla para reducir la corriente activa proporcionada a los puntos de conexión a la red y para aumentar la corriente reactiva proporcionada a los puntos de conexión a la red durante el periodo de ejecución del paso de alta tensión y el conjunto de generador de energía eólica se controla para proporcionar corriente activa gradualmente en aumento al punto de conexión a la red y para proporcionar corriente reactiva a la red de conexión de energía de acuerdo con el estado de funcionamiento del conjunto de generador de energía eólica antes de la ejecución del paso de alta tensión después de finalizar el paso de alta tensión. Por lo tanto, se puede asegurar el restablecimiento de la tensión de la red eléctrica y evitar fallos de paso de alta tensión.

15

20

CN 108155665 A1 divulga un método y aparato de control de paso de baja tensión para una turbina eólica.

Antecedentes

25

Una turbina eólica de imanes permanentes de control directo adopta una tecnología de generación de energía eólica de velocidad variable y frecuencia constante que utiliza una caja de engranajes que no aumenta la velocidad y un impulsor para controlar directamente un generador síncrono multipolar de imanes permanentes de baja velocidad, y se conecta a una red de energía a través de un convertidor de plena energía para conseguir un desemparejamiento completo de la turbina eólica con la red de energía. Las características de emparejamiento de la turbina eólica dependen principalmente del rendimiento técnico del convertidor en su lado de la red.

30

Cuando la tensión en un punto de emparejamiento común de un parque eólico disminuye o aumenta debido a un fallo o a una perturbación en el sistema eléctrico, es necesario que la turbina eólica realice un paso de baja tensión o un paso de alta tensión para mantener la turbina eólica conectada a la red de energía y en funcionamiento continuo. La capacidad de la turbina eólica de imanes permanentes de control directo para realizar el paso de baja tensión y el paso de alta tensión se refleja principalmente en los dos aspectos siguientes: durante el paso de tensión, la tensión de un bus de corriente continua (CC) se mantiene estable mediante una unidad de frenado conectada en paralelo con el bus de CC para mantener estable una salida de energía activa; y durante el paso de tensión, el convertidor del lado de la red contribuye a la rápida recuperación de la tensión de la red de energía mediante la salida rápida de una corriente reactiva.

35

40

En materias relacionadas, durante el paso de baja tensión o de alta tensión de la turbina eólica, sólo se proporciona un soporte de energía reactiva transitoria de acuerdo con un grado de aumento o disminución de la tensión de la red de energía y una energía reactiva proporcionada antes del paso. No hay ninguna divulgación en las materias relacionadas sobre un método de control para que la turbina eólica proporcione, en procesos de paso continuo de baja tensión y de paso continuo de alta tensión, soportes de energía activa y de energía reactiva cuando pasa desde el paso de baja tensión al paso de alta tensión.

45

Resumen

50

Las realizaciones de la solicitud proporcionan un método y un sistema para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imán permanente y control directo, que puede soportar eficazmente las tensiones de la red.

55

La presente invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas se definen mediante las reivindicaciones dependientes. Se proporcionan otros aspectos para facilitar la comprensión de la invención. En un primer aspecto, las realizaciones de la solicitud proporcionan un método para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imán permanente de control directo. El método incluye: monitorizar una tensión en un punto de emparejamiento común de un parque eólico; determinar un periodo de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa de un estado de paso de alta tensión a un estado de paso de baja tensión; controlar la turbina eólica para proporcionar, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente activa gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común; y controlar la turbina eólica para proporcionar, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente reactiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con un estado de operación de la turbina eólica antes del estado de paso de alta tensión.

60

65

En una realización de la solicitud, el controlar la turbina eólica para proporcionar, durante el periodo de tiempo de transición, la corriente activa gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común incluye: aumentar la corriente activa a una tasa de recuperación preestablecida.

5 De acuerdo con la invención, el controlar la turbina eólica para proporcionar, durante el periodo de tiempo de transición, la corriente reactiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con el estado de operación de la turbina eólica antes del estado de paso de alta tensión comprende uno de los siguientes: controlar la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva cero al punto de emparejamiento común bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva cero al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión; controlar la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión; y controlar la turbina eólica para proporcionar un paso de cambio a una corriente reactiva inductiva proporcionada por la turbina eólica antes del paso de alta tensión al punto de emparejamiento común bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva inductiva al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión.

En una realización de la solicitud, el controlar la turbina eólica para que proporcione la corriente reactiva capacitiva que aumenta gradualmente al punto de emparejamiento común incluye: controlar una tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva para que sea consistente con una tasa de aumento de una energía activa de salida de la turbina eólica; y controlar la turbina eólica para que proporcione la corriente reactiva capacitiva que aumenta gradualmente al punto de emparejamiento común de acuerdo con la tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva.

De acuerdo con la invención, la determinación del periodo de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa del estado de paso de alta tensión al estado de paso de baja tensión incluye: determinar que el periodo de tiempo de transición comienza si la tensión supervisada en el punto de emparejamiento común disminuye en comparación con una tensión en el punto de emparejamiento común al principio del estado de paso de alta tensión de la turbina eólica y la cantidad de disminución no es inferior a un umbral preestablecido; y determinar que el periodo de tiempo de transición termina si la tensión supervisada en el punto de emparejamiento común disminuye hasta un umbral de paso de baja tensión preestablecida.

En una realización de la solicitud, el método incluye, además: controlar la turbina eólica para que entre en el estado de paso de baja tensión una vez finalizado el periodo de tiempo de transición, y proporcionar una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con un grado de disminución de la tensión en el punto de emparejamiento común y una energía reactiva de la turbina eólica antes del paso de alta tensión.

En un segundo aspecto, la invención proporciona un sistema para controlar el paso de alta tensión continuo y el paso de baja tensión de una turbina eólica de imán permanente y control directo, de acuerdo con la reivindicación 5.

En una realización de la solicitud, el controlador está configurado específicamente para aumentar una corriente activa a una tasa de recuperación preestablecida.

De acuerdo con la invención, el controlador está configurado específicamente para realizar una de las siguientes acciones: controlar la turbina eólica para proporcionar una corriente reactiva cero al punto de emparejamiento común bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva cero al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión; controlar la turbina eólica para proporcionar una corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión; y controlar la turbina eólica para proporcionar un paso de cambio a una corriente reactiva inductiva proporcionada por la turbina eólica antes del paso de alta tensión al punto de emparejamiento común bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva inductiva al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión.

En una realización de la solicitud, el controlador está configurado específicamente para: controlar una tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva para que sea consistente con una tasa de aumento de una energía activa de salida de la turbina eólica; y controlar la turbina eólica para que proporcione la corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común de acuerdo con la tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva.

De acuerdo con la invención, el controlador está configurado además para: determinar que el periodo de transición comienza si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye en comparación con una tensión en el punto de emparejamiento común al principio del paso de alta tensión de la turbina eólica y una cantidad en disminución no es inferior a un umbral de paso preestablecido; y determinar que el periodo de tiempo de transición termina si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye hasta un umbral de paso de baja tensión preestablecido.

En una realización de la solicitud, el controlador está configurado además para: controlar la turbina eólica para entrar en el estado de emparejamiento común de baja tensión después de finalizado el periodo de tiempo de transición, y para proporcionar una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con un grado de disminución

de la tensión en el punto de emparejamiento común y una energía reactiva de la turbina eólica antes del paso de alta tensión.

5 En un tercer aspecto, las realizaciones de la solicitud proporcionan un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones de programa de ordenador, que implementan, al ser ejecutadas por un procesador, el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 del método.

10 En el método y sistema para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo, de acuerdo con las realizaciones de la presente solicitud, la turbina eólica se controla para proporcionar una corriente activa gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común durante el período de tiempo de transición en el que la turbina eólica pasa del paso de alta tensión al paso de baja tensión, lo que puede evitar un impacto en la red de energía causado por un aumento instantáneo de la energía activa, y por lo tanto la tensión de la red eléctrica puede ser soportada eficazmente. Por otra parte, como comparación, en una solución que utiliza una corriente reactiva proporcionada antes del paso de alta tensión para soportar energía reactiva a la red de energía, desde la corriente reactiva proporcionada antes del paso de baja tensión es de un valor durante la transición desde el paso de alta tensión al paso de baja tensión, la corriente reactiva puede no ser una corriente reactiva realmente requerida por la red de energía. Por lo tanto, en las realizaciones de la presente solicitud, la turbina eólica se controla para proporcionar, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente reactiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con un estado de operación de la turbina eólica antes del paso de alta tensión, de modo que pueda proporcionarse una corriente reactiva de acuerdo con los requisitos reales de la red de energía, lo que evita que la tensión de la red de energía no pueda recuperarse debido a una energía reactiva insuficiente o excesiva para el paso de baja tensión, y por lo tanto la tensión de la red de energía puede soportarse de manera efectiva.

25 Breve descripción de los dibujos

Con el fin de ilustrar más claramente las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente solicitud, a continuación, se presentan brevemente los dibujos adjuntos que deben utilizarse en las realizaciones de la presente solicitud. Para los expertos en la materia, sin trabajo creativo, los dibujos adicionales pueden obtenerse desde estos dibujos.

30 La Fig. 1 muestra un diagrama de flujo esquemático de un método para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanente de control directo, de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
 La Fig. 2 muestra un diagrama esquemático de la corriente activa y la corriente reactiva bajo la condición de que una turbina eólica está controlada para proporcionar una energía reactiva cero antes del paso de alta
 35 tensión, de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
 La Fig. 3 muestra un diagrama esquemático de la corriente activa y la corriente reactiva bajo la condición de que una turbina eólica está controlada para proporcionar una energía reactiva capacitiva antes del paso de alta tensión, de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
 La Fig. 4 muestra un diagrama esquemático de la corriente activa y la corriente reactiva bajo la condición de que una turbina eólica este controlada para proporcionar una energía reactiva inductiva antes del paso de alta
 40 tensión, de acuerdo con una realización de la presente solicitud;
 La Fig. 5 muestra un diagrama estructural esquemático de una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente solicitud; y
 La Fig. 6 muestra un diagrama esquemático de un sistema de conversión de energía de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo, de acuerdo con una realización de la presente solicitud.

Descripción detallada

50 Las características y realizaciones ejemplares de varios aspectos de la presente solicitud se describirán en detalle a continuación. Con el fin de realizar el propósito, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente solicitud más claramente, la presente solicitud se describirá más detalladamente a continuación con referencia a los dibujos y realizaciones que la acompañan. Debe entenderse que las realizaciones específicas aquí descritas sólo pretenden explicar la presente solicitud, pero no limitar la presente solicitud. Será evidente para los expertos en la materia que la presente solicitud puede ser practicada sin algunos de estos detalles específicos. La siguiente descripción de las realizaciones está meramente proporcionando una mejor comprensión de la presente solicitud mediante la ilustración de ejemplos de la presente solicitud.

60 En este documento, los términos relacionales como "primero" y "segundo", etc., se utilizan únicamente para distinguir una entidad u operación de otra entidad u operación, y no requieren ni implican necesariamente ninguna relación o secuencia real entre estas entidades u operaciones. Por otra parte, los términos "comprende", "incluye" o cualquier otra variación de los mismos pretenden englobar una inclusión no exclusiva tal que un proceso, método, artículo o dispositivo que incluye una lista de elementos incluye no sólo esos elementos, sino que también incluye elementos que no están explícitamente enumerados u otros elementos inherentes a dicho proceso, método, artículo o dispositivo. Sin más limitación, un elemento definido mediante la frase "comprende" no excluye la presencia de elementos adicionales en un proceso, método, artículo
 65 o dispositivo que incluya el elemento.

En materias relativas, en procesos de paso de alta tensión continuo y paso de baja tensión continuo de una turbina eólica, la turbina eólica proporciona generalmente soportes de energía reactiva transitoria de acuerdo con una energía reactiva que se proporciona antes del paso de baja tensión. Sin embargo, en los procesos de paso de alta tensión y paso de baja tensión continuos, una corriente reactiva proporcionada antes del paso de baja tensión tiene un valor durante la transición del paso de alta tensión al paso de baja tensión, de modo que la corriente reactiva puede no ser una corriente reactiva realmente necesaria para una red de energía. En el proceso del paso de baja tensión, si la turbina eólica proporciona una corriente reactiva basada en dicha corriente reactiva, llevará a una energía reactiva insuficiente o excesiva en el proceso del paso de baja tensión, lo que no favorece la recuperación de la tensión de la red de energía.

Realización 1

En el siguiente principio se describe en detalle un método para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imán permanente de control directo, de acuerdo con una realización de la presente solicitud.

La Fig. 1 muestra un diagrama de flujo esquemático de un método para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica controlada directamente por un imán permanente de acuerdo con una realización de la presente solicitud. El método incluye: paso S101: monitorizar una tensión en un punto de emparejamiento común de un parque eólico; y paso S102: determinar un periodo de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa de un estado de paso de alta tensión a un estado de paso de baja tensión, en el que un tiempo de comienzo del periodo de tiempo de transición representa el final del estado de paso de alta tensión, y un tiempo de finalización del periodo de tiempo de transición representa el comienzo del estado de paso de baja tensión.

Ejemplarmente, en el paso S102, cuando la turbina eólica se encuentra en el estado de paso de alta tensión, si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye en comparación con una tensión en el punto de emparejamiento común al comienzo del paso de alta tensión de la turbina eólica y la cantidad en disminución no es inferior a un umbral preestablecido, se determina que comienza el periodo de tiempo de transición, es decir, que finaliza el estado de paso de alta tensión. Si la tensión monitorizada posteriormente en el punto de emparejamiento común disminuye hasta un umbral de paso de baja tensión preestablecido, se determina que finaliza el periodo de tiempo de transición.

El umbral de paso de baja tensión puede establecerse de acuerdo con escenarios de aplicación específicos y requisitos de aplicación, por ejemplo, puede establecerse en 0,8 pu, o puede establecerse en 0,9 pu.

Específicamente, cuando una tendencia de cambio de la tensión en el punto de emparejamiento común disminuye y una cantidad en disminución de cada una de las tres fases de tensiones no es inferior a 0,1 pu, se determina que la tensión de la red de energía comienza a disminuir, y el periodo de tiempo de transición comienza. En este tiempo, la turbina eólica comienza a salir del estado de paso de alta tensión, y se controla una corriente reactiva proporcionada por la turbina eólica para prevenir que una corriente reactiva inductiva excesiva proporcionada por la turbina eólica se solape con la tensión de la red de energía que disminuye gradualmente, evitando así que siga disminuyendo la tensión de la red de energía.

El método en la realización incluye además el paso S103: controlar la turbina eólica para que proporcione, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente activa gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común. Durante el periodo de tiempo de transición, la tensión en el punto de emparejamiento común cambia desde un valor superior a un valor estándar a un valor inferior al valor estándar, la tensión de la red de energía se acerca al valor estándar, y la turbina eólica comienza a recuperar gradualmente la energía activa.

Ejemplarmente, en el paso S103, una corriente activa en aumento a una tasa de recuperación preestablecida se superpone a una corriente activa proporcionada por la turbina eólica hasta el punto de emparejamiento común en el estado de paso de alta tensión.

Por ejemplo, si una corriente activa proporcionada por la turbina eólica al punto de emparejamiento común una vez finalizado el estado de paso de alta tensión es I_1 , entonces en el segundo t del periodo de transición, la corriente activa proporcionada por la turbina eólica al punto de emparejamiento común es equivalente a $I_1 + at$, donde a es la tasa de recuperación preestablecida.

En un ejemplo, la energía nominal de la turbina eólica de imanes permanentes de control directo es P_n , y entonces la tasa de recuperación preestablecida de la energía activa puede ser $30\% \cdot P_n/s \sim P_n/100ms$. Por ejemplo, para una turbina eólica de imanes permanentes de control directo con una energía nominal de 1,5 MW, la tasa de recuperación preestablecida de la energía activa puede ser de 0,45 MW/s una vez finalizado el paso de alta tensión. Es decir, la mencionada tasa de recuperación a puede establecerse específicamente en 0,45 MW/s.

En el paso S104, se controla la turbina eólica para que proporcione, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente reactiva al punto de emparejamiento común, de acuerdo con el estado de operación de la turbina eólica antes del paso de alta tensión.

En el método para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo, de acuerdo con una realización de la presente solicitud, la turbina eólica se controla para proporcionar una corriente activa gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común durante el período de tiempo de transición en el que la turbina eólica pasa del paso de alta tensión al paso de baja tensión, lo que puede evitar un impacto en la red de energía causado por un aumento instantáneo de la energía activa y, por lo tanto, la tensión de la red de energía puede soportarse eficazmente. Por otra parte, como comparación, en una solución que utiliza una corriente reactiva proporcionada antes del paso de alta tensión para soportar energía reactiva a la red de energía, desde que la corriente reactiva proporcionada antes del paso de baja tensión es de un valor durante la transición desde el paso de alta tensión al paso de baja tensión, la corriente reactiva puede no ser una corriente reactiva realmente requerida por la red de energía. Por lo tanto, en la realización de la presente solicitud, la turbina eólica se controla para proporcionar, durante el período de tiempo de transición, una corriente reactiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con un estado de operación de la turbina eólica antes del paso de alta tensión, de modo que pueda proporcionarse una corriente reactiva de acuerdo con los requisitos reales de la red de energía, lo que evita que la tensión de la red de energía no pueda recuperarse debido a una energía reactiva insuficiente o excesiva para el paso de baja tensión, y por lo tanto la tensión de la red de energía puede soportarse eficazmente.

En una realización, el paso S 103 y el paso S 104 se realizan simultáneamente.

Ejemplarmente, el paso S104 incluye las tres situaciones siguientes.

En la primera situación, bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva cero al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión, la turbina eólica se controla para proporcionar una corriente reactiva cero al punto de emparejamiento común. La energía reactiva cero puede indicar una corriente reactiva 0.

En la segunda situación, cuando la turbina eólica proporciona una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión, se controla la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva capacitiva que aumente gradualmente al punto de conexión a la red.

En un ejemplo, el control de la turbina eólica para proporcionar una corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común en la segunda situación puede incluir específicamente: controlar una tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva para que sea consistente con una tasa de aumento de una energía activa de salida de la turbina eólica, y controlar la turbina eólica para proporcionar la corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común de acuerdo con la tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva.

Por ejemplo, la corriente reactiva capacitiva puede tener un valor inicial de $I_p \cdot \text{tg} \varnothing$ al comienzo del periodo de tiempo de transición, y se cambia de acuerdo con la tasa de recuperación de la energía activa como se describe en el paso S103, manteniendo así un factor de energía sin cambios. I_p denota la corriente activa proporcionada por la turbina eólica mediante el punto de emparejamiento común durante el paso de alta tensión, y el ángulo \varnothing denota el ángulo del factor de energía antes de que se produzca un fallo en el paso de alta tensión.

En los procesos de paso de alta tensión y de paso de baja tensión continuos en materias relacionadas, la tasa de recuperación de la energía reactiva no suele tener en cuenta la tasa de recuperación de la energía activa durante la transición del paso de alta tensión al paso de baja tensión (la tensión en el punto de emparejamiento común es de un rango de energía nominal de 1,1pu a 0,9pu). La turbina eólica entrará, debido a su propio control inadecuado y no debido a un fallo en la red de energía, en un estado secundario de paso de baja tensión o directamente entrará en un paso de alta tensión, lo que puede incluso provocar el fallo del paso de baja tensión causado por un fallo posterior en la red de energía. En el presente ejemplo, mediante el control, durante el período de tiempo de transición, de la tasa de recuperación de la energía reactiva para que sea consistente con la tasa de recuperación de la energía activa y el control del ángulo del factor de energía para que sea consistente con el que había antes del fallo del paso de alta tensión, se puede mantener un estado estable coordinado de la energía reactiva y la energía activa antes del fallo del paso de alta tensión durante la transición del paso de alta tensión al paso de baja tensión.

Opcionalmente, en la segunda situación, bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común, se controla la turbina eólica para que proporcione una corriente capacitiva al punto de conexión a la red, en la que la energía reactiva capacitiva proporcionada es la misma que una corriente reactiva capacitiva de la turbina eólica antes del paso de alta tensión.

En la tercera situación, cuando la turbina eólica proporciona una energía reactiva inductiva al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión, se controla la turbina eólica para proporcionar una corriente reactiva inductiva al punto conectado a la red, en el que la corriente reactiva inductiva proporcionada es la misma que la corriente reactiva inductiva de la turbina eólica antes del paso de alta tensión.

Como se muestra en la Fig. 1, después de los pasos S103 y S104, el método puede incluir además el paso S105: controlar la turbina eólica para que, una vez finalizado el período de tiempo de transición, entre en el paso de baja tensión y proporcione una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con un grado de disminución de la tensión en el punto de emparejamiento común y una energía reactiva de la turbina eólica antes del paso de alta

tensión.

Por ejemplo, se controla la turbina eólica para que entre en el estado de paso de baja tensión y proporcione una corriente reactiva capacitiva de acuerdo con el grado de disminución de la tensión en conexión con la energía reactiva antes del paso de alta tensión (es decir, en función de la energía reactiva antes del paso de alta tensión) para soportar una rápida recuperación de la tensión de la red de energía.

Por ejemplo, en el estado de paso de baja tensión, la corriente reactiva proporcionada por la turbina eólica puede ser $I_q = I_{r0} + I_r$, donde I_{r0} indica una corriente reactiva de secuencia positiva antes del fallo del paso de alta tensión, e I_r indica una corriente reactiva calculada mediante un cambio de tensión durante el fallo del paso de baja tensión.

$$I_r = k * \frac{U_0 - U_{pos}}{U_n} * I_n$$

donde U_n denota una tensión nominal, U_{pos} denota un componente de tensión de secuencia positiva durante el fallo del paso de baja tensión, U_0 denota un valor de tensión antes del fallo del paso de baja tensión, I_n denota una corriente nominal; I_{r0} , que denota una corriente reactiva antes del fallo del paso de alta tensión, puede ser una media de las corrientes reactivas antes del fallo; y el factor k puede ser 2.

Para la mencionada primera situación, la Fig. 2 muestra un diagrama esquemático de la corriente activa y la corriente reactiva bajo la condición de que una turbina eólica de imanes permanentes de control directo se controle para proporcionar una energía reactiva cero antes del paso de alta tensión.

Como se muestra en la Fig. 2, a partir de las curvas que representan los cambios en la tensión en el punto de emparejamiento común, se puede determinar que en el tiempo t_1 , la turbina eólica comienza a entrar en el estado de paso de alta tensión; desde el tiempo t_2 hasta el tiempo t_3 , un período de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa del estado de paso de alta tensión al estado de paso de baja tensión; en el tiempo t_3 , la turbina eólica comienza a entrar en el estado de paso de baja tensión, y en el tiempo t_4 , finaliza el estado de paso de baja tensión.

Antes del tiempo t_1 , es decir, antes del paso de alta tensión, la turbina eólica proporciona una energía reactiva cero. Desde el tiempo t_1 hasta el tiempo t_2 , la turbina eólica proporciona una corriente reactiva inductiva al punto de emparejamiento común para soportar la recuperación de la tensión de la red de energía, y proporciona una corriente activa al punto de emparejamiento común para mantener conectada la red de energía. Desde el tiempo t_2 hasta el tiempo t_3 , la turbina eólica proporciona una corriente reactiva cero al punto de emparejamiento común, que es consistente con la anterior al paso de alta tensión, evitando así que la energía reactiva inductiva proporcionada por la turbina eólica se superponga al estado de baja tensión de la red de energía en el tiempo t_3 para mantener estable la tensión de la red de energía. Desde el tiempo t_2 al tiempo t_3 , la tensión en el punto de emparejamiento común se acerca a un valor estándar, y la energía activa de la turbina eólica comienza a recuperarse, lo que da lugar a una corriente activa gradualmente en aumento. Desde el tiempo t_3 hasta el tiempo t_4 , la turbina eólica proporciona una corriente reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común para soportar la recuperación de la tensión de la red de energía, y la corriente activa disminuye aún más.

Para la mencionada segunda situación, la Fig. 3 muestra un diagrama esquemático de los cambios de la corriente activa y la corriente reactiva bajo la condición de que una turbina eólica de imanes permanentes de control directo se controle para proporcionar una energía reactiva capacitiva antes del paso de alta tensión.

Como se muestra en la Fig. 3, a partir de las curvas que representan los cambios en la tensión en el punto de emparejamiento común, se puede determinar que en el tiempo t_1 , la turbina eólica comienza a entrar en el estado de paso de alta tensión; desde el tiempo t_2 hasta el tiempo t_3 , un período de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa del estado de paso de alta tensión al estado de paso de baja tensión; en el tiempo t_3 , la turbina eólica comienza a entrar en el estado de paso de baja tensión, y en el tiempo t_4 , el estado de paso de baja tensión termina.

Antes del tiempo t_1 , es decir, antes del paso de alta tensión, la turbina eólica proporciona una energía reactiva capacitiva. Desde el tiempo t_1 hasta el tiempo t_2 , la turbina eólica proporciona una corriente reactiva inductiva al punto de emparejamiento común para soportar la recuperación de la tensión de la red de energía, y proporciona una corriente activa reducida al punto de emparejamiento común para mantener conectada la red de energía. Desde el tiempo t_2 hasta el tiempo t_3 , la turbina eólica proporciona una corriente reactiva capacitiva en incremento en lugar de la corriente reactiva inductiva al punto de emparejamiento común para prevenir que la energía reactiva inductiva proporcionada por la turbina eólica se superponga al estado de baja tensión de la red de energía en el tiempo t_3 . Desde el tiempo t_2 hasta el tiempo t_3 , la tensión en el punto de emparejamiento común se aproxima a un valor estándar, y la energía activa de la turbina eólica comienza a recuperarse, lo que da lugar a una corriente activa que aumenta gradualmente y una pendiente de la energía reactiva que aumenta es consistente con la de la red eléctrica, con el fin de no perturbar la red de energía activa mediante la energía reactiva. Desde el tiempo t_3 hasta el tiempo t_4 , la turbina eólica proporciona una corriente reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común para soportar la recuperación de la tensión de la red de energía, y la corriente activa disminuye aún más.

Para la mencionada tercera situación, la Fig. 4 muestra un diagrama esquemático de la corriente activa y la corriente reactiva bajo la condición de que una turbina eólica de imanes permanentes de control directo se controle para proporcionar una energía reactiva inductiva antes del paso de baja tensión.

5 Como se muestra en la Fig. 4, a partir de las curvas que representan los cambios en la tensión en el punto de emparejamiento común, se puede determinar que en el tiempo t1, la turbina eólica comienza a entrar en el estado de paso de alta tensión; desde el tiempo t2 hasta el tiempo t3, es un período de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa del estado de paso de alta tensión al estado de paso de baja tensión; en el tiempo t3, la turbina eólica comienza a entrar en el estado de paso de baja tensión, y en el tiempo t4, el estado de paso de baja tensión finaliza.

10 Antes del tiempo t1, es decir, antes del paso de alta tensión, la turbina eólica proporciona una energía reactiva inductiva. Desde el tiempo t1 hasta el tiempo t2, la turbina eólica proporciona una corriente reactiva inductiva en incremento al punto de emparejamiento común para soportar la recuperación de la tensión de la red de energía, y proporciona una corriente activa reducida al punto de emparejamiento común para mantener conectada la red de energía. En el tiempo t2, ocurre un paso cambiando la corriente reactiva inductiva proporcionada por la turbina eólica a la energía reactiva inductiva antes del paso de alta tensión. Desde el tiempo t2 hasta el tiempo t3, la turbina eólica proporciona una corriente reactiva inductiva al punto de emparejamiento común. Desde el tiempo t2 hasta el tiempo t3, la tensión en el punto de emparejamiento común se acerca a un valor estándar y la energía activa de la turbina eólica comienza a recuperarse, lo que da lugar a una corriente activa gradualmente en aumento. Desde el tiempo t3 hasta el tiempo t4, la turbina eólica proporciona una corriente reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común para soportar la recuperación de la tensión de la red de energía, y la energía activa se reduce aún más.

25 En el método de acuerdo con la realización de la presente solicitud para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo, se controla la turbina eólica para que salga del estado de paso de alta tensión a tiempo antes de entrar en el estado de paso de baja tensión, a fin de evitar la incapacidad de retirar a tiempo la energía reactiva inductiva suministrada durante el paso de alta tensión, lo que de otra manera causaría el deterioro de la tensión de la red de energía debido a que la energía reactiva inductiva se sigue suministrando mientras la red de energía tiene una tensión más baja. Durante el estado de transición desde el paso de alta tensión al paso de baja tensión, se controla la tasa de recuperación de la energía reactiva para que coincida con la de la energía activa, a fin de evitar perturbaciones de la energía reactiva en la red eléctrica una vez finalizado el paso de alta tensión si la turbina eólica se encontrara todavía en el estado en el que suministra la energía reactiva. Durante el paso de baja tensión, la turbina eólica emite una corriente reactiva de acuerdo con el grado de disminución de la tensión en relación con el estado de energía reactiva antes del paso de alta tensión (es decir, en función de la energía reactiva antes del paso de alta tensión) para soportar una rápida recuperación de la tensión de la red de energía.

35 Realización 2

A continuación, se describe un sistema para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo, de acuerdo con una realización de la presente solicitud.

40 La Fig. 5 es un diagrama estructural esquemático de una turbina eólica 100. La turbina eólica 100 incluye una torre 101 y un impulsor 102, en el que el impulsor 102 tiene al menos una hoja 103, por ejemplo, tres hojas. El impulsor 102 está conectado a una góndola 104 montada en la parte superior de la torre 101 y controla un generador mediante un sistema de control. El impulsor 102 puede rotar mediante el viento. Las energías resultantes de la rotación de las hojas del rotor 103 causada por el viento se transfieren al generador mediante un árbol. Así, la turbina eólica 100 es capaz de convertir energías cinéticas del viento en energías mecánicas utilizando las hojas del rotor, y entonces las energías mecánicas pueden ser convertidas en energías eléctricas mediante el generador. El generador está conectado mediante un convertidor, que incluye un convertidor del lado de la máquina y un convertidor del lado de la red. El convertidor del lado de la máquina convierte una corriente alternativa del generador en una corriente continua, y el convertidor del lado de la red convierte la corriente continua en una corriente alternativa para inyectarla en una red eléctrica de servicios públicos a través de un transformador de la turbina eólica 100. En un ejemplo, la turbina eólica puede ser una turbina eólica de imán permanente de control directo.

55 La Fig. 6 es un diagrama esquemático de un sistema de conversión de energía de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo. El sistema de conversión de energía 200 incluye un generador 201, un convertidor del lado de la máquina (CA/CC) 203, un convertidor del lado de la red (CC/CA) 204 y un enlace de corriente continua (CC) 205. El enlace de CC 205 incluye uno o más condensadores de enlace de CC que se cargan mediante la corriente de salida de CC del generador y proporcionan una corriente directa al convertidor del lado de la red 204. Alternativamente, la salida de corriente del convertidor del lado de la red 204 se proporciona a la red de energía 220 a través de un transformador de red 208. Un punto de conexión entre el transformador de red 208 y la red de energía 220 se define como un punto de emparejamiento común (Point of Common Coupling, PCC) del parque eólico.

60 La fig. 6 muestra también un sistema de control 250 para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de la turbina eólica de imanes permanentes de control directo. El sistema de control 250 incluye: un módulo de monitorización 251 configurado para monitorizar una tensión en un punto de emparejamiento común de un parque eólico; y un controlador 252 en comunicación con el módulo de monitorización 251, en el que el controlador 252 está configurado

5 para determinar un periodo de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa de un estado de paso de alta tensión a un estado de paso de baja tensión; controlar la turbina eólica para que proporcione, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente activa gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común; y controlar la turbina eólica para que proporcione, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente reactiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con un estado de operación de la turbina eólica antes del paso de alta tensión.

En un ejemplo, el controlador 252 puede controlar el sistema de conversión de energía descrito anteriormente para implementar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos.

10 En un ejemplo, el controlador 252 puede estar configurado específicamente para: superponer una corriente activa que aumenta a una tasa de recuperación preestablecida en una activa proporcionada por la turbina eólica al punto de emparejamiento común en el paso de alta tensión.

15 En un ejemplo, el controlador 252 puede estar configurado específicamente para: controlar la turbina eólica para proporcionar una corriente reactiva cero al punto de emparejamiento común bajo una condición en la que la turbina eólica proporcione una energía reactiva cero al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión; controlar la turbina eólica para proporcionar una corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común bajo una condición en la que la turbina eólica proporcione una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión; y controlar la turbina eólica para que proporcione un paso de cambio a una corriente reactiva inductiva antes del paso de alta tensión al punto de emparejamiento común bajo la condición de que la turbina eólica proporcione una energía reactiva inductiva al punto de emparejamiento común antes del paso de alta tensión.

25 En un ejemplo, el controlador 252 puede estar configurado específicamente para: controlar una tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva para que sea consistente con una tasa de aumento de una energía activa de salida de la turbina eólica; y controlar la turbina eólica para que proporcione la corriente reactiva capacitiva que aumenta gradualmente hasta el punto común de acuerdo con la tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva.

30 En un ejemplo, el controlador 252 puede estar configurado además para: determinar que el periodo de tiempo de transición comienza si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye en comparación con la tensión en el punto de emparejamiento común al comienzo del paso de alta tensión de la turbina eólica y la cantidad en disminución no es inferior a un umbral preestablecido; y determinar que el periodo de tiempo de transición termina si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye hasta un umbral preestablecido.

35 En un ejemplo, el controlador 252 puede estar configurado además para: controlar la turbina eólica para que entre en el estado de paso de baja tensión una vez finalizado el período de tiempo de transición, y para proporcionar una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común en función de un grado de disminución de la tensión en el punto de emparejamiento común y de una energía reactiva de la turbina eólica antes que el paso de alta tensión..

40 Debe entenderse que la presente solicitud no está limitada a las configuraciones y procesos específicos descritos anteriormente e ilustrados en las figuras. En aras de la brevedad, se omiten aquí descripciones detalladas de métodos conocidos. En las realizaciones anteriores, se describen varios pasos específicos y se muestran como ejemplos. Sin embargo, el proceso del método de la presente solicitud no se limita a los pasos específicos descritos y mostrados, y los expertos en la materia pueden realizar diversos cambios, modificaciones y adiciones, o cambiar la secuencia de pasos después de comprender la presente solicitud.

50 Los bloques funcionales mostrados en los diagramas de bloques estructurales descritos anteriormente pueden implementarse como hardware, software, firmware o una combinación de los mismos. Cuando se implementa en hardware, puede ser, por ejemplo, un circuito electrónico, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un firmware adecuado, un plug-in, una tarjeta de funciones, o similares. Cuando se implementa en software, los elementos de la presente solicitud pueden ser programas o segmentos de código para realizar las tareas requeridas. El programa o los segmentos de código pueden almacenarse en un medio legible por máquina o transmitirse a través de un medio de transmisión o enlace de comunicación mediante una señal de datos transportada en una onda portadora.

55 Las realizaciones de la presente solicitud proporcionan además un medio de almacenamiento legible por ordenador teniendo instrucciones de programa de ordenador almacenadas en el mismo, y las instrucciones de programa de ordenador, cuando son ejecutadas por un procesador, implementan el método de acuerdo con la primera realización. Un "medio legible por máquina" puede incluir cualquier medio que pueda almacenar o transmitir información. Ejemplos del medio legible por máquina incluyen un circuito electrónico, un dispositivo de memoria semiconductor, una ROM, una memoria flash, una ROM borrable (EROM), un disquete, un CD-ROM, un disco óptico, un disco duro, un medio de fibra óptica, un enlace de radiofrecuencia (RF), y similares. Los segmentos de código pueden descargarse a través de una red informática tal como Internet, una intranet o similar. De acuerdo con una realización de la presente solicitud, el medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio.

65 Debería señalarse también que las realizaciones ejemplares mencionadas en la presente solicitud describen algunos métodos o sistemas basados en una serie de pasos o dispositivos. Sin embargo, la presente solicitud no está limitada al

orden de los pasos anteriores, es decir, los pasos pueden realizarse en el orden mencionado en las realizaciones, o pueden realizarse en un orden diferente del descrito en las realizaciones, o pueden realizarse varios pasos simultáneamente.

5 Las descripciones anteriores son solo implementaciones específicas de la presente solicitud. Los expertos en la materia pueden entender claramente que, por comodidad y brevedad de la descripción, las operaciones específicas de los sistemas, módulos y unidades descritos anteriormente pueden referirse a las de las realizaciones del método anterior y no se repetirán aquí. Debe entenderse que el ámbito de protección de la presente solicitud no está limitado a las realizaciones, y los expertos en la materia pueden pensar fácilmente en varias modificaciones o reemplazos equivalentes dentro del ámbito técnico divulgado en la presente solicitud, y estas modificaciones o reemplazos deberían caer todos dentro del ámbito de protección de la presente solicitud, en la medida en que estén dentro del ámbito de las reivindicaciones.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. El método para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo, que comprende:
- 5 monitorizar una tensión en un punto de emparejamiento común de un parque eólico;
 - determinar un período de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa de un estado de paso de alta tensión a un estado de paso de baja tensión, en el que el período de tiempo de transición comienza si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye en comparación con una tensión en el punto de emparejamiento común al principio del estado de paso de alta tensión de la turbina eólica y la cantidad en disminución no es inferior a un umbral preestablecido, y el período de tiempo de transición termina si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye hasta un umbral de paso de baja tensión preestablecido;
 - 10 controlar la turbina eólica para que proporcione, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente activa al punto de emparejamiento común, siendo la corriente activa gradualmente en aumento desde un primer nivel en el que la turbina eólica proporciona durante el estado de paso de alta tensión; y
 - 15 controlar la turbina eólica para que proporcione, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente reactiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con un estado de operación de la turbina eólica antes del estado de paso de alta tensión; y
 - 20 controlar la turbina eólica para reducir, al final del período de tiempo de transición, la corriente activa a un segundo nivel inferior al primer nivel, en el que el control de la turbina eólica para proporcionar, durante el período de tiempo de transición, la corriente reactiva al punto de emparejamiento común de acuerdo con el estado de operación de la turbina eólica antes del estado de paso de alta tensión comprende uno de los siguientes:
 - 25 controlar la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva cero al punto de emparejamiento común cuando el estado de operación indique que la turbina eólica proporciona una energía reactiva cero al punto de emparejamiento común antes del estado de paso de alta tensión;
 - 30 controlar la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común cuando el estado de operación indique que la turbina eólica proporciona una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común antes del estado del paso de alta tensión; o
 - 35 controlar la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva inductiva al punto de emparejamiento común cuando el estado de operación indique que la turbina eólica proporciona una energía reactiva inductiva al punto de emparejamiento común antes del estado de paso de alta tensión, en el que la corriente reactiva inductiva proporcionada es la misma que una corriente reactiva inductiva de la turbina eólica antes del estado de paso de alta tensión.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que controlar la turbina eólica para que proporcione, durante el periodo de transición, la corriente activa al punto de emparejamiento común comprende:
- 40 aumentar la corriente activa a una tasa de recuperación preestablecida.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que controlar la turbina eólica para que proporcione la corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común comprende:
- 45 controlar una tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva para que sea consistente con una tasa de aumento de una energía activa de salida de la turbina eólica; y
 - 50 controlar la turbina eólica para que proporcione la corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común a la tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:
- 55 controlar la turbina eólica para que entre en el estado de paso de baja tensión al finalizar el periodo de tiempo de transición, y proporcionar una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común con una energía reactiva de la turbina eólica antes del estado de paso de alta tensión añadida por una energía reactiva adicional que sea proporcional a la disminución de la tensión en el punto de emparejamiento común.
5. Un sistema (250) para controlar el paso de alta tensión y el paso de baja tensión continuos de una turbina eólica de imanes permanentes de control directo, que comprende:
- 60 un módulo de control (251) configurado para monitorizar la tensión en un punto de emparejamiento común de un parque eólico; y
 - 65 un controlador (252) configurado para:
 - determinar un periodo de tiempo de transición durante el cual la turbina eólica pasa de un estado de paso de alta tensión a un estado de paso de baja tensión, en el que el periodo de tiempo de transición comienza si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye en comparación con una tensión en el punto de emparejamiento común al principio

del estado de paso de alta tensión de la turbina eólica y la cantidad en disminución no es inferior a un umbral preestablecido, y el periodo de tiempo de transición termina si la tensión monitorizada en el punto de emparejamiento común disminuye hasta un umbral de paso de baja tensión preestablecido;

5 controlar la turbina eólica para que proporcione, durante el periodo de tiempo de transición, una corriente activa al punto de emparejamiento común, siendo la corriente activa gradualmente en aumento desde un primer nivel en el que la turbina eólica proporciona durante el estado de paso de alta tensión;

10 controlar la turbina eólica para que proporcione, durante el período de tiempo de transición, una corriente reactiva al punto de emparejamiento común, de acuerdo con el estado de operación de la turbina eólica antes del paso de alta tensión; y

15 controlar la turbina eólica para reducir, al final del período de tiempo transición, la corriente activa a un segundo nivel inferior al primer nivel, en el que el controlador (252) está configurado además para realizar una de las acciones siguientes:

controlar la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva cero al punto de emparejamiento común cuando el estado de operación indique que la turbina eólica proporciona una energía reactiva cero al punto de emparejamiento común antes del estado de paso de alta tensión;

20 controlar la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común cuando el estado de operación indique que la turbina eólica proporciona una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común antes del estado de paso de alta tensión; o

25 controlar la turbina eólica para que proporcione una corriente reactiva inductiva al punto de emparejamiento común cuando el estado de operación indique que la turbina eólica proporciona una energía reactiva inductiva al punto de emparejamiento común antes del estado de paso de alta tensión, en el que la corriente reactiva inductiva proporcionada es la misma que una corriente reactiva inductiva de la turbina eólica antes del estado de paso de alta tensión.

30 6. El sistema (250) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el controlador (252) está configurado además para aumentar la corriente activa a una tasa de recuperación preestablecida.

35 7. El sistema (250) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el controlador (252) está configurado además para: controlar una tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva para que sea consistente con una tasa de aumento de una energía activa de salida de la turbina eólica; y controlar la turbina eólica para que proporcione la corriente reactiva capacitiva gradualmente en aumento al punto de emparejamiento común a la tasa de aumento de la corriente reactiva capacitiva.

40 8. El sistema (250) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el controlador (252) está configurado además para: controlar la turbina eólica para que entre en el estado de paso de baja tensión una vez finalizado el periodo de tiempo de transición, y para que proporcione una energía reactiva capacitiva al punto de emparejamiento común con una energía reactiva de la turbina eólica antes del estado de paso de alta tensión añadida por una energía reactiva adicional que es proporcional a la disminución de la tensión en el punto de emparejamiento común.

45 9. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones de programa de ordenador almacenadas en el mismo, en el que las instrucciones de programa de ordenador, cuando son ejecutadas por un procesador, implementan el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

50

55

60

65

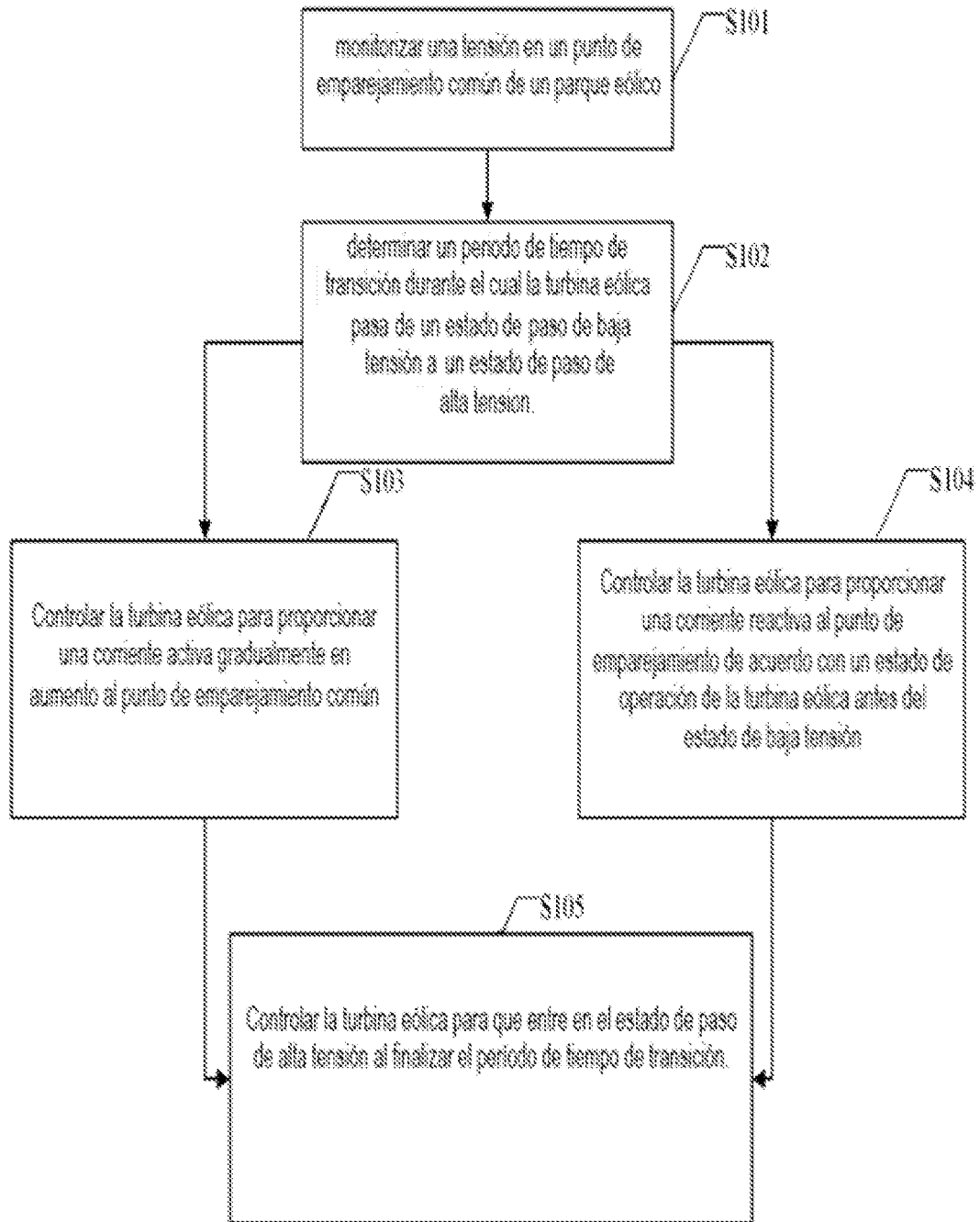


Fig. 1

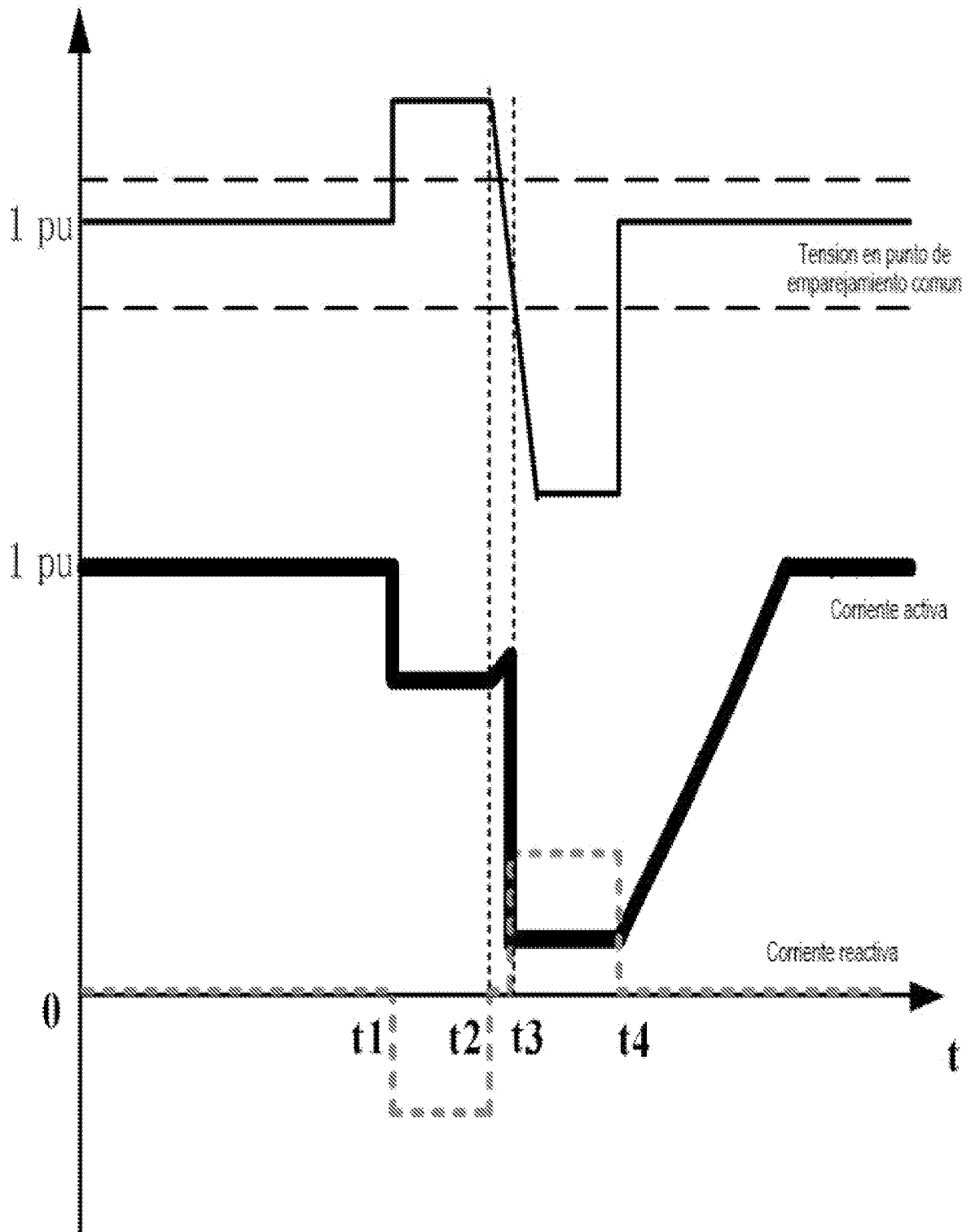


Fig. 2

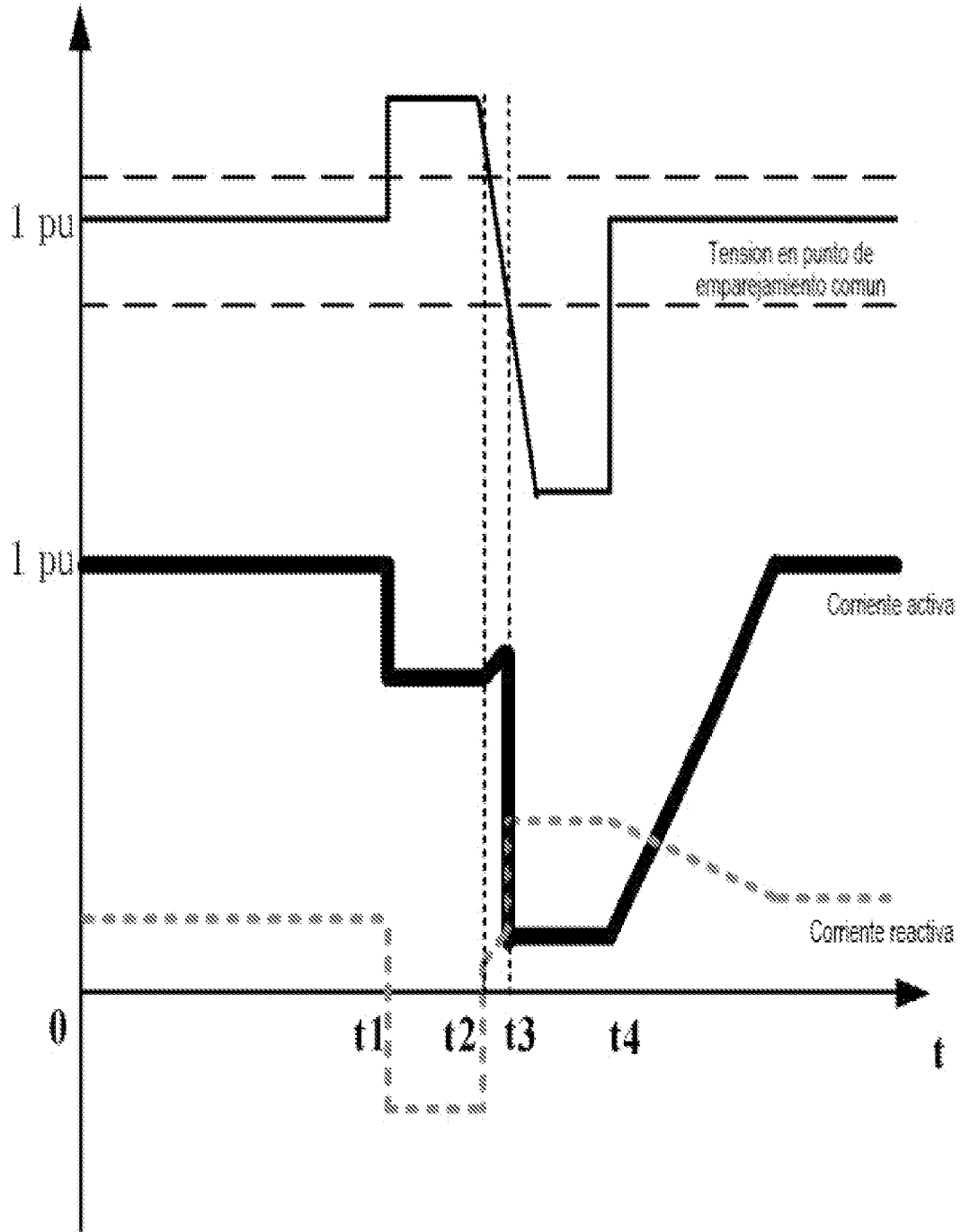


Fig. 3

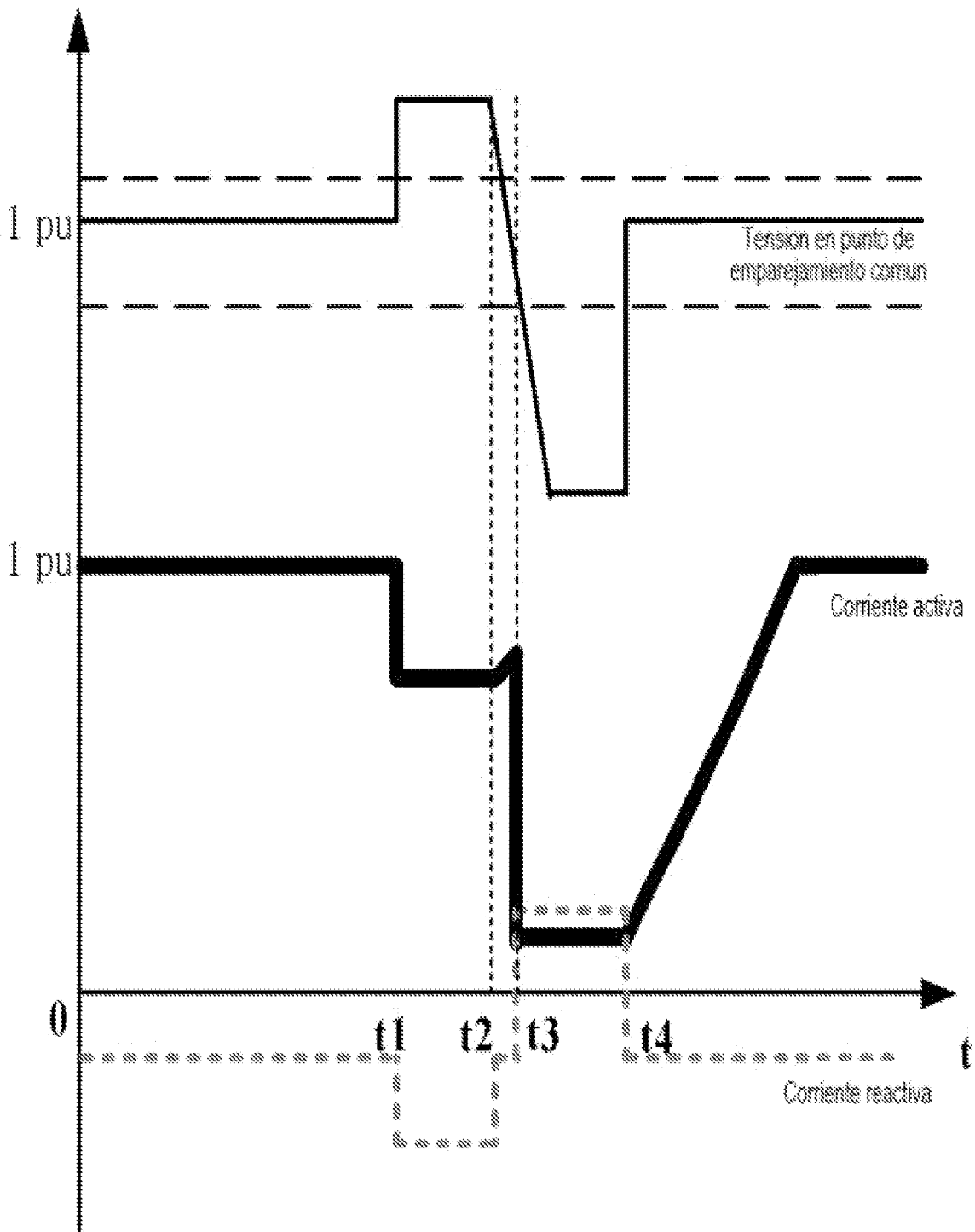


Fig. 4

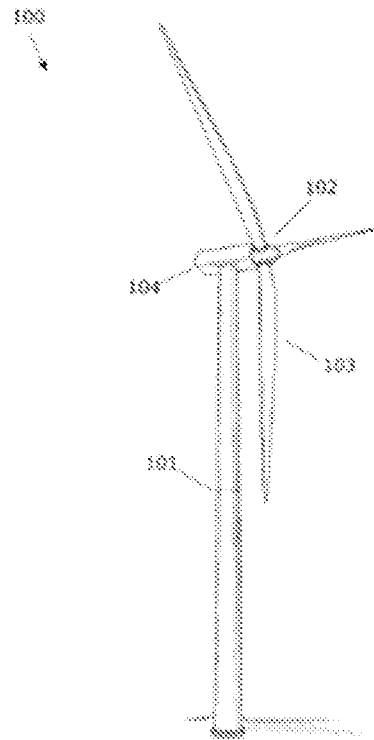


Fig. 5

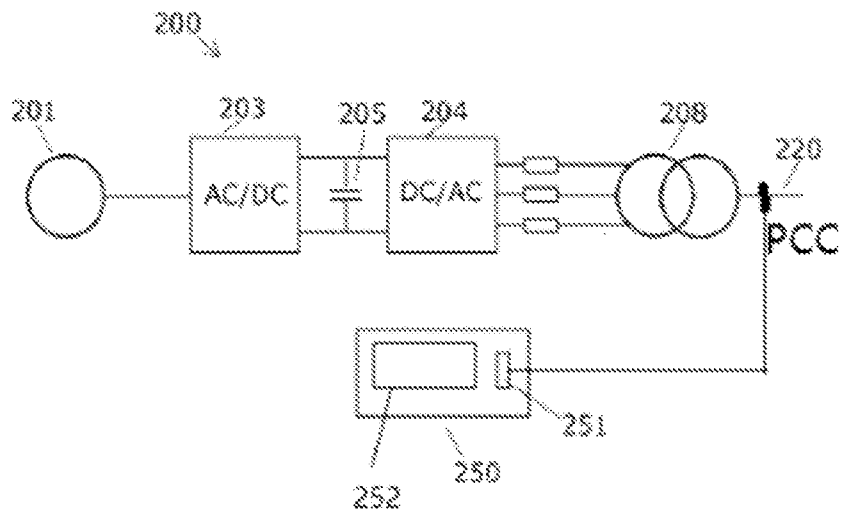


Fig.6