

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 217**

51 Int. Cl.:

**H02P 9/48** (2006.01)

**H02M 7/23** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2005 E 05253578 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 1610456**

54 Título: **Rectificador de modo dual, sistema y procedimiento**

30 Prioridad:

**23.06.2004 US 874975**

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

**02.11.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DATTA, RAJIB y  
CHEN, KUNLUN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 640 217 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**

Rectificador de modo dual, sistema y procedimiento

La invención se refiere generalmente a sistemas de potencia y más específicamente a un procedimiento y sistema para un rectificador de modo dual.

5 Muchos dispositivos, tales como sistemas de suministro de potencia, operan en potencia extraída de generadores. El generador, a su vez, extrae potencia desde sistemas tales como turbinas eólicas, motores accionados por gas o diésel, turbinas o cualquier otro sistema de accionamiento adecuado. La salida del generador habitualmente es una potencia de salida de frecuencia variable.

10 Típicamente, se usan rectificadores para convertir la potencia de salida de frecuencia variable a una potencia de salida de frecuencia fija. Convertidores se usan a continuación para convertir la potencia de salida de frecuencia fija a una potencia de salida de frecuencia deseada, que se proporciona a continuación a diversas cargas tales como red. En otras aplicaciones, tales como motores, se diseñan convertidores de potencia para extraer potencia de una red y proporcionar la potencia al motor.

15 La rectificación puede ser de dos tipos a saber rectificación pasiva o rectificación activa. Rectificación pasiva se realiza usando puentes de diodos. Rectificadores pasivos entregan potencia desde una fuente activa con alta eficiencia, pero no proporcionan control sobre la potencia extraída de la fuente. Además, la rectificación pasiva introduce armónicos en la corriente de lado ac, que provoca armónicos de par indeseables cuando la fuente activa es un generador o distorsiones inaceptables cuando la fuente activa es la red eléctrica.

20 Ekanayake J.B. et al, IEE Proceedings: Generation, Transmission and Distribution, vol. 142, N.º 2, marzo 1995 describe un sistema de potencia eléctrico en el que principios operativos y construcción se disponen de tal forma que el uso de técnicas de modulación de eliminación selectiva de armónicos (SHEM) se usan para minimizar armónicos.

25 Rectificadores activos, por otra parte, pueden controlarse ya que se implementan usando conmutadores. Un problema con rectificadores activos es el coste asociado. Además, rectificadores activos operan a una menor eficiencia debido a pérdidas causadas por la acción de conmutación de los dispositivos de semiconductores.

30 En muchas aplicaciones, se requieren generadores de baja velocidad y par alto. Tales generadores son más grandes en tamaño que generadores que funcionan a velocidades mayores. El tamaño del generador también aumenta si se opera en factor de potencia menor. El tamaño mayor del generador a su vez aumenta el coste sustancialmente. Ya que la técnica anterior se conoce adicionalmente del documento US5642021 un procedimiento y sistema para la maximización de salida de un alternador en un vehículo de automoción.

Por lo tanto, lo que se desea es un sistema rectificador que opera en un factor de potencia alto y alta eficiencia mientras que minimiza el coste y el tamaño del sistema rectificador.

35 En un primer aspecto de la presente invención se proporciona sistema para la generación de una potencia de salida a una carga, el sistema que comprende: una turbina eólica, un generador acoplado a la turbina eólica y configurado para la generación de una potencia de salida de frecuencia variable; y un rectificador de modo dual acoplado al generador y configurado para conmutarse entre un modo pasivo y un modo activo. El rectificador de modo dual comprende un rectificador pasivo acoplado a bornes de salida del generador y configurado para operación en el modo pasivo y un convertidor activo acoplado a tomas de devanados del generador y configurado para operación en el modo activo. El convertidor activo se configura para proporcionar potencia activa cuando el generador está operando a o por debajo de una primera velocidad y el rectificador pasivo se configura para proporcionar potencia cuando el generador está operando a o por encima de una segunda velocidad. El rectificador de modo dual se configura para el suministro de potencia a una carga.

45 En un aspecto adicional, se proporciona un procedimiento para la generación de una potencia de salida a una carga. El procedimiento comprende generar, mediante un generador acoplado a una turbina eólica, una potencia de salida de frecuencia variable y rectificar, mediante un rectificador de modo dual acoplado al generador, la potencia de salida de frecuencia variable a dc, que puede invertirse, a potencia de salida. La etapa de rectificación comprende operar en un modo activo cuando la potencia de salida está por debajo de un primer valor umbral y operar en un modo pasivo cuando la potencia de salida está por encima de un segundo valor umbral.

La invención se describirá ahora en mayor detalle, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en las que:-

50 la Figura 1 es un diagrama de bloques de una realización de un sistema de potencia implementado según un aspecto de la invención;

la Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra una manera en la que un rectificador de potencia dual se acopla a un generador según un aspecto de la invención;

55 la Figura 3 es un diagrama de circuito que ilustra los diversos componentes de una realización de un rectificador de modo dual; y

la Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento por el que puede entregarse potencia a una carga.

En una realización de la invención se proporciona un sistema 10 de potencia para el suministro de una carga de potencia como se muestra en la Figura 1. El sistema de potencia comprende una turbina 12 eólica, generador 14, rectificador 16 de modo dual, circuitería 18 de control, sistema 20 de convertidor y transformador 21. Cada componente del sistema de potencia se describe en detalle adicional a continuación.

Una turbina 12 eólica se configura para la conversión de energía eólica en energía mecánica. Energía eólica se captura mediante la rotación de las palas de la turbina eólica. Las puntas de las palas viajan a una velocidad que oscila habitualmente desde aproximadamente 50 metros por segundo (m/s) hasta aproximadamente 70 m/s. La potencia mecánica generada por las palas se transfiere a un sistema de transmisión (no mostrado), que habitualmente tiene una entrada de 20-50 rotaciones por minuto (rpm) desde un eje de baja velocidad unido a la pala y una salida de 1000-1800 rpm (puede ser mayor para una red de 60 Hz) para un eje de alta velocidad que se acopla al generador 14. En otra realización, la potencia mecánica generada por la pala se transfiere directamente al generador.

Continuando con la Figura 1, el generador 14 comprende un rotor y un estátor (no mostrado), respectivamente, y se configura para la generación de una potencia de salida de frecuencia variable. El rotor habitualmente comprende elementos magnéticos / electromagnéticos y se configura para proporcionar un campo electromagnético. El rotor se acopla a un eje que está en movimiento debido al movimiento rotacional de la turbina eólica. Debido al movimiento del rotor, el campo electromagnético se corta y se produce una correspondiente corriente alterna en el estátor. La corriente alterna se proporciona al rectificador 16 de modo dual. En una realización específica, el generador es un generador síncrono.

El rectificador 16 de modo dual se configura para conmutarse entre un modo pasivo y un modo activo. El rectificador de modo dual comprende un rectificador pasivo acoplado a bornes de salida del generador y configurado para operación en el modo pasivo y un convertidor activo acoplado a tomas de devanados del generador y configurado para operación en el modo activo. La operación del rectificador de modo dual se describe en más detalle con referencia a la Figura 2. El rectificador de modo dual se configura para el suministro de potencia desde el generador hasta el sistema 20 de convertidor.

Continuando con la Figura 1, la circuitería 18 de control detecta una velocidad de operación del generador 14 y se configura para la conmutación del rectificador de modo dual a un modo activo o modo pasivo a base de la velocidad detectada de operación. La circuitería de control se configura para provocar que el convertidor activo proporcione potencia activa al sistema 20 de convertidor cuando el generador está operando a o por debajo de una primera velocidad. También, la circuitería de control se configura adicionalmente para provocar que el rectificador pasivo proporcione potencia cuando el generador está operando a o por encima de una segunda velocidad.

El sistema 20 de convertidor se configura para la conversión de la potencia de salida de frecuencia variable recibida desde el generador 14 a una potencia de salida de frecuencia constante. Típicamente, la frecuencia constante oscila entre 49-60 Hercios. La potencia de salida de frecuencia constante se proporciona al transformador 22. El transformador 22 aumenta la potencia de salida de frecuencia constante hasta un nivel deseable. Se proporciona la potencia aumentada a la carga. Ejemplos de carga incluyen red, motor, cargas resistivas, etc.

Como se ha descrito anteriormente, el rectificador 16 de modo dual se configura para proporcionar potencia al generador 20. La Figura 2 ilustra un diagrama de bloques de una realización del generador 14 y rectificador 16 de modo dual. Cada componente se describe en detalle adicional a continuación.

El generador 14 comprende tres devanados de fase 22, 24 y 26 respectivamente. Los bornes de salida del generador son 28, 30 y 32 respectivamente. El generador 14 adicionalmente tiene tomas de devanados a saber 34, 36 y 38 respectivamente. Los bornes de salida del generador, es decir, 28, 30 y 32 se acoplan al rectificador 40 pasivo. Las tomas 34, 36 y 38 de los devanados se acoplan a convertidor 42 activo. El condensador 44 de conexión DC se usa para el acoplamiento del rectificador pasivo y el convertidor activo. La tensión a través del condensador se mantiene en un valor constante. El valor constante varía a base de diversos parámetros tales como una fase del generador, la tensión en bornes del generador, etc. En una realización, el valor constante oscila desde 1 kV hasta 6 KV. La relación de transformación de las tomas a los devanados se determina a base de la tensión de conexión dc, el índice de modulación máximo del convertidor activo y las características de velocidad de potencia de la fuerza motriz de generador.

El rectificador de modo dual comprende el rectificador 40 pasivo y convertidor 42 activo.

El rectificador pasivo se configura para operación en el modo pasivo y el convertidor activo acoplado a tomas de devanados del generador y configurado para operación en el modo activo. En la realización ilustrada, el rectificador pasivo se implementa usando un puente de diodos como se muestra en la Figura 3. Puente de diodos comprende una pluralidad de diodos 46 como se muestra en la Figura 3.

El convertidor activo se implementa usando conmutadores 48 como se ilustra en la Figura 3. En la realización ilustrada, conmutadores 48 se implementan usando transistores bipolares de puerta aislada (IGBT). La manera en la

que el rectificador de modo dual opera se describe en detalle adicional a continuación.

5 Cuando la turbina 12 eólica se pone en marcha, el generador 14 opera en una primera velocidad. Como resultado, la tensión de salida del generador es menor que la tensión a través del condensador 44 provocando que el rectificador pasivo sea polarizado inversamente. El rectificador de modo dual recibe señales de la circuitería 18 de control para provocar que el rectificador de modo dual opere en un modo activo. En el modo activo, el convertidor activo es operacional y proporciona potencia a la carga a través del sistema de convertidor. El rectificador de modo dual opera en modo activo cuando el generador está operando a o por debajo de la primera velocidad. En una realización, la primera velocidad oscila desde aproximadamente 0,75 por unidad hasta 0,8 por unidad.

10 Cuando la turbina eólica gana velocidad, hay un correspondiente aumento en la velocidad de generador. Como resultado, la tensión de salida del generador es mayor que la tensión a través del condensador 44. El rectificador de modo dual recibe señales de la circuitería 18 de control para provocar que el rectificador de modo dual opere en un modo pasivo cuando el generador está operando a o por encima de una segunda velocidad. En una realización, la segunda velocidad oscila desde aproximadamente 0,80 por unidad hasta aproximadamente 0,85 por unidad. La mayor tensión de generador provoca que el rectificador pasivo sea polarizado directamente. El rectificador de modo dual ahora proporciona potencia al sistema convertidor a través del rectificador pasivo cuando el generador está operando a o por encima de la segunda velocidad. En una realización, la segunda velocidad es mayor que la primera velocidad. En una realización alternativa, la segunda velocidad es igual a la primera velocidad.

15 La primera velocidad y la segunda velocidad se seleccionan a base de la contra emf del generador y de tal forma que se minimiza la corriente en el convertidor activo. En una realización, cuando el generador está operando a velocidades bajas, el factor de potencia interno se controla en unidad, lo que permite operación de par máximo por amperio del generador. Como se ha descrito anteriormente, los diodos del rectificador pasivo son polarizados inversamente durante velocidad baja y la potencia activa se transfiere a través del convertidor activo.

20 Como el generador opera a velocidades mayores, los diodos del rectificador pasivo son polarizados directamente y la circuitería de control provoca que el rectificador pasivo entregue potencia a la carga. En una realización, cuando el rectificador de modo dual opera en el modo pasivo, el convertidor activo entrega una corriente reactiva en los devanados del generador para regular la tensión de salida del generador. Controlar la tensión de salida del generador a un nivel deseado garantiza que los diodos del rectificador pasivo sean polarizados directamente, por lo tanto, entregando la potencia a la carga. El generador opera en un factor de potencia de avance con respecto a la tensión de salida y un factor de potencia de retraso con respecto a la contra emf. En una realización adicional, el convertidor activo se configura adicionalmente para inyectar corrientes armónicas en fase y frecuencia apropiadas para cancelar eficazmente las corrientes armónicas introducidas mediante el rectificador pasivo en el devanado del generador.

25 La Figura 4 es un diagrama de flujo que describe un procedimiento por el que la potencia puede suministrarse a una carga. Cada etapa se describe en detalle adicional a continuación. En la etapa 50, se genera una potencia de salida de frecuencia variable. En una realización, se usa un generador acoplado a una turbina para la generación de la potencia de salida de frecuencia variable. En una realización adicional, el generador es un generador síncrono y la turbina comprende una turbina eólica.

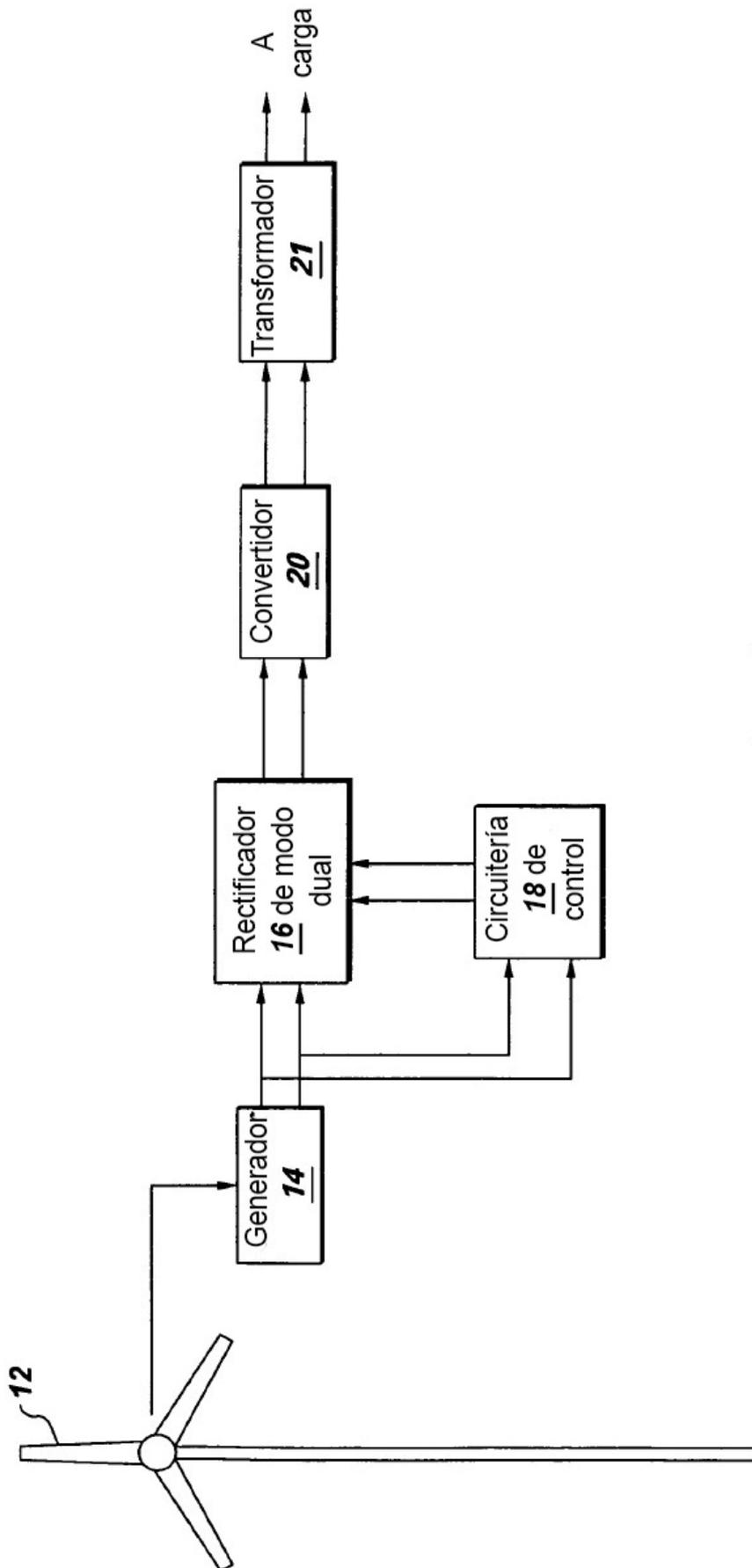
30 En la etapa 52, la potencia de salida de frecuencia variable se compara con al menos un valor umbral. Si la frecuencia variable es menor que el valor umbral, la potencia de salida de frecuencia variable se rectifica en un modo activo como se muestra en etapa 54. En una realización más específica, para rectificación activa el valor umbral comprende un primer valor umbral. Si la frecuencia variable es mayor que el valor umbral, la potencia de salida de frecuencia variable se rectifica en un modo pasivo como se muestra en etapa 56. En una realización más específica, para rectificación pasiva el valor umbral comprende un segundo valor umbral que puede ser el mismo que o diferente del primer valor umbral.

35 En una realización, el procedimiento comprende adicionalmente inducir una corriente reactiva en un generador cuando la potencia de salida está por encima del valor umbral. La corriente reactiva se usa para regular la tensión de salida del generador. En una realización adicional, el procedimiento comprende adicionalmente minimizar corrientes armónicas netas en el generador para reducir pulsaciones de par.

40 La invención anteriormente descrita tiene muchas ventajas que incluyen la habilitación de control de par máximo por amperio del generador en el intervalo de velocidad baja y operación de tensión en bornes constante en el intervalo de velocidad alta. La corriente y factor de potencia de generador se optimiza en todo el intervalo permitiendo la optimización del tamaño, coste y peso de generador. Además, el convertidor activo también actúa como un compensador armónico permitiendo por lo tanto que el generador opere con rizado de par bajo y pérdidas armónicas bajas en todo el intervalo de operación. Usando el rectificador pasivo para entregar potencia a la carga mientras el generador está operando a velocidades altas, el rectificador de modo dual tiene una eficiencia mayor en comparación con el uso de rectificador activo en la región de velocidad alta. También, el coste total se reduce debido a reducción del convertidor activo tasado a aproximadamente un 40-60 %.

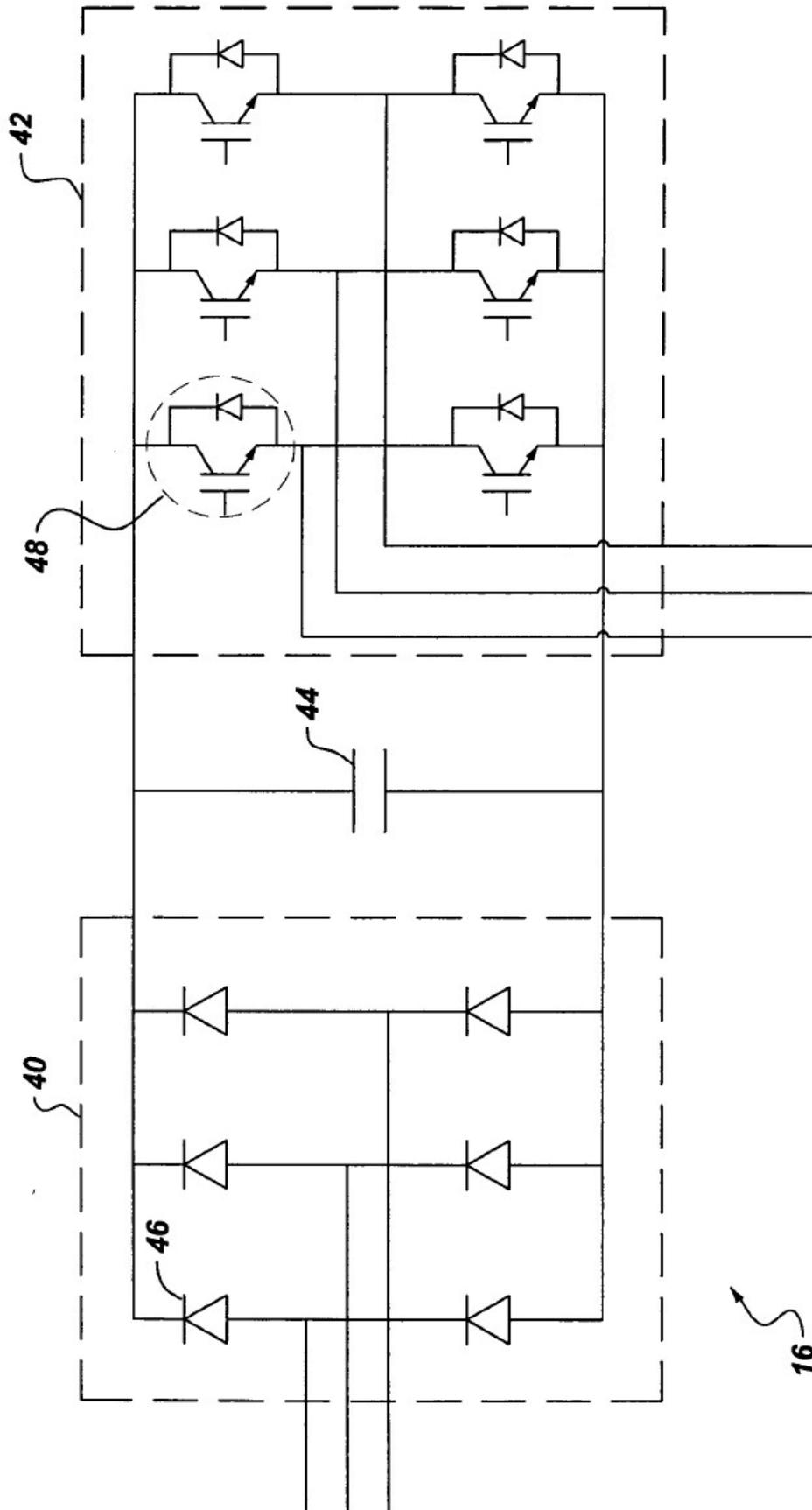
**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (10) para la generación de una potencia de salida a una carga, comprendiendo el sistema:
  - una turbina (12) eólica;
  - un generador (14) acoplado a la turbina (12) eólica y configurado para la generación de una potencia de salida de frecuencia variable; y **caracterizado porque** comprende un rectificador (16) de modo dual acoplado al generador (14) y configurado para conmutarse entre un modo pasivo y un modo activo, comprendiendo el rectificador (16) de modo dual:
    - un rectificador (40) pasivo acoplado a bornes de salida del generador (14) y configurado para operación en el modo pasivo; en el que el rectificador (40) pasivo se configura para proporcionar potencia a la carga cuando el generador (14) está operando a, o por encima de, una segunda velocidad; y
    - un convertidor (42) activo acoplado a tomas de devanados del generador (14) y configurado para operación en el modo activo, en el que el convertidor (42) activo se configura para proporcionar potencia activa a la carga cuando el generador (14) está operando a, o por debajo de, una primera velocidad; en el que el rectificador (16) de modo dual se configura para el suministro de potencia a una carga.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que una circuitería (18) de control acoplada al rectificador (16) de modo dual se configura para provocar que el convertidor (42) activo induzca una corriente reactiva en el generador cuando el generador está operando a, o por encima de, la segunda velocidad.
3. El sistema de la reivindicación 1, en el que el convertidor (42) activo se configura adicionalmente para inyectar corrientes armónicas para cancelar corrientes armónicas introducidas mediante el rectificador pasivo en el devanado del generador.
4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, comprendiendo además circuitería (18) de control configurada para provocar que el convertidor (42) activo proporcione potencia activa cuando el generador (14) está operando a o por debajo de una primera velocidad y adicionalmente configurada para provocar que el rectificador pasivo proporcione potencia cuando el generador está operando a, o por encima de, una segunda velocidad.
5. El sistema de la reivindicación 4, en el que cuando la circuitería (18) de control se configura para provocar que el convertidor (42) activo induzca una corriente reactiva en el generador cuando el generador (14) está operando a, o por encima de, la segunda velocidad; la corriente reactiva se usa para la regulación de una tensión de salida del generador.
6. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la carga es la red eléctrica.
7. El sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el generador es un generador de velocidad baja, par alto.
8. Un procedimiento para la generación de una potencia de salida a una carga, comprendiendo el procedimiento:
  - generar, mediante un generador (14) acoplado a una turbina (12) eólica, una potencia de salida de frecuencia variable; y
  - rectificar, mediante un rectificador (16) de modo dual acoplado al generador (14), la potencia de salida de frecuencia variable a potencia de salida; en el que la rectificación comprende
    - operar en un modo activo cuando la potencia de salida está por debajo de un primer valor umbral, y
    - operar en un modo pasivo cuando la potencia de salida está por encima de un segundo valor umbral; y
    - controlar un rectificador pasivo del rectificador (16) de modo dual para operación cuando la potencia de salida está por encima del segundo valor umbral, y controlar un convertidor activo del rectificador (16) de modo dual para operación cuando la potencia de salida está por debajo del primer valor umbral.

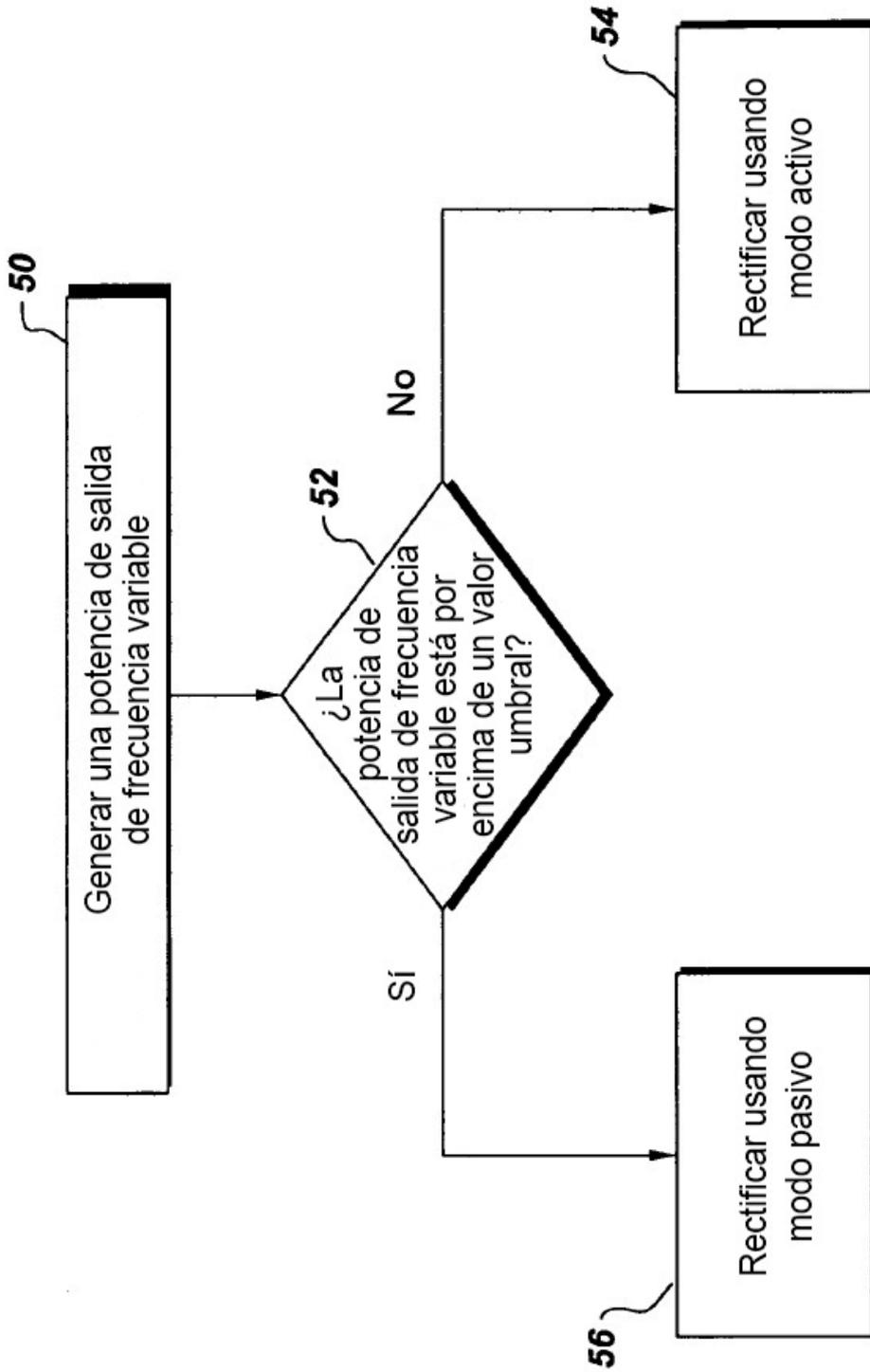


*Fig. 1*





**Fig. 3**



*Fig. 4*