



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 335 231**

(51) Int. Cl.:

H02P 9/00 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **06735395 .3**

(96) Fecha de presentación : **17.02.2006**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1856795**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **21.11.2007**

(54) Título: **Método y aparato para convertir electricidad de generación eólica en electricidad de frecuencia constante para una red de abastecimiento.**

(30) Prioridad: **22.02.2005 US 63409**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.03.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.03.2010

(73) Titular/es: **XANTREX TECHNOLOGY Inc.**
8999 Nelson Way
Burnaby, British Columbia V5A 4B5, CA

(72) Inventor/es: **Hudson, Raymond M.**

(74) Agente: **Justo Bailey, Mario de**

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 aparato para convertir electricidad de generación eólica en electricidad de frecuencia constante para una red de abastecimiento.

Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a un método y un aparato para convertir electricidad de generación eólica en electricidad de frecuencia constante. Más particularmente se refiere a un método y un aparato de este tipo, útiles para proporcionar electricidad de frecuencia constante a una red de abastecimiento.

Técnica precedente

No se admite que la técnica precedente divulgada en esta sección constituya legalmente técnica anterior.

Diversas técnicas diferentes han sido empleadas con relación al uso de generadores de turbina eólica para convertir electricidad de generación eólica en electricidad de frecuencia constante para suministrarla a una red de abastecimiento. Tales técnicas incluyen el uso de puentes de rectificador/inversor, con un enlace de corriente continua (cc), acoplados al rotor de un generador de inducción de doble alimentación. Para algunas aplicaciones puede ser deseable un ajuste o corrección variable del factor de potencia. Por ejemplo, se puede hacer referencia a un artículo de T. A. Lipo, titulado "Variable Speed Generator Technology Options for Wind Turbine Generators", Departamento de Ingenierías Eléctrica e Informática, Universidad de Wisconsin (1984). Además, se puede hacer referencia a un artículo de T. S. Jayadev, titulado "Novel Electric Generation Schemes for Wind Power Plants", Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de Wisconsin, Milwaukee, presentado en el Segundo Taller sobre Sistemas de Conservación de la Energía Eólica, Washington, D.C. (1975); y un libro de Werner Leonhard, titulado "Control of Electrical Drivers", Springer-Verlag Publishing Group. Se puede hacer referencia adicional a las patentes de EE.UU. 4.695.736, 6.137.187, 5.798.631 y 2003/151259.

Breve descripción de los dibujos

Se pondrán de manifiesto los rasgos de esta invención y la manera de alcanzarlos, y la invención misma se entenderá mejor mediante referencia a la siguiente descripción de ciertas realizaciones de la invención tomadas en combinación con los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques simbólico de un sistema de conversión de electricidad de generación eólica, que está construido en consonancia con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de ciertas realizaciones de la invención

Se divulgan un método y un aparato para convertir electricidad de generación eólica en electricidad de frecuencia constante para suministrarla a una red de abastecimiento. El sistema y el método divulgados usan un generador de turbina eólica que tiene un generador de inducción de doble alimentación. Por encima de la velocidad síncrona del generador, la electricidad procedente del rotor se convierte en electricidad de corriente continua (cc) y la electricidad de CC se convierte de vuelta en electricidad de corriente alterna (ca) con un factor de potencia unitario fijo. Por debajo de la velocidad síncrona, la electricidad fluye al rotor desde la red de abastecimiento también con un factor de potencia unitario fijo. La corriente de la electricidad de CA se ajusta para que esté en fase con el voltaje de la red de abastecimiento, en donde la electricidad de CA se mantiene sustancialmente a un factor de potencia unitario.

De acuerdo con la realización divulgada de la invención, la electricidad también se genera desde el estator del generador de inducción de doble alimentación.

De acuerdo con ciertas realizaciones de la invención, el ajuste de la corriente de la electricidad de ca, para que esté en fase con el voltaje de la red de abastecimiento, incluye calcular una magnitud de corriente deseada y multiplicarla por un valor detectado normalizado de voltaje del voltaje de la red de abastecimiento para proporcionar un valor de corriente deseada para la regulación de corriente de la electricidad de CA en fase con el voltaje de la red de abastecimiento sin ningún decalaje sustancial de fase. De acuerdo con una realización de la invención, el cálculo puede incluir restar el valor del voltaje de CC al valor deseado del voltaje de CC para proporcionar un valor de voltaje de error para la regulación del voltaje de cc.

De acuerdo con una realización de la invención, el cálculo también puede incluir usar un controlador de bucle cerrado tal como un controlador proporcional e integral para regular el valor de voltaje de CC para producir la magnitud de corriente deseada.

En consonancia con las realizaciones divulgadas de la invención, la determinación del valor normalizado de voltaje se puede conseguir detectando el voltaje de línea a tierra de la red de abastecimiento, y dividiendo el valor del voltaje detectado por la magnitud de pico del voltaje detectado para proporcionar el valor normalizado de voltaje. De acuerdo con otro aspecto de una realización de la invención, la verdadera magnitud de corriente se regula en respuesta al valor deseado de la corriente de ca.

ES 2 335 231 T3

Haciendo referencia a la figura 1, está mostrado un sistema 10 de conversión de electricidad de generación eólica, que está construido en consonancia con una realización de la invención y que se usa para suministrar electricidad de frecuencia constante a una red de abastecimiento. El sistema 10 incluye un generador 12 de turbina eólica, que tiene un generador de inducción de doble alimentación (DFIG) 14, que suministra electricidad de CA por medio de su estator con un factor de potencia deseado por medio de líneas o conductores trifásicos de potencia 16 a la red de abastecimiento. El factor de potencia deseado de la electricidad de CA desde el estator se consigue mediante el control de la corriente de rotor.

Un convertor 18 de generador está conectado al rotor del generador 14 para controlar corrientes del rotor del DFIG 14 para hacer que la electricidad procedente del estator esté controlada hasta un factor de potencia deseado, y que el generador proporcione un nivel deseado de par torsor. El factor de potencia del estator se puede ajustar mediante el control 29, que también puede convertir la electricidad de ca. La electricidad de rotor se suministra a un bus 21 de CC por medio del convertor 18 en el que la electricidad de CC se almacena en un condensador o banco de condensadores tal como un condensador 23 conectado a través de conductores 22 y 24 de bus de cc. Por encima de la velocidad síncrona del generador, un convertor 25 de abastecimiento convierte la electricidad de CC procedente del bus 21 de CC en electricidad de CA de frecuencia constante y la suministra a la red de abastecimiento por medio de un filtro 27 de línea. Por debajo de la velocidad síncrona, el convertor 25 de abastecimiento rectifica activamente electricidad de CA procedente de la red y la regula para suministrar electricidad de CC al convertor 18 de generador, que a su vez suministra corriente de CA al rotor del generador.

En consonancia con la realización divulgada de la invención, como se describe aquí más adelante con mayor detalle, la corriente de la electricidad de CA procedente del convertor 25 de abastecimiento se ajusta para estar en fase con el voltaje de la red de abastecimiento. De este modo, la electricidad de CA procedente del convertor 25 de abastecimiento suministrada a la red de abastecimiento se mantiene sustancialmente en todo momento con factor de potencia unitario. De este modo, en consonancia con las realizaciones divulgadas de la presente invención, se suministra electricidad de CA a la red de abastecimiento por medio de tanto el estator como el rotor del generador 14 de inducción de doble alimentación a o por encima de velocidades síncronas del generador. Por debajo de velocidades síncronas, se suministra corriente de CA al rotor, y la potencia es generada por el estator y suministrada a la red. El DFIG 14 bajo el control del convertor 18 de generador ajusta la potencia reactiva de modo que la electricidad de CA suministrada por el estator se suministra con un factor de potencia selectivamente ajustable. La electricidad de CA proporcionada por el rotor del generador 14 tiene un factor de potencia unitario fijo, no ajustable como resultado de la regulación de corriente por medio de el convertor 25 de abastecimiento en consonancia con la realización divulgada de la presente invención.

De acuerdo con una realización de la invención, tal como una que tiene un DFIG con seis polos y una velocidad síncrona de 1200 rpm cuando la estación está conectada a una red de 60 Hz, aproximadamente dos tercios de la potencia puede ser suministrada por el estator del generador 14 con un factor de potencia ajustable a la red de abastecimiento, mientras que aproximadamente un tercio de la potencia suministrada por el generador 14 desde su rotor se proporciona eficiente y económicamente a la red de abastecimiento con un factor de potencia unitario fijo constante. El cociente de la división de la potencia entre el rotor y el estator se puede determinar por la relación de devanado. Tal técnica es fiable y efectiva, y es un enfoque simplificado en comparación con una corrección del factor de potencia tal como la rotación de las formas de onda de las plantillas y otras técnicas de ese tipo empleadas en la técnica anterior.

Considerando ahora el convertor 18 de generador con mayor detalle, el convertor 18 de generador es un inversor conmutado y proporciona flujo de corriente al rotor por debajo de la velocidad síncrona hasta que el generador 14 alcanza una velocidad síncrona. Por encima de la velocidad síncrona, el generador 14 genera electricidad trifásica de CA desde su rotor y la suministra a través del convertor 18 de generador, que entonces sirve de rectificador activo para suministrar electricidad de CC al bus 21 de cc. Se emplea un circuito 29 de control para controlar la electricidad a través del convertor 18 de generador hacia o desde el rotor del DFIG 14 durante el funcionamiento del mismo. Un tacómetro 31 monitoriza la velocidad de árbol y la posición del rotor del DFIG 14 para el circuito 29 de control.

Se realiza entonces un cálculo de la corriente de rotor deseada mediante el circuito 29 de control utilizando cálculos convencionales de generador y el ángulo mecánico detectado por el tacómetro 31, junto con la demanda de par torsor y la demanda de flujo en base a un factor de potencia deseado. El cálculo resultante es la corriente de rotor deseada, suministrada al rotor del DFIG 14 para hacer que genere la electricidad desde su estator con el factor de potencia deseado. La demanda de par torsor es la cantidad de de par torsor a una velocidad dada del viento (puede ser la captura de energía de pico). Se puede usar un ordenador (no mostrado) para determinar el par torsor deseado recuperando la información desde una tabla de referencia almacenada en la memoria del ordenador (no mostrada). La demanda de flujo se puede determinar en base al factor de potencia deseado en cualquier momento dado requerido por la red de abastecimiento.

Considerando ahora el convertor 25 de abastecimiento con mayor detalle, el convertor 25 de abastecimiento comprende un inversor conmutado generalmente indicado con el 33. El convertor conmutado 33 comprende tres pares de transistores bipolares de puerta aislada (IGBT), tal como el IGBT A+ 35 que tiene un diodo 37 conectado en paralelo conectado al lado positivo del bus 21 de cc, y un IGBT A- 39 y su diodo 42 conectado al lado negativo del bus 21 de CC para regular la fase A de la potencia. De este modo, se puede proporcionar regulación positiva o negativa en cada una de las fases A, B y C bajo el control de un regulador 51 de corriente.

Un conjunto de tres multiplicadores 44, 46 y 48, junto con unos circuitos 55 y 57, ayudan a controlar las respectivas fases A, B y C del convertidor 25 de abastecimiento proporcionando corrientes $I_{REF a}$, $I_{REF b}$ y $I_{REF c}$ de referencia por medio del regulador 51 de corriente al convertidor 25 de abastecimiento. Un regulador 53 de voltaje de CC proporciona una señal $Imag$ de magnitud de corriente a cada uno de los tres circuitos 44, 46 y 48 de multiplicador, en donde la señal $Imag$ es indicativa de la magnitud de corriente deseada que se ha de procesar por el convertidor 25 de abastecimiento para la red de abastecimiento. El valor $Imag$ se multiplica por valores normalizados VAN-NORM, VBN-NORM y VCN-NORM de voltaje calculados a partir del voltaje detectado en la red de abastecimiento. A este respecto, un circuito divisor 55 divide el voltaje VAN, VBN y VCN de línea a tierra, detectado por medio de un circuito 57 de detección de voltaje de línea a tierra, entre el voltaje de pico procedente de la red. A este respecto, el circuito 57 de detección detecta voltajes VA, VB y VC procedentes de la red de abastecimiento y suministra los voltajes detectados VAN, VBN y VCN al circuito 55 de división. El circuito 55 genera las señales normalizadas VAN-NORM, VBN-NORM y VCN-NORM que son a su vez multiplicadas por la señal $Imag$ de corriente deseada para producir las señales $I_{REF a}$, $I_{REF b}$ y $I_{REF c}$ de referencia. Estas señales de referencia se suministran entonces al regulador 51 de corriente que controla los tres pares de IGBT del convertidor 25 de abastecimiento.

Multiplicando el valor deseado de la corriente ($Imag$) por los valores detectados normalizados del voltaje procedente de la red, la corriente se hace fluir hacia y desde la red de abastecimiento siempre sustancialmente en fase con el voltaje de la red para mantener un factor de potencia unitario constante en consonancia con las realizaciones divulgadas de la invención. Tal disposición es altamente eficiente y efectiva.

Considerando ahora el regulador 53 de voltaje de CC con mayor detalle, el regulador 53 de voltaje de CC regula el voltaje del bus 21 de CC ajustando la corriente que fluye hacia o desde la red de abastecimiento de una manera que está en fase con los voltajes de abastecimiento, y que por lo tanto funciona sustancialmente con un factor de potencia unitario sustancialmente en todo momento. La magnitud de la corriente deseada hacia o desde la red de abastecimiento es $Imag$. El valor de $Imag$ se calcula mediante un controlador proporcional e integral 58 de bucle cerrado. El valor deseado del voltaje del bus 21 de CC está definido como V_{DC} y el valor detectado está definido como V_{BUS} con unidades de voltios para cada uno. Un circuito 61 de suma hace que la señal V_{DC} se reste a la señal V_{BUS} procedente del bus 21 de CC representativa del voltaje en el condensador 23, para generar un término de error. Este término de error se regula mediante el bucle de control del controlador proporcional e integral (PI) de tal manera que el error se regula hacia cero, y el verdadero valor del V_{DC} se lleva hasta el valor deseado V_{BUS} . La salida del regulador 53 de voltaje de CC es la señal $Imag$ que es la magnitud de pico deseada de la corriente que fluye a través del convertidor 25 de abastecimiento.

El valor de $Imag$ es multiplicado por los circuitos 44, 46 y 48 de multiplicación por las señales que representan los voltajes normalizados de línea a tierra para cada una de las tres fases del voltaje de red de abastecimiento. Como resultado, se proporciona el nivel de corriente deseado, y se usa para la regulación de corriente para cada fase. A este respecto, las señales $I_{REF a}$, $I_{REF b}$ y $I_{REF c}$, para las respectivas fases A, B y C del convertidor 25 de abastecimiento, están en fase con el voltaje de abastecimiento sin ningún decalaje de fase sustancialmente.

Considerando ahora el regulador 51 de corriente con mayor detalle, el regulador 51 de corriente recibe las corrientes deseadas de matriz de abastecimiento $I_{REF a}$, $I_{REF b}$ y $I_{REF c}$. El regulador 51 de corriente también recibe entradas detectadas procedentes de la salida del convertidor 25 de abastecimiento. Las corrientes detectadas están designadas como I_a , I_b y I_c , las cuales se pueden medir mediante transductores de corriente. Para cada fase, el valor de corriente detectada se puede restar del valor de corriente deseada mediante un circuito de suma tal como el circuito 62 de suma para la fase A. Entonces se generan términos de error. Por ejemplo, en la fase A, I_a se resta de $I_{REF a}$ para generar una señal de error. Los términos de error tales como el término de error generado por el circuito 62 se comparan mediante tres comparadores, tales como el comparador 63 de la fase A, con una señal de forma triangular tal como una señal LINE-TRI-A para la fase A. De este modo, se generan señales de control A+, A-, B+, B-, C+ y C- para encender o apagar los IGBT del convertidor de abastecimiento tales como los IGBT 35 y 39 para la fase A. si el error está por encima de la onda triangular, el IGBT apropiado, tal como el IGBT 39, se enciende para hacer que la corriente de matriz de abastecimiento baje, que, en este caso, es la señal A- para el IGBT 39 de la fase A. El proceso inverso se usa cuando el error está por debajo de la onda triangular para controlar el IGBT apropiado, tal como el IGBT 35 para la fase A. Se enciende un IGBT o bien positivo o bien negativo, pero no ambos al mismo tiempo para cualquiera de las tres fases. Por ejemplo, si el A+ se enciende, entonces el A- se apaga, y si el A- se enciende, entonces el A+ se apaga. A este respecto, el regulador 51 de corriente incluye un inversor para cada fase tal como un inversor 64 que se usa para invertir la señal A+ procedente del comparador tal como el comparador 63 para la fase A para proporcionar la señal de control A-. También hay un pequeño retraso entre las conmutaciones para evitar un cortocircuito a través del bus 21 de cc. En esta implantación, se usa una onda triangular de 2 kHz, y los cálculos de regulación de corriente se hacen mediante equipo físico analógico (no mostrado). Se puede fijar un retraso entre cambios de estado de los dispositivos en un valor tal como 5 microsegundos, para ciertas aplicaciones. La regulación de corriente se puede efectuar mediante una cierta diversidad de técnicas que incluyen, pero no limitadas a, el uso de lógica digital (no mostrada). Esto también puede incluir la filtración de las señales verdadera y de referencia.

Aunque se han divulgado realizaciones particulares de la presente invención, se ha de entender que diversas modificaciones diferentes se pasan y se contemplan dentro del verdadero espíritu y alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, aunque se han descrito circuitos discretos para ciertas funciones, será evidente para los expertos en la técnica que tales funciones se pueden implantar total o parcialmente mediante equipo lógico informático. No hay intención, por lo tanto, de limitarse a la divulgación o resumen exacto aquí presentados.

REIVINDICACIONES

1. Un método para convertir electricidad de generación eólica en electricidad de frecuencia constante para suministrarla a una red de abastecimiento, que comprende:

usar un generador de turbina eólica que tiene un generador de inducción de doble alimentación,

generar electricidad a partir del rotor del generador para suministrarla a la red de abastecimiento cuando se opera a una velocidad rotacional del generador por encima de la velocidad síncrona,

suministrar electricidad al rotor del generador cuando se opera a una velocidad rotacional por debajo de la velocidad síncrona del generador y facilitar la generación de electricidad a partir del estator,

convertir la electricidad procedente del rotor en electricidad de CC y convertir la electricidad de CC en electricidad de CA con un factor de potencia unitario fijo de al menos 0,99, y

ajustar la corriente de la electricidad de CA hacia o procedente de la red de abastecimiento para que esté en fase con el voltaje de red de abastecimiento, que comprende los pasos de:

detectar un voltaje de línea a tierra procedente de la red de abastecimiento,

generar un valor normalizado de voltaje dividiendo los voltajes detectados de línea a tierra entre el voltaje de pico de la red de abastecimiento,

multiplicar el valor normalizado de voltaje por una señal de corriente deseada para producir una señal de referencia que está en fase con el voltaje de abastecimiento,

detectar la corriente de la electricidad de CA hacia o procedente de la red de abastecimiento,

restar la corriente detectada a la señal de referencia para generar una señal de error, y

comparar la señal de error con una señal de forma triangular para generar una señal de control;

en el que la electricidad de CA está con un factor de potencia unitario fijo de al menos 0,99.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye adicionalmente generar electricidad a partir del estator del generador.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el ajuste incluye calcular una magnitud de corriente deseada y multiplicarla por un valor normalizado de voltaje del voltaje de red de abastecimiento para proporcionar un valor de corriente deseada para la regulación de corriente de la electricidad de CA en fase con el voltaje de red de abastecimiento sin ningún decalaje sustancial de fase.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el cálculo incluye restar el valor del voltaje de CC para proporcionar un valor de voltaje de error.

5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el cálculo incluye usar un controlador proporcional e integral de bucle cerrado para regular el valor de voltaje de error para producir la magnitud de corriente deseada.

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, que incluye adicionalmente determinar el valor normalizado de voltaje detectando el voltaje de línea a tierra de la red de abastecimiento, y dividir el valor del voltaje detectado entre la magnitud de pico del voltaje detectado para proporcionar el valor normalizado de voltaje.

7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, que incluye adicionalmente regular la corriente de la electricidad de CA hacia o procedente de la red de abastecimiento en respuesta a la corriente detectada de la electricidad de CA hacia o procedente de la red de abastecimiento.

8. Un sistema para convertir electricidad de generación eólica en electricidad de frecuencia constante para suministrarla a una red de abastecimiento, que comprende:

un generador de turbina eólica que tiene un generador de inducción de doble alimentación, teniendo dicho generador un rotor para generar electricidad a partir del rotor del generador para suministrarla a la red de abastecimiento cuando se opera a una velocidad rotacional del generador por encima de la velocidad síncrona,

un convertidor de generador para convertir la electricidad procedente del rotor en electricidad de CC por encima de la velocidad síncrona del generador, suministrando el convertidor de generador electricidad al rotor del generador cuando se opera a una velocidad rotacional por debajo de la velocidad síncrona del generador y para facilitar la generación de electricidad a partir del estator,

ES 2 335 231 T3

un conversor de abastecimiento para convertir la electricidad de CC en electricidad de CA con un factor de potencia unitario fijo de al menos 0,99,

5 al menos un circuito para ajustar la corriente de la electricidad de CA hacia o procedente de la red de abastecimiento para que se mantenga en fase con el voltaje de red de abastecimiento;

10 en el que el al menos un circuito detecta un voltaje de línea a tierra procedente de la red de abastecimiento, genera un valor normalizado de voltaje dividiendo los voltajes detectados de línea a tierra entre el voltaje de pico de la red de abastecimiento, multiplica el valor normalizado de voltaje por una señal de corriente deseada para producir una señal de referencia que está en fase con el voltaje de abastecimiento, detecta la corriente de la electricidad de CA hacia o procedente de la red de abastecimiento, resta la corriente detectada a la señal de referencia para generar una señal de error, y compara la señal de error con una señal de forma triangular para generar una señal de control; y

15 en el que la electricidad de CA está con un factor de potencia unitario fijo de al menos 0,99.

9. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el generador incluye un estator para generar electricidad.

20 10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el al menos un circuito para el ajuste incluye calcular una magnitud de corriente deseada y multiplicarla por un valor normalizado de voltaje del voltaje de red de abastecimiento para proporcionar un valor de corriente deseada para la regulación de corriente de la electricidad de CA en fase con el voltaje de red de abastecimiento sin ningún decalaje sustancial de fase.

25 11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el cálculo incluye restar el valor del voltaje de CC a un valor deseado del voltaje de CC para proporcionar un valor de voltaje de error.

12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el cálculo incluye usar un controlador proporcional e integral de bucle cerrado para regular el valor de voltaje de error para producir la magnitud de corriente deseada.

30 13. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 12, que incluye adicionalmente al menos un circuito para determinar el valor normalizado de voltaje detectando el voltaje de línea a tierra de la red de abastecimiento, y dividir el valor del voltaje detectado entre la magnitud de pico del voltaje detectado para proporcionar el valor normalizado de voltaje.

35 14. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 13, que incluye adicionalmente un regulador de corriente para regular la corriente de la electricidad de CA hacia o procedente de la red de abastecimiento en respuesta a la corriente detectada de la electricidad de CA hacia o procedente de la red de abastecimiento.

40

45

50

55

60

65

