

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 403**

51 Int. Cl.:

**H02J 9/06** (2006.01)

**F03D 9/00** (2006.01)

**H02J 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2009 E 09154819 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 2101392**

54 Título: **Almacenamiento de energía y control de frecuencia de aerogenerador**

30 Prioridad:

**13.03.2008 US 47394**

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

**05.10.2016**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 River Road  
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**BURRA, RAJNI KANT;  
DELMERICO, ROBERT WILLIAM;  
TEICHMANN, RALPH;  
JAIN, ABHITAP y  
SHU, MARK**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 585 403 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**

Almacenamiento de energía y control de frecuencia de aerogenerador

5 La invención se refiere generalmente a almacenamiento de energía y más específicamente al uso de almacenamiento de energía para múltiples fines de fuentes de energía renovables. La invención se refiere adicionalmente a aerogeneradores y más específicamente a la flexibilidad de la frecuencia de red de distribución en sistemas eléctricos de aerogenerador.

10 Los aerogeneradores tienen rotores con palas que se conectan a generadores eléctricos mediante árboles. Los ejemplos de generadores eléctricos incluyen generadores de inducción doblemente alimentados (DFIG) y generadores de imán permanentes (PM). Para suministrar la potencia eléctrica a la red de distribución, los elementos electrónicos de potencia se usan para el acondicionamiento energético. En un ejemplo, los elementos de sistema electrónico de potencia incluyen convertidores de fuente de tensión consecutiva conectados a un enlace CC. Para un DFIG, unos terminales de estado del generador se conectan directamente con la red de distribución, y el sistema electrónico de potencia se conecta entre el rotor y los terminales de estátor. Para una máquina PM, unos terminales de máquina CA se conectan por medio del sistema electrónico de potencia.

15 Diversos aerogeneradores convencionales y sistemas para él se describen, por ejemplo, en los documentos US 2007/024227, US 2007/080666 y US 2004/0264082.

20 A medida que se desarrollan nuevos códigos de red de distribución para parques eólicos, y a medida que se incrementa el nivel de penetración en el mercado de los parques eólicos, la variabilidad de la potencia eólica se vuelve menos aceptable para las empresas de utilidad. Por ejemplo, las empresas de utilidad están imponiendo o esperando imponer requisitos relacionados con límites de tasa de rampa de potencia, paso a través de baja tensión, control de frecuencia de potencia, respuesta de inercia y restricciones.

Sería aconsejable tener un sistema y un procedimiento para abordar eficazmente la variabilidad de la potencia eólica para ayudar a satisfacer los requisitos relacionados de empresas de utilidad.

25 Los aerogeneradores se diseñan normalmente y están especificados para una frecuencia de red de distribución específica tal como 50 Hz o 60 Hz. Al menos dos configuraciones se desarrollan para cada tipo de aerogenerador siendo una aplicable a 50 Hz y la otra aplicable a 60 Hz. Normalmente un diseño inicial se realiza para una frecuencia de red de distribución y luego se modifica para la segunda frecuencia de red de distribución. Ambos diseños deben certificarse independientemente. El diseño, la ingeniería, adquisición de partes, partes de repuesto y requisitos de entrenamiento se incrementan de esta manera mediante la necesidad del segundo diseño y certificación.

30 Sería aconsejable tener un diseño de sistema eléctrico de aerogenerador que permita una instalación flexible del aerogenerador independientemente de la frecuencia de red de distribución.

Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención se definen mediante las reivindicaciones adjuntas.

35 Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor cuando la siguiente descripción detallada se lea en referencia a los dibujos adjuntos en los que los caracteres similares representan partes similares a través de los dibujos, en los que:

la FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con una realización desvelada en el presente documento.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con otra realización desvelada en el presente documento.

40 La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con otra realización desvelada en el presente documento.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques de un sistema eléctrico flexible de frecuencia de acuerdo con una realización desvelada en el presente documento.

45 La FIG. 5 es un diagrama de bloques de otro sistema eléctrico flexible de frecuencia de acuerdo con otra realización desvelada en el presente documento.

50 En determinadas realizaciones descritas en el presente documento, se añade un almacenamiento de energía de uso dual a las fuentes de energía, particularmente fuentes de energía renovables tal como aerogeneradores 30 (mostrado en la FIG. 1), para un rendimiento y captura de energía mejorados. Los aerogeneradores ya incluyen normalmente equipo de suministro de potencia ininterrumpida (UPS) con almacenamiento de energía para cargas de bus críticas. Las realizaciones desveladas en el presente documento usan almacenamiento para soportar las cargas de bus críticas y otras cargas auxiliares, así como proporcionar soporte de potencia para un sistema de conversión de potencia que suministra potencia desde la fuente de energía a un circuito eléctrico o red de distribución. Tal como se usa en el presente documento, “uno”, “una”, y otras formas del singular pretender abarcar uno o más elementos a menos que se

indique claramente lo contrario.

La FIG. 1, por ejemplo, es un diagrama de bloques de un sistema 10 de almacenamiento de energía que comprende: un sistema 12 de suministro de potencia ininterrumpida (UPS) que comprende un dispositivo 14 de almacenamiento de energía acoplado entre una fuente 16 de energía y una carga 18 auxiliar de fuente 16 de energía; y un sistema 20 de control configurado para generar órdenes 22 para controlar un estado de carga del dispositivo 14 de almacenamiento de energía, proporcionar potencia desde el dispositivo 14 de almacenamiento de energía a la carga 18 auxiliar y usar potencia desde el dispositivo 14 de almacenamiento de energía para controlar la tensión del enlace 24 CC, el par de torsión de fuente de energía, el flujo de potencia del lado de la red de distribución 26, o combinaciones de los mismos. La carga 18 auxiliar comprende normalmente al menos una carga que es necesaria para soportar el funcionamiento de la fuente de energía. Varios ejemplos de tales cargas en una realización de aerogenerador incluyen accionamientos de guiñada, bombas, reguladores de temperatura y motores 56 de control de cabeceo (FIG. 4). Otros ejemplos incluyen equipo de monitorización y diagnóstico y equipo de iluminación (no se muestra).

La FIG. 1 ilustra adicionalmente un dispositivo 14 de almacenamiento de energía acoplado entre un sistema 28 de conversión de potencia de la fuente 16 de energía y la carga 18 auxiliar. "Entre" tal como se usa en este contexto pretende cubrir que el acoplamiento del dispositivo 14 de almacenamiento de energía es con la carga 18 auxiliar en un extremo y con el sistema 28 de conversión de potencia en el otro extremo. El acoplamiento con el sistema 28 de conversión de potencia puede estar en el extremo del sistema 28 de conversión de potencia o en el enlace 24 CC del sistema 28 de conversión de potencia. En la realización de la FIG 1, por ejemplo, el generador 32 acopla el aerogenerador 30 al sistema 28 de conversión de potencia, y el dispositivo 14 de almacenamiento de energía se acopla entre el enlace 24 CC del sistema 28 de conversión de potencia y la carga 18 auxiliar. En una realización más específica, el sistema 12 UPS comprende un convertor 36 bidireccional acoplado al sistema 28 de conversión de potencia y un inversor 38 UPS acoplado a la carga auxiliar, y el dispositivo 14 de almacenamiento de energía se acopla entre el convertor bidireccional y el inversor UPS.

El dispositivo 14 de almacenamiento de energía puede comprender cualquier dispositivo de almacenamiento deseado dependiendo su capacidad de almacenamiento de requisitos del sistema. Varios ejemplos incluyen un ultracondensador, una batería electroquímica, una célula de combustible y un circuito compensador. Adicionalmente, pueden usarse combinaciones de tales dispositivos. El control del estado de carga se realiza para intentar evitar una circunstancia en la que el dispositivo de almacenamiento de energía se carga completamente por lo que no existe más capacidad disponible para absorber energía y evitar la circunstancia inversa de no tener suficiente carga para cumplir los requisitos del sistema. Los objetivos del estado de carga variarán con la aplicación y condiciones de funcionamiento de la fuente 16 de energía.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un sistema 110 de almacenamiento de energía de acuerdo con otra realización en la que el dispositivo 14 de almacenamiento de energía se acopla a conexiones 34 CA entre el generador 32 y el sistema 28 de conversión de potencia. En esta realización, un convertor 37 CA a CC se usa para convertir la potencia CA en una tensión CC constante para el uso mediante las cargas auxiliares de fuente de energía.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un sistema 210 de almacenamiento de energía de acuerdo con otra realización en la que la fuente 16 de energía comprende una pluralidad de aerogeneradores 30, 130. Una unidad 114 de almacenamiento puede acoplarse a múltiples aerogeneradores, tal como se muestra en la FIG. 3. Adicionalmente, múltiples unidades de almacenamiento pueden acoplarse a uno o más aerogeneradores tal como se muestra en las FIGS. 1 y 2. El sistema 20 de control, cuando proporciona órdenes para suministrar potencia, puede programarse basándose en prioridades de los requisitos de la carga 18, 118 auxiliar y los requisitos de soporte del sistema 28, 128 de conversión de potencia. Este equilibrio de prioridades puede volverse más desafiante a medida que se incrementa el número de fuentes de energía acopladas a un único dispositivo de almacenamiento de energía o un banco de dispositivos de almacenamiento de energía.

Las anteriores realizaciones se han descrito en referencia a un sistema, pero también son aplicables a procedimientos de control. Por ejemplo, en una realización relacionada con lo mostrado en la FIG. 1, un procedimiento comprende: generar órdenes 22 para controlar un estado de carga y un dispositivo 14 de almacenamiento de energía acoplado entre una fuente 16 de energía y una carga 18 auxiliar; proporcionar potencia desde el dispositivo de almacenamiento de energía a la carga auxiliar; y usar la potencia desde el dispositivo de almacenamiento de energía para controlar la tensión de un enlace 24 CC, el par de torsión de fuente de energía, el flujo de potencia del lado de la red de distribución 26 o combinaciones de los mismos.

Al usar realizaciones seleccionadas desveladas en el presente documento para almacenamiento y control de energía, los requisitos de utilidad pueden abordarse más eficazmente. Con respecto a los parques eólicos, si se usa una cantidad suficiente de almacenamiento de energía, entonces los parques podrán mitigar la intermitencia eólica tanto para el funcionamiento conectado a red de distribución como para el aislado.

Como un ejemplo de control de flujo de potencia del lado de red de distribución, los límites de tasa de rampa de potencia se mantienen normalmente mediante el cabeceo de las palas del aerogenerador a medida que la velocidad eólica y la potencia se incrementan (en otras palabras, mediante restricciones). Siempre y cuando el estado de carga del dispositivo de almacenamiento de energía esté por debajo del límite superior, el dispositivo de almacenamiento de

energía puede en su lugar usarse para absorber algo del exceso de energía. En comparación, cuando la velocidad del viento y la salida de potencia desde el aerogenerador disminuyen sin almacenamiento de energía, no existe una manera eficaz de controlar la caída de potencia de la red de distribución. Si el almacenamiento se dimensiona correctamente, este puede usarse para controlar la rampa de caída además de proporcionar el suministro UPS.

5 Como otro ejemplo, con respecto al control del par de torsión del generador, cuando ocurre una falla en la red de distribución de manera que un aerogenerador no puede enviar potencia a la red de distribución, el par de torsión de rotura (aplicado al generador mediante el sistema 28 de conversión de potencia) pasa a través de una rápida transición desde un valor nominal hasta un valor casi cero si no se encuentra ninguna mitigación en su lugar. El cambio repentino en el par de torsión tiene efectos adversos en la caja de cambios (tal como la caja 31 de cambios de la FIG.4) y en el árbol. Si el par de torsión se reduce repentinamente, el árbol pasará a través de un estado transitorio torsional que impacta negativamente en la vida de la caja de cambios y provocará que el árbol se acelere. La mitigación convencional de tales estados transitorios implica añadir un resistor de rotura en el convertidor del lado de la red de distribución para que la potencia se desvíe temporalmente al resistor para ayudar temporalmente a mantener el par de torsión. Al usar un almacenamiento de energía se podría eliminar el resistor, y esto podría ser beneficioso para capturar en su lugar la energía a través del dispositivo de almacenamiento de energía y permitir el paso a través de baja tensión.

En un ejemplo relacionado con el control de la tensión del enlace CC, unos problemas de estabilidad pueden abordarse en aplicaciones de red de distribución débil. Durante la interacción de alta velocidad entre los bucles de control de una fuente de energía y una red de distribución de potencia, ocurren problemas de estabilidad si los bucles de control interactúan con un circuito eléctrico débil de la red de distribución. En estas circunstancias, la tensión de enlace CC puede oscilar. Al proporcionar energía desde el dispositivo de almacenamiento de energía de una manera que tiene como resultado un enlace CC firme, la composición se reduce.

El control de frecuencia de potencia es otra preocupación de las utilidades. A medida que cambia la frecuencia de la red de distribución, una respuesta convencional es hacer cabecear las palas para ignorar el viento temporalmente y disminuir la salida del aerogenerador. Tener capacidad de almacenamiento de energía puede reducir la necesidad de hacer cabecear rápidamente las palas.

Otra característica de interés para las utilidades es la respuesta de inercia. Los generadores sincrónicos convencionales responden naturalmente a problemas de frecuencia debido a la inercia de rotación de tales generadores. Algunos operadores de utilidad requieren que los aerogeneradores respondan de manera similar a perturbaciones de frecuencia. Específicamente, un incremento de potencia de corta duración (por ejemplo, cinco por ciento de potencia clasificada) puede ser necesario para caídas de frecuencia por debajo de un umbral. Una técnica para abordar estos problemas que no requiere el uso de almacenamiento de energía se describe en la solicitud normalmente asignada N.º 12/023368, presentada el 31 de enero de 2008, que se incorpora en el presente documento mediante referencia y que describe un conformador de potencia configurado para proporcionar una señal de ajuste de generación de potencia transitoria. Los conceptos de almacenamiento de energía desvelados en la presente solicitud pueden ser útiles para proporcionar flexibilidad al generar y suministrar potencia para tales señales de ajuste.

Las realizaciones desveladas en el presente documento pueden ser adicionalmente beneficiosas para fluctuaciones de potencia y parpadeos debido a turbulencias del viento mediante el uso del dispositivo de almacenamiento de energía para calmar la potencia absorbiendo las turbulencias del viento en el almacenamiento de energía y suministrando energía cuando sea necesario para proporcionar más potencia constante.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques de un sistema 310 eléctrico flexible de frecuencia de red de distribución de acuerdo con una realización desvelada en el presente documento que puede usarse en combinación con las realizaciones antes desveladas o como una realización separada. En esta realización, el conjunto 29 de aerogenerador comprende: una pluralidad de cargas 48, 50, 52, 56 de aerogenerador auxiliar; un sistema 41 de conversión de potencia; y un sistema 58 de control configurado para generar órdenes 60 para conmutar elementos de un convertidor 44 de carga auxiliar para proporcionar potencia compatible con frecuencia a las cargas auxiliares. En una realización, la potencia que tiene una frecuencia y una tensión sustancialmente constantes se proporciona a un bus 46 auxiliar común. Al menos algunas de las cargas de aerogenerador auxiliar se acoplan al bus auxiliar común. En el ejemplo de la FIG. 4, algunas de las cargas de aerogenerador auxiliar (tal como, por ejemplo, el accionamiento 48 de guiñada, las bombas 50, los reguladores 52 de temperatura y el sistema 54 de cabeceo) se acoplan directamente al bus auxiliar común.

La realización de la FIG. 4 ilustra adicionalmente un convertidor 44 de carga auxiliar acoplado entre el bus 46 auxiliar común y un enlace 62 CC de los convertidores 40 y 42 del sistema 41 de conversión de potencia. La conexión al enlace CC puede usarse para proporcionar un almacenamiento de energía a corto plazo. La FIG. 5 ilustra una realización 410 alternativa en la que el convertidor 64 de carga auxiliar se acopla a un enlace 66 de red de distribución CA del sistema de conversión de potencia.

Las realizaciones de la FIG. 4 y la FIG. 5 son útiles para permitir un diseño global de aerogenerador que sea adaptable para proporcionar una potencia de gran calidad para equipo sensible al control y que no requiera partes de carga auxiliar para diferentes frecuencias de red de distribución y, de esta manera, que sean útiles para proporcionar

economías de escala, ahorros de ingeniería no recurrentes, gestión de partes de repuesto, procedimientos de servicio simplificados y despliegue global rápido. De una manera similar tal como se ha analizado antes, la fuente de energía puede comprender uno o más aerogeneradores 30. Adicionalmente, una o más unidades de almacenamiento de energía del tipo antes analizado también pueden incorporarse (tal como, por ejemplo, haciendo que el inversor 38 UPS de la FIG. 1 conmute de la manera analizada con respecto al conversor 44 de carga auxiliar de la FIG. 4).

5

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (10) de almacenamiento de energía caracterizado por:
  - 5 un sistema (12) de suministro de potencia ininterrumpida (UPS) que comprende un dispositivo (14) de almacenamiento de energía acoplado entre una fuente (16) de energía y una carga (18) auxiliar de la fuente (14) de energía,
  - un conversor (36) bidireccional acoplado por un enlace (24) CC de fuente de un sistema de conversión de potencia de la fuente de energía y un inversor (38) UPS acoplado a la carga (18) auxiliar, y en el que el dispositivo (14) de almacenamiento de energía se acopla entre el conversor (36) bidireccional y el inversor (38) UPS; y
  - 10 un sistema (20) de control configurado para generar órdenes (22) para controlar un estado de carga del dispositivo (14) de almacenamiento de energía, proporcionar potencia desde el dispositivo (14) de almacenamiento de energía a la carga (18) auxiliar y usar la potencia del dispositivo (14) de almacenamiento de energía para controlar la tensión de un enlace CC, el par de torsión de fuente de energía, el flujo de potencia del lado de la red de distribución (26) o combinaciones de los mismos.
- 15 2. El sistema (10) de almacenamiento de energía de la reivindicación 1, en el que el sistema (20) de control se configura además para generar órdenes para proporcionar energía desde la fuente (16) de energía al dispositivo (14) de almacenamiento de energía tras la aparición de un exceso de potencia suministrado a la fuente (16) de energía.
3. El sistema (10) de almacenamiento de energía de cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo (14) de almacenamiento de energía se acopla entre un sistema (28) de conversión de potencia de la fuente (16) de energía y la carga (18) auxiliar.
- 20 4. El sistema (10) de almacenamiento de energía de cualquier reivindicación anterior, en el que la fuente (16) de energía comprende un aerogenerador (30).
5. El sistema (10) de almacenamiento de energía de cualquier reivindicación anterior, en el que la carga comprende una pluralidad de cargas (18) auxiliares de la fuente (16) de energía, y en el que el controlador (20) se configura además para conmutar elementos del sistema (12) UPS para proporcionar potencia compatible con frecuencia en las cargas (18) auxiliares.
- 25 6. Un procedimiento que comprende:
  - generar órdenes (22) para controlar un estado de carga del dispositivo (14) de almacenamiento de energía, proporcionado en el sistema (10) de almacenamiento de energía tal como se define en cualquier reivindicación anterior, acoplado entre la fuente (16) de energía y la carga (18) auxiliar de la fuente de energía;
  - 30 proporcionar potencia desde el dispositivo (14) de almacenamiento de energía a la carga (18) auxiliar; y
  - usar potencia desde el dispositivo (14) de almacenamiento de energía para controlar la tensión de un enlace CC, el par de torsión de fuente de energía, el flujo de potencia del lado de la red de distribución (26) o combinaciones de los mismos.
- 35 7. El procedimiento de la reivindicación 6 en el que la fuente (16) de energía comprende un aerogenerador (30), y en el que usar la potencia comprende adicionalmente abordar al menos un requisito de utilidad del grupo que consiste en límites de tasa de rampa de potencia, paso a través de baja tensión, control de frecuencia de potencia, respuesta de inercia, suavizado de potencia y restricciones.
8. Un conjunto (310) de aerogenerador que comprende:
  - una pluralidad de cargas (48, 50, 52) de aerogenerador auxiliares;
  - 40 un conversor (44, 64) de carga auxiliar;
  - un sistema (58) de control configurado para conmutar elementos del conversor de carga auxiliar para proporcionar potencia compatible con frecuencia en las cargas auxiliares; y
  - un sistema (10) de almacenamiento de energía tal como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
- 45 9. El conjunto de aerogenerador de la reivindicación 8, en el que el conjunto (30) de aerogenerador comprende un sistema (41) de conversión de potencia, y en el que el conversor (44, 64) de carga auxiliar comprende un conversor CC a CA acoplado al enlace CC del sistema (41) de conversión de potencia.



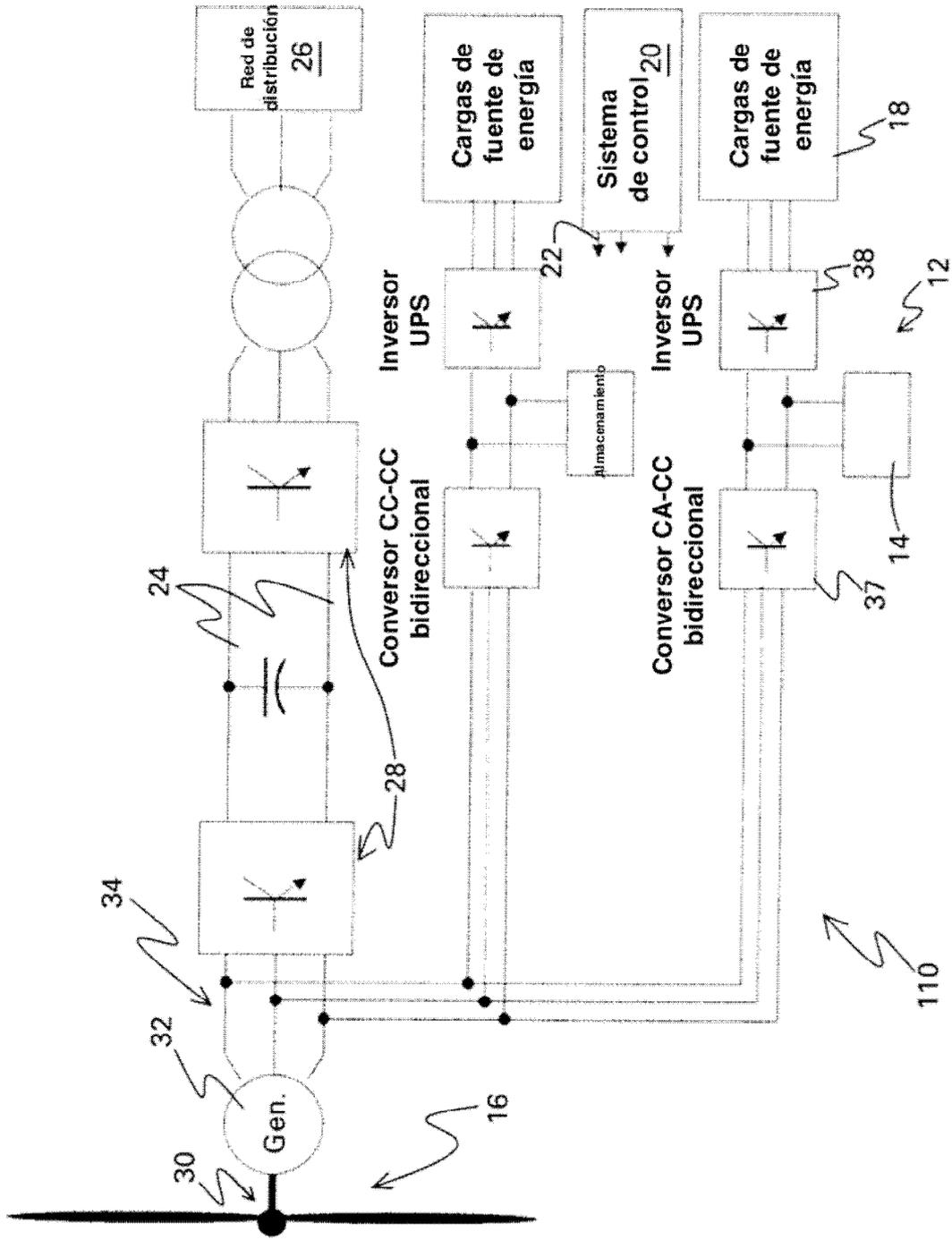


FIG.2

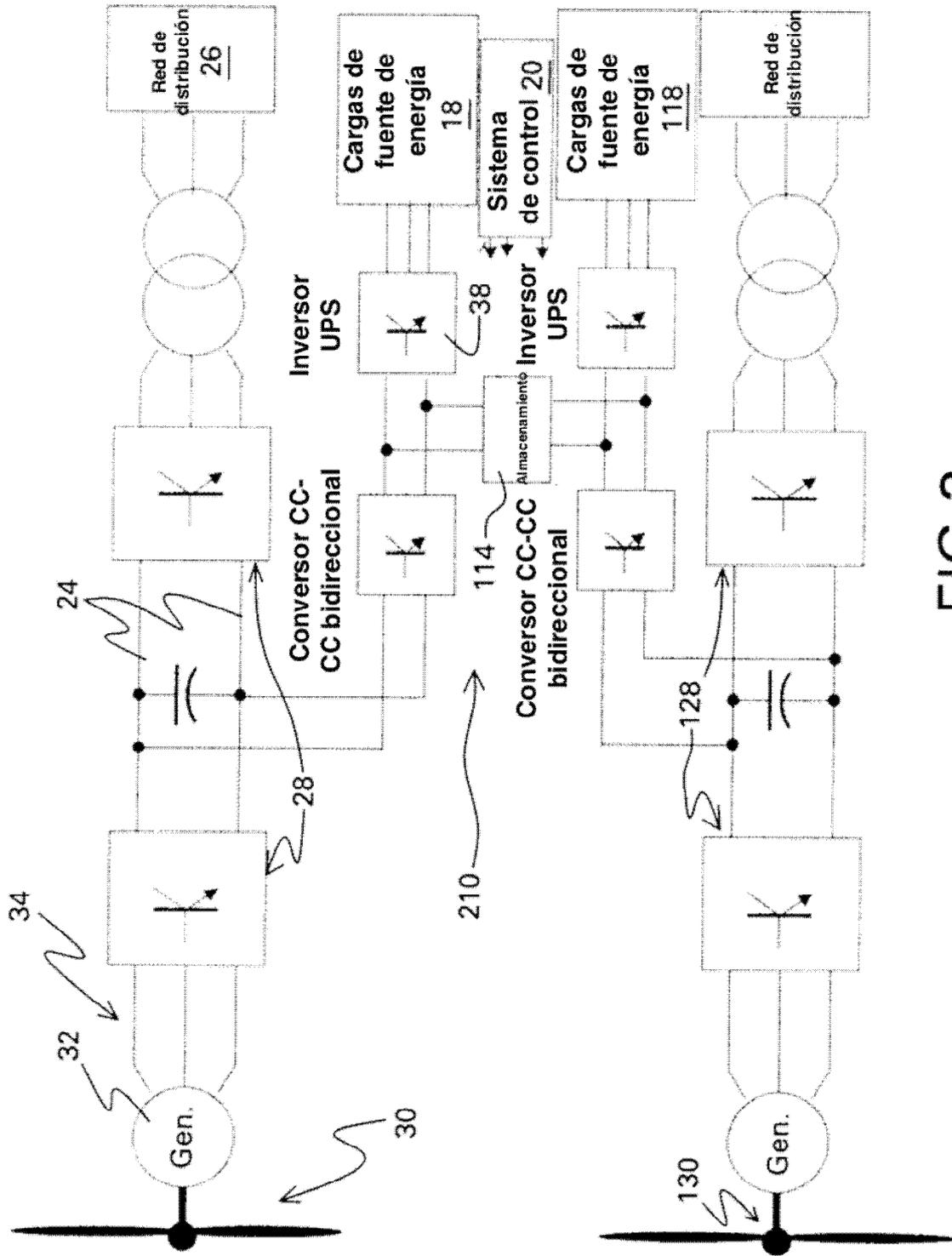


FIG.3



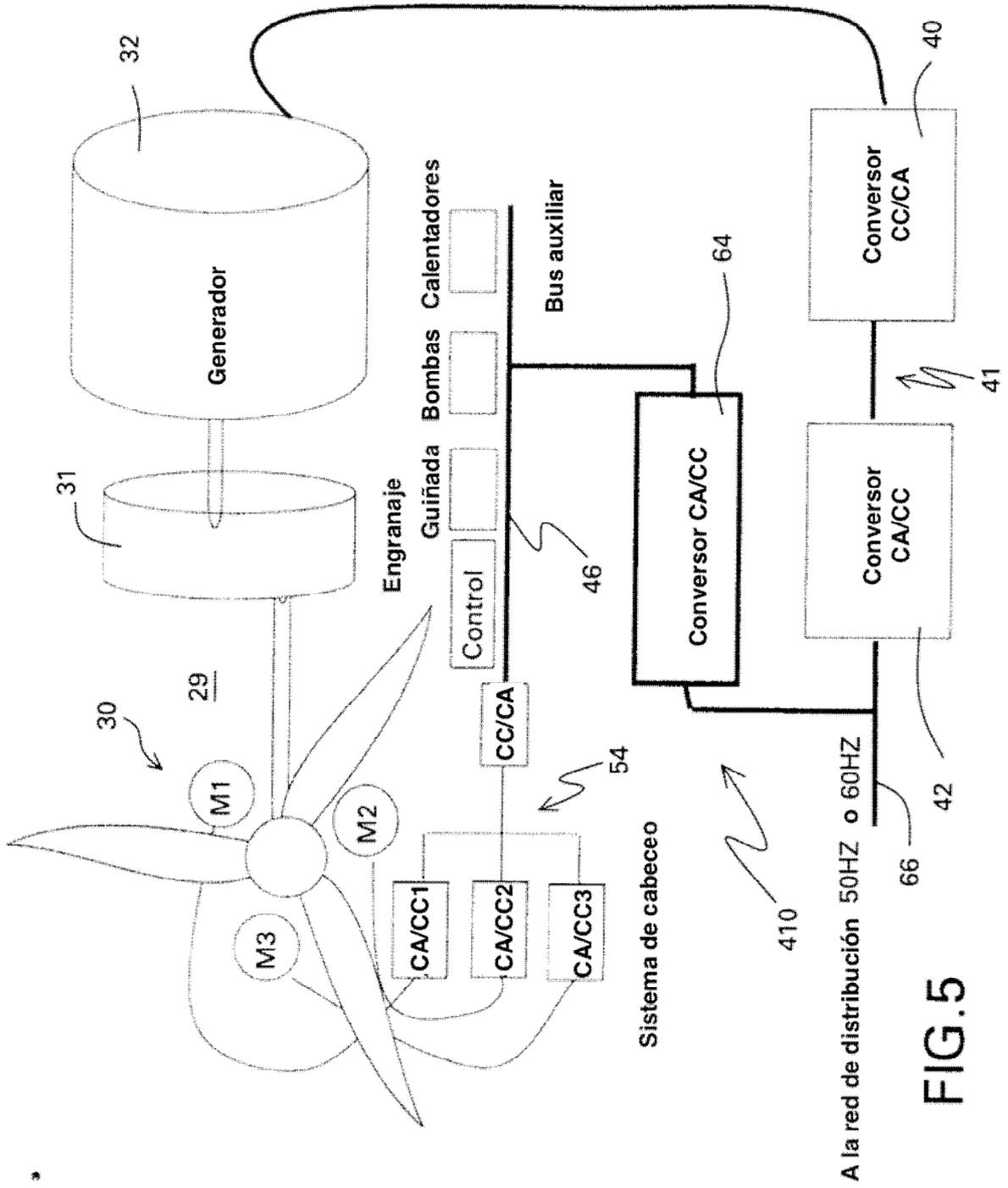


FIG.5