(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 764 130**

(51) Int. CI.:

H02J 3/12 (2006.01)
H02J 3/18 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
F03D 9/25 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.02.2016 PCT/US2016/016263**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **10.08.2017 WO17135937**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2016 E 16706282 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3378141**

(54) Título: **Capacidad de mantenimiento de conexión en caso de fallo para turbina eólica**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.06.2020

(73) Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE

(72) Inventor/es:

NELSON, ROBERT J. y
AMOS, JOHN D.

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

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

Capacidad de mantenimiento de conexión en caso de fallo para turbina eólica

Campo de la invención

La invención se refiere en general al campo de los recursos energéticos variables basados en inversores, y más específicamente a una capacidad de mantenimiento de conexión de un sistema generador de turbina eólica conectado a una red eléctrica mediante un convertidor CA-CA durante una condición de baja tensión en la red cuando el generador de turbina eólica no genera potencia.

Antecedentes de la invención

Durante la operación normal de una turbina eólica, el viento suministra potencia al rotor, que hace girar un generador, ya sea a través de una caja de engranajes en máquinas de engranajes o directamente en máquinas de accionamiento directo. La salida del generador se rectifica a CC (corriente continua) mediante un convertidor del lado del generador y se almacena transitoriamente en un bus de CC en un campo eléctrico capacitivo. La energía del bus de CC se suministra a un convertidor del lado de la línea, que invierte la energía de CC a CA (corriente alterna) a la frecuencia de la red eléctrica. En el presente documento “red eléctrica” o “red” significa un sistema de distribución de potencia eléctrica conectado a la salida del convertidor del lado de la línea. Esto incluye, por ejemplo, un sistema de recolección en un parque de turbinas eólicas que recolecta potencia de múltiples turbinas eólicas, y puede considerarse una red local. El convertidor del lado de la línea produce tanto potencia activa medida en megavatios (MW) como potencia reactiva medida en megavoltiamperios reactivos (MVAR). La potencia activa debe ser suministrada desde el generador, pero la potencia reactiva puede ser producida por el convertidor del lado de la línea sin acción del generador. Cuando el convertidor del lado de la línea no produce potencia activa, pero proporciona potencia reactiva a la red, o absorbe potencia reactiva de la red, está operando como un regulador de tensión local. Al proporcionar potencia reactiva a la red, aumenta la tensión de la red local, y al absorber potencia reactiva de la red, disminuye la tensión de la red. Cuando una turbina está operando en este modo, se describe que actúa en “modo compensador síncrono” o “modo STATCOM”. Durante este tiempo, el generador y el convertidor del lado del generador permanecen operativos, pero se colocan en modo de espera ya que no funcionan, y solo están activos el bus de CC y el convertidor del lado de la línea.

Durante una condición de baja tensión en la red, el inversor del lado de la línea puede proporcionar corriente reactiva para soportar la tensión de la red. Aunque la corriente puramente reactiva no transfiere ninguna potencia neta activa o real, no es posible proporcionar corriente reactiva sin crear algunas pérdidas de potencia activa, ya que todos los componentes eléctricos no superconductores tienen resistencias en serie. Estos agotan la tensión en el bus de CC hasta que se alcanza un punto de ajuste de tensión de bus de CC bajo y el generador se dispara, lo que puede requerir varios minutos para reiniciarse para que se realice el diagnóstico de que no se causó daño a la turbina asociada con el disparo. La energía real en el bus de CC se describe mediante $E=½\ C\ V^2$, donde E es la energía, C es la capacitancia del bus de CC y V es la tensión del bus de CC. Esta energía se disipa por las pérdidas en el sistema, por lo que debe reponerse. Cuando la turbina eólica produce potencia derivada del viento, esta energía se obtiene de la energía eólica. Sin embargo, durante los períodos de poco viento (por debajo de la velocidad de corte de la turbina eólica) o de viento fuerte (por encima de la velocidad de corte) o cuando el operario del sistema lo necesita, a veces es deseable que las turbinas eólicas operen como reguladores de tensión del sistema sin producir potencia activa. Cuando esto ocurre, la energía del bus de CC debe ser suministrada por el sistema de alimentación. Si hay un fallo trifásico en el sistema de alimentación local, la tensión del sistema cae a cero, por lo que no se puede transferir potencia. La energía del bus de CC se consume en el proceso y la tensión del bus de CC cae. En esta situación, el convertidor del lado del generador no puede reponer el bus de CC para soportar pérdidas reales y hay un riesgo de que la tensión del bus de CC caiga a niveles inaceptablemente bajos o a cero, lo que da lugar a un disparo de la turbina.

Existen ejemplos en la técnica anterior que abordan problemas de alta tensión en el bus de CC de fuentes de generación eólica, incluidos la solicitud de patente WO 2012/152345 A1; el artículo de YARAMASU VENKATA ET AL titulado “Predictive Control for Low-Voltage RideThrough Enhancement of Three-Level-Boost and NPC-Converter-Based PMSG Wind Turbine” que divulga disposiciones de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 de la presente invención, y publicado en el IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, IEEE 01 SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, EE. UU, val. 61, nº. 12, 1 de diciembre de 2014 (01-12-2014), páginas 6832-6843, XP011558866, ISSN: 0278-0046, DOI: 1 0.11 09/TI E.2014.2314060 [recuperado el 12/09/2014]; y el artículo de BANHAM-HALL D D ET AL titulado “Towards large-scale direct drive wind turbines with permanent magnet generators and full converters” y publicado en 2010 en el IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING : [IEEE PES-GM 2010] ; MINNEAPOLIS, MINNESOTA, EE.UU, 25-29 DE JULIO DE 2010, IEEE, PISCATAWAY, NJ, EE. UU., 25 de julio de 2010 (25-07-2010), páginas 1-8, XP031985661, DOI: 10.1109/PES.2010.5589780 ISBN: 978-1 -4244-6549-1.

Breve descripción de los dibujos

La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjuntas. Se considera que los ejemplos de la siguiente descripción que no están cubiertos por las reivindicaciones adjuntas no forman parte de la presente invención, incluso si se denominan “realizaciones”. La invención se explica en la siguiente descripción a la vista de los dibujos que muestran:

La figura 1 es una vista esquemática de un recurso energético de turbina eólica que ilustra un aspecto de una realización de la divulgación.
La figura 2 muestra aspectos de dos opciones de la técnica anterior y dos realizaciones actuales para la respuesta de corriente reactiva a baja tensión de red cuando la potencia del generador no está disponible.
La figura 3 muestra la tensión del bus de CC a lo largo del tiempo para las opciones respectivas de la figura 2.
La figura 4 muestra aspectos de dos realizaciones adicionales de la divulgación para la respuesta de corriente reactiva a baja tensión de red cuando la potencia del generador no está disponible.
La figura 5 muestra la tensión del bus de CC a lo largo del tiempo para las opciones respectivas de la figura 4.
La figura 6 es una vista esquemática del sistema de un recurso energético de turbina eólica que comprende un generador inductivo doblemente alimentado, que ilustra un aspecto de una realización de la divulgación.

Descripción detallada de la invención

La figura 1 muestra un recurso energético 20 de turbina eólica que comprende un rotor aerodinámico 22 que acciona un generador 24 por accionamiento directo o a través de una caja de engranajes 26. Un convertidor de CA-CA 28 tiene un convertidor de CA-CC 30 del lado del generador que recibe potencia 32 del generador y la convierte en potencia de CC en un bus de CC 34, que puede incluir un condensador 36 para suavizar. Un convertidor de CC-CA 38 del lado de la línea (inversor) convierte la tensión de CC en CA a la frecuencia de la red. Esta tensión se intensifica mediante un transformador 40 para su transmisión a la red. Un colector 42 puede recolectar potencia de una o más turbinas eólicas y puede considerarse parte de la red para su discusión en el presente documento. El convertidor de CC-CA del lado de la línea está conectado a la red a través de un disyuntor 44 que desconecta la salida de la red en determinadas condiciones de fallo. Un procesador 46 controla el convertidor de CA-CA y monitoriza un nivel de tensión Vb del bus de CC y un nivel de tensión terminal Vt de la turbina. En el presente documento “procesador” significa uno o más componentes digitales y/o analógicos que habilitan y ejecutan la lógica de control que controla la operación de otros componentes. Tal como se usa en el presente documento, la tensión terminal de la turbina (o tensión terminal) es la tensión en el lado de baja tensión del transformador 40 y está directamente relacionada con la tensión del sistema colector o tensión de la red en el lado de alta tensión del transformador 40, por lo que esos términos a veces se pueden usar de manera intercambiable en el presente documento como lo entiende un experto en la materia. Como se discute más detalladamente a continuación, un dispositivo de almacenamiento de energía 48, como una batería u otro dispositivo, puede conectarse al bus de CC para soportar la tensión en el bus de CC durante una duración predeterminada o en el mantenimiento de la conexión durante una condición de baja tensión en la red cuando la potencia del generador 24 no está disponible y la unidad opera en modo STATCOM. Esto puede ocurrir cuando se produce un fallo en la red, como un cortocircuito eléctrico, mientras el generador 24 no está operando debido a que el viento está por debajo de una velocidad de corte o por encima de una velocidad de corte, cuando un componente aguas arriba, como el generador o el convertidor del lado del generador, se retira del servicio para mantenimiento o cuando el operario del sistema lo indique.

Las figuras 2 y 3 muestran aspectos de dos opciones de respuesta a fallos de la técnica anterior en comparación con las realizaciones a modo de ejemplo primera y segunda de la divulgación para controlar la salida de corriente reactiva del convertidor 38 del lado de la línea durante un fallo en la red en modo STATCOM. En estas figuras, los números de referencia que comienzan con 52 y 54 son ejemplos de la técnica anterior, y los números de referencia que comienzan con 58 y 60 son realizaciones de la divulgación. La figura 3 muestra la tensión Vb del bus de CC a lo largo del tiempo para las opciones de corriente respectivas de la figura 2. Una primera opción de la técnica anterior reduce la corriente reactiva 52C a cero lo antes posible (sujeto a las limitaciones del sistema de control) después de la ocurrencia de un fallo 50. Esto preserva la tensión 52V en el bus de CC 34. Una segunda opción de la técnica anterior proporciona corriente reactiva 54C a la red hasta que la tensión 54V en el bus de CC se agota hasta un punto de ajuste de disparo 56 de baja tensión. Esto hace que el recurso energético 20 de la turbina eólica se dispare y se desactive. Los presentes inventores han reconocido que ninguna de estas opciones es deseable, ya que no se proporciona soporte para la tensión de la red, o se requiere una resincronización del recurso energético 20 de la turbina eólica a la red.

Una primera realización de la divulgación proporciona corriente reactiva 58C a la red, pero solo durante un tiempo limitado durante el cual la tensión 58V del bus de CC permanece por encima del punto de ajuste de disparo 56. El procesador 46 controla el convertidor 38 del lado de la línea para dejar de proporcionar potencia reactiva a la red cuando la tensión del bus de CC alcanza un umbral 59 predeterminado por encima del punto de ajuste de disparo 56 de baja tensión del bus de CC.

Una segunda realización de la divulgación proporciona corriente reactiva 60C a la red, y puede usar un dispositivo

de almacenamiento de energía 48 (Figura 1) que soporta la tensión 60V en el bus de CC por encima del punto de ajuste de disparo 56 durante una duración específica de mantenimiento de conexión en caso de fallo, tal como al menos 150 ms, por ejemplo. El dispositivo de almacenamiento de energía puede ser una batería o algún otro dispositivo. Un condensador 36 relativamente pequeño en el bus de CC proporciona soporte de tensión instantáneo, y la batería proporciona soporte de mayor duración. Además, se puede proporcionar potencia al bus mediante un generador de potencia auxiliar de cualquier tipo apropiado para un soporte de red más largo. Los condensadores son más caros pero más rápidos que las baterías, por lo que este soporte de energía por fases tiene sinergia. Esta realización es especialmente útil para redes débiles y en sistemas de alimentación con inquietudes o requisitos de mantenimiento de conexión.

Las figuras 4 y 5 muestran aspectos de las realizaciones tercera y cuarta de la divulgación para controlar la salida de corriente reactiva del convertidor del lado de la línea durante un fallo de baja tensión en la red en modo STATCOM.

La realización 3 de la divulgación reduce la corriente reactiva 62C de un primer valor programado A a un segundo valor programado B que es menor que el primer valor programado cuando la tensión 62V del bus de CC cae a un primer umbral 66 predeterminado. La salida de corriente reactiva 62C luego cae a cero cuando la tensión del bus de CC cae a un segundo valor umbral 59 predeterminado que es menor que el primer valor umbral 66 predeterminado y mayor que el punto de ajuste de disparo 56 de baja tensión del bus CC. Esto proporciona un soporte relativamente mayor a la red para una primera parte de la duración del fallo y menor soporte para una segunda parte de la duración del fallo, mientras se mantiene el bus de CC por encima del punto de ajuste de disparo 56. Proporciona un mantenimiento de la conexión más largo para un tamaño de batería dado que la opción 60 de las figuras 2 y 3.

La realización 4 reduce la corriente reactiva 64C proporcionada a la red de manera uniforme de un primer valor programado A a un segundo valor programado B que es menor que el primer valor programado a medida que la tensión 64V del bus de CC cae a un valor umbral 59 predeterminado que está por encima del punto de ajuste de disparo 56 de baja tensión del bus de CC. La corriente reactiva cae a cero cuando la tensión del bus de CC alcanza el valor umbral 59 predeterminado. La realización 4 soporta la red de manera graduada para mantener la conexión en caso de fallo, mientras mantiene el bus de CC por encima del punto de ajuste de disparo. Proporciona un mantenimiento de la conexión más largo para un tamaño de batería dado que la opción 60 de las figuras 2 y 3.

Con referencia a la figura 1, en una quinta realización, el procesador 46 puede ejecutar las etapas del programa y controlar el convertidor 38 del lado de la línea de modo que cuando la tensión terminal Vt de la turbina baja por debajo de un mínimo Vm predeterminado (no mostrado), el convertidor 38 del lado de la línea proporciona corriente reactiva a la red en una relación inversa con la tensión de la red. Un formulario de programa a modo de ejemplo es:

$$\text{Si } Vt<Vm \text{ entonces } Ir=K(1-(Vt/Vn)) \text{ pu}$$

donde Ir es un valor de control por unidad enviado por el procesador al convertidor 38 del lado de la línea para producir un nivel de corriente reactiva correspondiente, Vn es una tensión terminal nominal de la turbina y K es una constante. En otro ejemplo, el programa puede aumentar la salida de corriente reactiva en un porcentaje dado por cada caída incremental (como un 1 %) en la tensión terminal de la turbina por debajo de Vm hasta que la tensión Vb del bus de la turbina caiga al umbral de no disparo 59 predeterminado, entonces la salida de corriente reactiva se establece en cero. Un formulario de programa a modo de ejemplo es:

$$\text{Si } Vt<Vm \text{ entonces } Ir=(K*(Vm-Vt))/Vn$$

Por ejemplo, si Vn=690 V, Vm=621V, Vt=586,5 V (85 % del valor nominal) y K=2, entonces Ir=0,10 pu, o 10 %. El inversor produce una corriente reactiva del 2 % por encima de una cantidad nominal de la misma por cada caída del 1 % en la tensión terminal Vt de la turbina por debajo de la tensión terminal mínima de la turbina de 621 V, en relación con la tensión terminal nominal Vn. En este ejemplo específico se proporciona un 10 % de corriente reactiva. El ajuste de corriente reactiva puede estar provisto de un límite superior, como 1,1 veces el valor nominal. Esta realización proporciona soporte progresivo para la tensión de red donde el dispositivo de almacenamiento de energía 48 es suficiente para dicho soporte durante la duración especificada del mantenimiento de la conexión del fallo. Se observa que el control descrito aquí se basa en la tensión terminal de la turbina, pero podría aplicarse sobre la base de la tensión de la red o del sistema colector con comunicaciones entre la red y la(s) turbina(s).

La figura 6 ilustra un recurso energético 70 de turbina eólica que incluye un rotor aerodinámico 22 que acciona un generador de inducción 72 doblemente alimentado por accionamiento directo o a través de una caja de engranajes 26. Un convertidor de CA-CA 28 tiene un convertidor de CA-CC 30 del lado del generador que recibe potencia 32 del generador y la convierte en potencia de CC en un bus de CC 34, que puede incluir un condensador 36. Un convertidor de CC-CA 38 del lado de la línea convierte la tensión de CC en CA a la frecuencia de la red. Parte de la salida 74 del inversor energiza el rotor bobinado del generador doblemente alimentado. El resto se intensifica mediante un transformador 40 para su transmisión a la red. Un colector 42 puede recolectar energía de una o más turbinas eólicas. El convertidor de CC-CA del lado de la línea está conectado a la red a través

de un disyuntor 44 que desconecta el sistema de turbina eólica de la red en determinadas condiciones de fallo. Un procesador 46 controla el convertidor de AC-AC. En una realización de la divulgación, un dispositivo de almacenamiento de energía 48, tal como una batería, está conectado al bus de CC para preservar la tensión en el bus de CC durante una duración de mantenimiento de la conexión predeterminada durante una condición de baja tensión en la red cuando la potencia del generador no está disponible. Los aspectos de la divulgación descritos anteriormente operan de la misma manera en este tipo de sistema.

Cada una de las presentes realizaciones puede actuar en un modo compensador síncrono cuando el recurso energético de la turbina eólica no suministra carga en la red durante el fallo en la red. En este modo, el dispositivo de almacenamiento de energía proporciona corriente de cortocircuito para cubrir pérdidas reales debido a la resistencia en los circuitos para soportar la tensión del bus de CC en ausencia de energía eólica.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar un sistema de generación de potencia que comprende un recurso energético (20, 70) de turbina eólica conectado a una red, comprendiendo el método:

soportar tensión en la red al proporcionar corriente reactiva a la red desde un inversor (38) del recurso energético (20, 70) de la turbina eólica durante un período en el que el recurso energético (20, 70) de la turbina eólica no está proporcionando potencia activa a la red; y
monitorizar una tensión del bus de CC (34) del recurso energético (20, 70) de la turbina eólica durante la etapa de soporte de tensión;
caracterizado por
reducir una cantidad de la corriente reactiva que se suministra a la red cuando la tensión monitorizada del bus de CC (34) cae a un valor umbral (59, 66) predeterminado por encima de un punto de ajuste de disparo (56) de baja tensión del bus de CC (34) del recurso energético (20, 70) de la turbina eólica.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende además reducir a cero la cantidad de corriente reactiva que se suministra a la red cuando la tensión del bus de CC (34) cae al valor umbral (59, 66) predeterminado.

3. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

reducir la cantidad de corriente reactiva que se suministra a la red de un primer valor programado a un segundo valor programado menor que el primer valor programado cuando la tensión del bus de CC (34) cae a un primer valor umbral (59) predeterminado; y
reducir a cero la cantidad de corriente reactiva que se suministra a la red cuando la tensión del bus de CC (34) cae a un segundo valor umbral (66) predeterminado menor que el primer valor umbral (59) predeterminado y mayor que el punto de ajuste de disparo (56) de baja tensión del bus de CC (34)

4. El método de la reivindicación 1, que comprende además proporcionar potencia al bus de CC (34) para soportar la tensión del bus de CC (34) durante la etapa de soporte de tensión.

5. El método de la reivindicación 4, en el que la potencia proporcionada al bus de CC (34) proviene de un dispositivo de almacenamiento de energía (48).

6. El método de la reivindicación 5, que comprende además proporcionar el dispositivo de almacenamiento de energía (48) para que tenga la capacidad suficiente para mantener la tensión del bus de CC (34) por encima del valor umbral (59, 66) predeterminado durante al menos un período de tiempo predeterminado durante una condición de fallo (50) predeterminada.

7. El método de la reivindicación 6, en el que el período de tiempo predeterminado es de al menos 150 ms.

8. El método de la reivindicación 2, que comprende además ejecutar, en un procesador (46) del recurso de energía eólica, la etapa de:
monitorizar la tensión terminal Vt de la turbina, y si baja por debajo de un nivel Vm predeterminado, controlar el inversor (38) para proporcionar la corriente reactiva a la red de acuerdo con la fórmula Ir=K(1-(Vt/Vn)) pu, donde Ir es un valor de control por unidad enviado por el procesador (46) al inversor (38) para producir un nivel de corriente reactiva correspondiente, Vn es una tensión terminal nominal de la turbina y K es una constante.

9. El método de la reivindicación 2, que comprende además ejecutar, en un procesador (46) del recurso de energía eólica, la etapa de:
monitorizar la tensión terminal Vt de la turbina, y si baja por debajo de un nivel de tensión mínimo Vm predeterminado, controlar el inversor (38) para proporcionar la corriente reactiva a la red de acuerdo con la fórmula Ir=(K*(Vm-Vt)/Vn) pu , donde Ir es un valor de control por unidad enviado por el procesador (46) al inversor (38) para producir un nivel de corriente reactiva correspondiente, Vn es una tensión terminal nominal de la turbina y K es una constante.

10. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1-7, que comprende además ejecutar, en un procesador (46) del recurso de energía eólica, las etapas de:

recibir comunicación en respuesta a la tensión del sistema de la red o del colector (42);
monitorizar la tensión del sistema de la red o del colector (42), y si baja por debajo de un nivel predeterminado, controlar el inversor (38) para proporcionar la corriente reactiva a la red en respuesta a la tensión del sistema de la red o del colector (42) monitorizada; y
reducir a cero la corriente reactiva cuando la tensión del bus de CC (34) cae al valor umbral (59, 66) predeterminado.

11. Un recurso energético (20, 70) de turbina eólica que comprende:

lógica de control operable en un procesador (46) para controlar un inversor (38) del recurso energético (20, 70) de la turbina eólica para proporcionar potencia reactiva a una red eléctrica (42) conectada al recurso energético (20, 70) de la turbina eólica en un modo compensador síncrono cuando el recurso energético (20, 70) de la turbina eólica no está produciendo potencia activa;
un sensor de tensión del bus de CC (34) configurado para proporcionar una señal en respuesta a una tensión del bus de CC (34) del recurso energético (20, 70) de la turbina eólica;
caracterizado por que
la lógica de control está programada para reducir una cantidad de la potencia reactiva suministrada a la red por el inversor (38) cuando la tensión del bus de CC (34) cae por debajo de un valor umbral (59, 66) predeterminado por encima de un punto de ajuste de disparo (56) de baja tensión del bus de CC (34) del recurso energético (20, 70) de la turbina eólica

12. El recurso energético (20, 70) de turbina eólica de la reivindicación 11, que comprende además una batería conectada al bus de CC (34) y configurada para proporcionar corriente suficiente para mantener la tensión del bus de CC (34) por encima del valor umbral (59, 66) predeterminado durante al menos 150 ms durante una condición de fallo (50) predeterminada de la red.

FIG 1

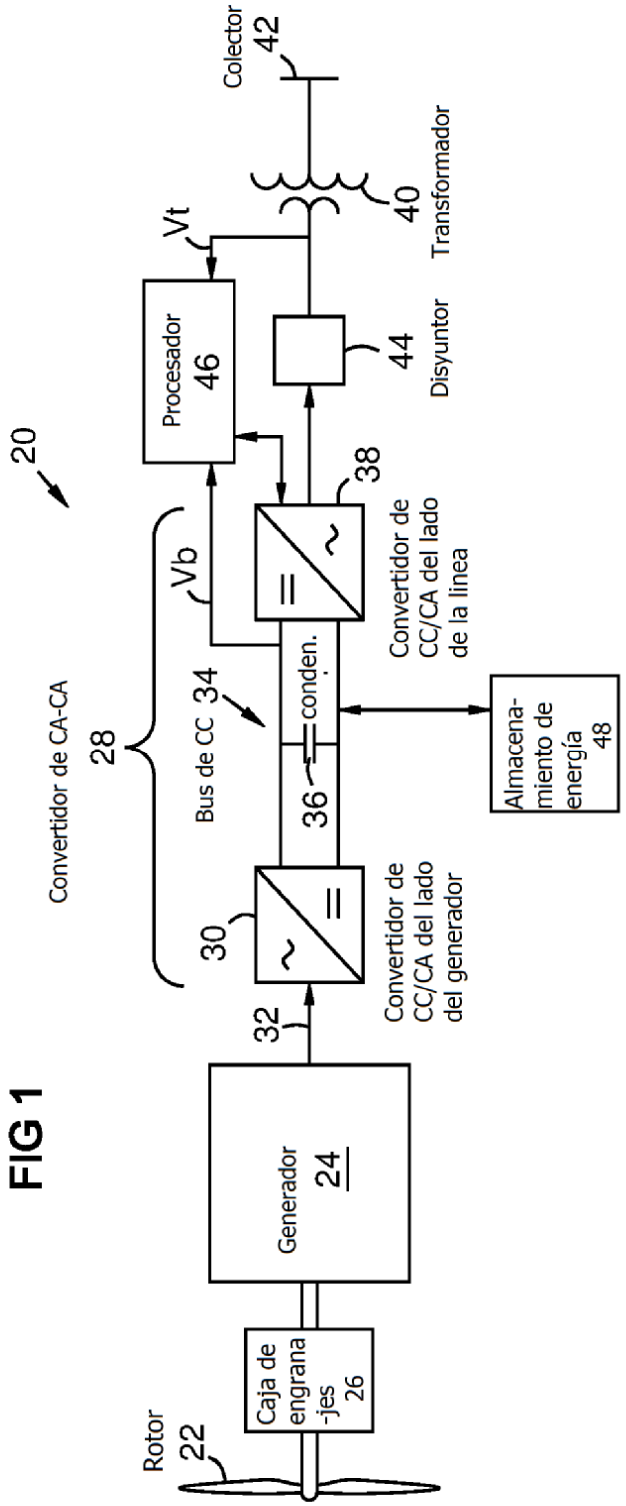

Colector
42
Transformador
40
Vt
Procesador
46
Disyuntor
44
20
38
Convertidor de
CC/CA del lado
de la linea
Vb
Convertidor de CA-CA
28
Bus de CC
34
conden.
36
Almacena-
miento de
energía
48
30
Convertidor de
CC/CA del lado
del generador
32
Generador
24
Caja de
engrana
-jes
26
Rotor
22

FIG 2

Opciones para proporcionar corriente reactiva a la red desde el convertidor del lado de la línea

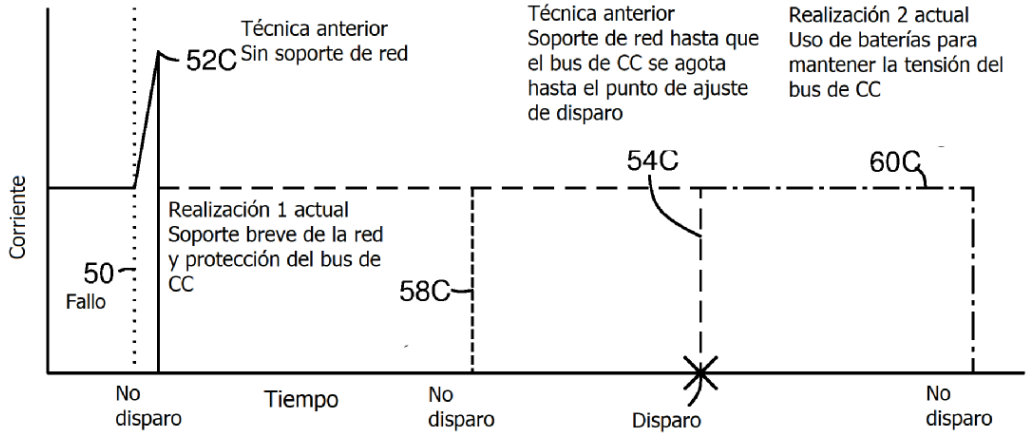


FIG 3

Tensión de bus de CC para respectivas opciones de corriente

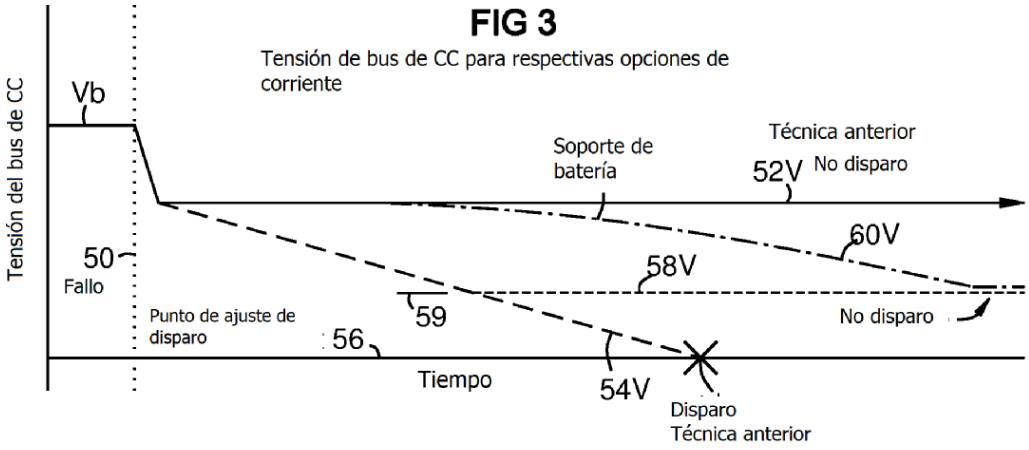


FIG 4

Opciones para proporcionar corriente reactiva a la red

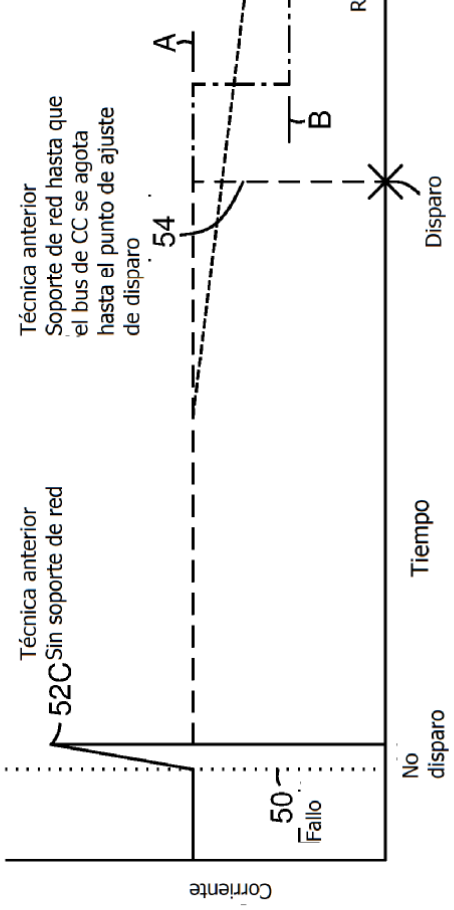


FIG 5

Tensión de bus de CC para respectivas opciones de corriente

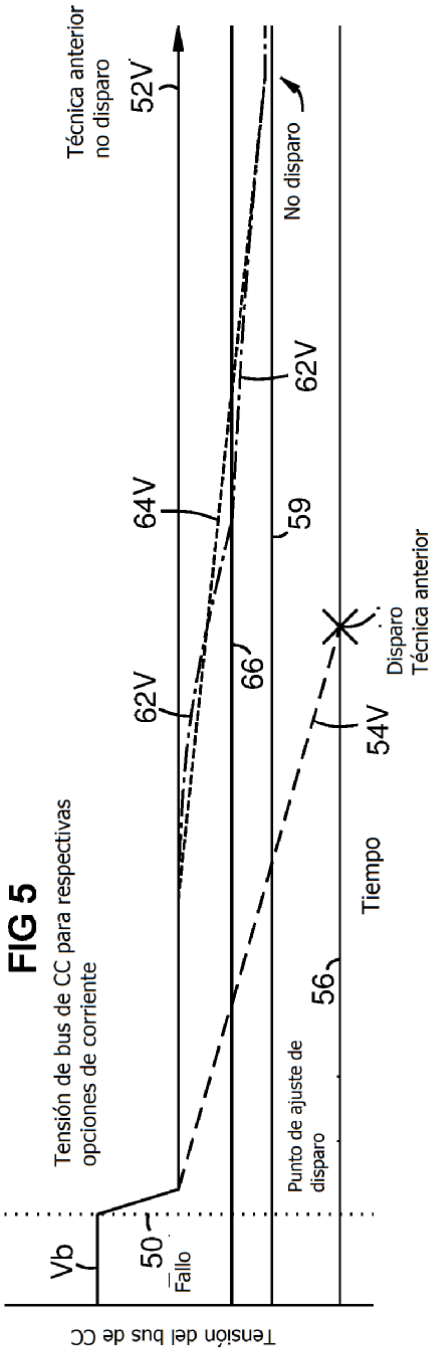
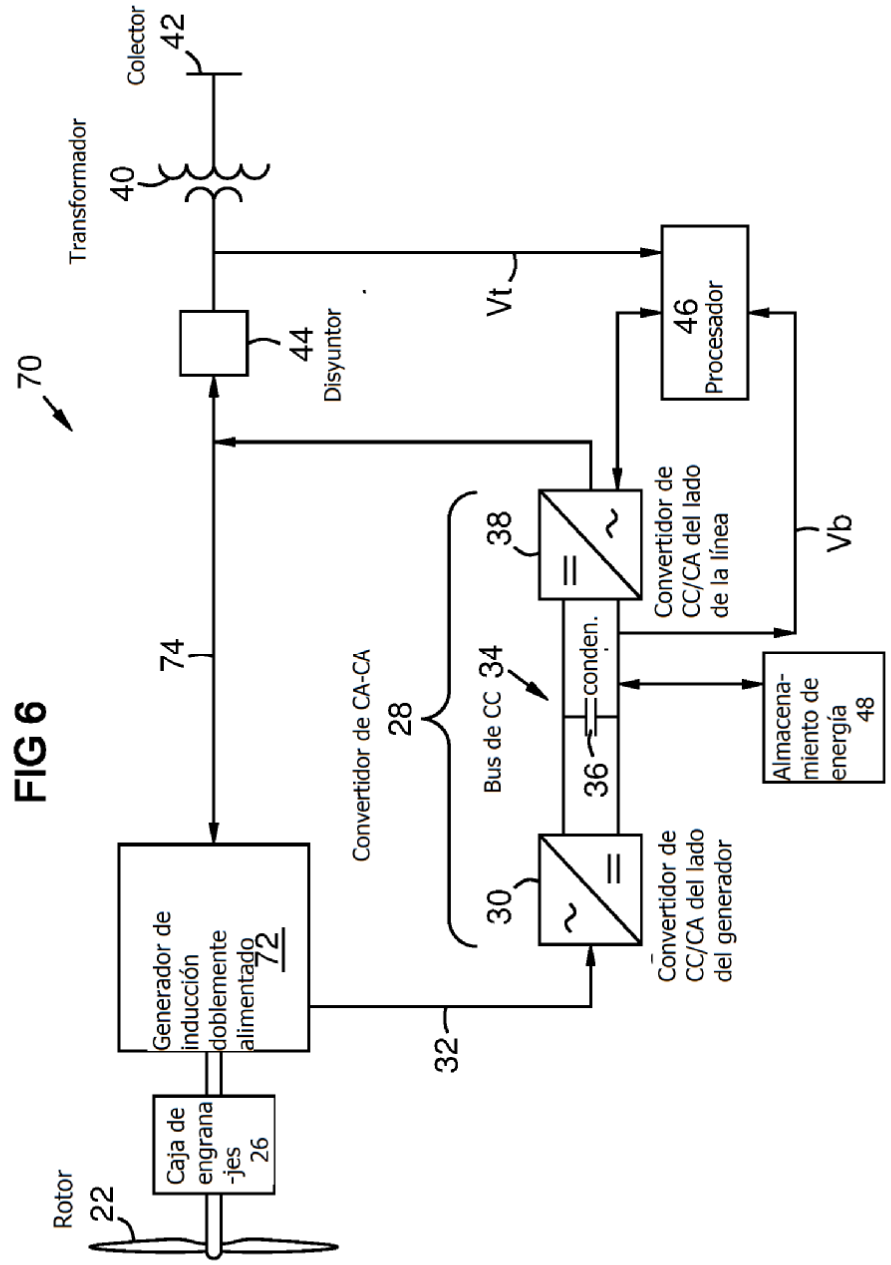


FIG 6


70
Transformador
40
Colector
42
44
Disyuntor
Vt
46
Procesador
Vb
38
Convertidor de CC/CA del lado de la línea
74
Convertidor de CA-CA
28
Bus de CC
34
conden.
36
Almacena-miento de energía
48
30
Convertidor de CC/CA del lado del generador
Generador de inducción doblemente alimentado
72
32
Caja de engrana-jes
26
Rotor
22