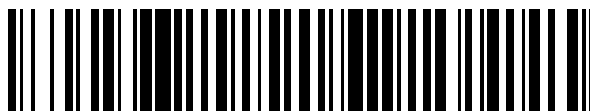


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 416 288**

51 Int. Cl.:

H02H 7/06 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2005 E 05017630 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 1752660**

54 Título: **Turbina eólica de protección contra sobrevoltajes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.07.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

JANSSEN, WILHELM

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 416 288 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

Turbina eólica de protección contra sobrevoltajes

Campo de la invención

5 La presente invención está relacionada con una turbina eólica para generar energía para una red de energía eléctrica y en particular con una turbina aérea expuesta a una sobretensión en la parte de la red de energía eléctrica.

Antecedentes de la invención

10 Las turbinas eólicas están expuestas ocasionalmente a una sobretensión desde la parte de la red de energía eléctrica debido a las inestabilidades de la red de energía eléctrica. Usualmente, si los sobrevoltajes exceden de unos valores predeterminados, las turbinas eólicas llegan a desconectarse de la red para evitar cualquier daño en el sistema de la turbina eólica. La desconexión de una turbina eólica de una red de energía eléctrica, no obstante, puede generar unos periodos de tiempo significativos puesto que requiere un tiempo significativo la reconexión de la turbina eólica a la red de nuevo. Incluso la desconexión de las turbinas eólicas de la red de energía en el caso de sobrevoltajes debidos a las inestabilidades en la red pueden contribuir a una inestabilidad adicional en la red eléctrica.

15 La desconexión de una turbina eólica de la red eléctrica en el caso de una inestabilidad puede conducir por tanto a una reacción en cadena que puede generar daños severos en la estabilidad de la red.

20 Con el fin de solucionar el peligro de la inestabilidad y los daños en la turbina eólica, los proveedores de utilidades de la red requieren usualmente unas tolerancias mínimas de sobrevoltaje que las turbinas eólicas tienen que soportar antes de que puedan desconectarse de la red. Esto ha conducido Al efecto de que en el momento actual, los componentes de las turbinas eólicas actuales que proporcionan un voltaje de 690 Voltios a 50 Hz están diseñadas para poder soportar un sobrevoltaje del 110% en todo momento, con un sobrevoltaje del 115% durante un periodo de 1 segundos, y un sobrevoltaje del 120% con una duración de 100 ms. No obstante, entretanto los países o zonas como Escocia han establecido unos requisitos de sobrevoltaje de la red que precisan una turbina eólica a través de un sobrevoltaje de energía de hasta el 150%. Tales sobrevoltajes es probable que puedan dañar las turbinas eólicas actuales.

25

El documento WO 2004/098261 describe un sistema de control para los generadores de doble inducción.

Sumario de la invención

30 Con el fin de solucionar los problemas antes mencionados, y en particular poder solucionar el problema de los daños de las turbinas eólicas debido a los sobrevoltajes en la parte de la red de energía, se proporciona una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1. Los aspectos adicionales, ventajas y características de la presente invención serán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes, incluyendo la descripción y los dibujos adjuntos.

35 La turbina eólica de acuerdo con la invención incluye una turbina eólica que tiene un generador de energía para generar energía a partir de una red que tenga una primera línea de energía eléctrica, incluyendo además un primer transformador que tiene un primer devanado primario conectado al mencionado generador de energía conectado a la mencionada primera línea de energía para formar un primer voltaje primario a través de una primera bobina primaria a un primer voltaje secundario a través de primera bobina secundaria; la turbina eólica de acuerdo con la invención incluye además un primer circuito eléctrico conectado a la mencionada primera bobina primaria, por lo que el mencionado primer circuito eléctrico tiene un primer elemento de conmutación para proporcionar una primera trayectoria paralela con respecto a la primera bobina mencionada si el mencionado primer voltaje secundario excede de un valor limite del primer voltaje predeterminado.

40

45 Con el primer elemento de conmutación del mencionado primer circuito que proporciona un primer trayecto de la corriente en paralelo con la mencionada primera bobina primaria, el primer voltaje primario a través de la primera bobina primaria puede reducirse en comparación con el caso en donde el primer trayecto de la corriente se desconecta. Preferiblemente, el trayecto paralelo incluye un rectificador de reserva con unas resistencias de interrupción y de amortiguación (o bien un inductor amortiguador). La reducción del primer voltaje puede prevenir que el sobrevoltaje sobre la parte de la red de energía pueda alcanzar a través del generador de energía y en el otro equipo sensible dentro de la turbina. El primer elemento de conmutación permite la activación selectiva de la trayectoria de la corriente paralela solo a veces cuando sea precisa, es decir, durante el sobrevoltaje. De esta forma, con el circuito eléctrico en reserva, la turbina eólica está protegida contra el sobrevoltaje, mientras que consume cualquier energía durante el funcionamiento normal, es decir, sin sobrevoltaje. Con el primer circuito eléctrico, se proporciona una unidad de reserva y de amortiguación que puede cortar los picos de voltaje a unos valores permisibles cuando se presenten unos picos extremo de voltaje en al red de energía (red de utilidad). Además, con la turbina eólica protegida de esta forma sobre los sobrevoltajes, ya no es necesario el desconectar la turbina eólica

50

5 de la red de energía. De esta forma, la eficiencia del generador de energía de la turbina eólica puede incrementarse significativamente. Además de ello, la presente invención facilita una implementación muy simple de la protección contra sobrevoltajes, puesto que con los transformadores ya en posición, solo un primer circuito necesita conectarse al primer devanado del primario. De esta forma, las turbinas eólicas ya existentes pueden montarse de nuevo con la protección de sobrevoltajes de acuerdo con la invención.

10 Puesto que la mayor parte de las redes de energía tienen una primera, segunda y tercer línea de energía para transmitir las corrientes en tres fases distintas, se prefiere que la turbina eólica, además del mencionado primer transformador, tenga un segundo (y operacionalmente un tercero) transformador con un segundo devanado primario conectado al mencionado generador de energía y un segundo (y opcionalmente un tercero) conectado a la mencionada segunda línea para transformar un segundo voltaje primario a través del mencionado segundo devanado primario (y respectivamente tercero) a través del mencionado segundo devanado secundario. En este caso, se prefiere que al menos dos de los mencionados primeros, segundos y terceros transformadores, pueda existir un trayecto de la corriente paralelo al mencionado primer devanado primario si el respectivo primer, segundo de los voltajes excede de un valor límite del primer voltaje predeterminado. Se prefiere además que el mencionado primer, segundo y/o tercer elementos de conmutación sean del mismo tipo, con el fin de tener el mismo comportamiento de la conmutación.

20 Preferiblemente, al menos uno del mencionado primer, segundo y tercer circuito eléctrico comprende un respectivo primer, segundo o tercer componente de amortiguación para limitar la corriente del mencionado primer, segundo o tercer trayectorias o sus recorridos de las corrientes. Mediante la limitación la corriente en los trayectos de las respectivas corrientes, es posible controlar la reducción del voltaje de la sobretensión, con el fin de minimizar las distorsiones debidas al primer, segundo o tercer de los circuito eléctricos por una parte y prevenir daños en la turbina eólica por la otra parte.

Breve descripción de los dibujos

25 Se expone una descripción completa de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, para un personal técnico ordinario, más en particular en el resto de la memoria presente de la especificación, incluyendo la referencia con las figuras adjuntas, en donde:

La figura 1 es una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una primera realización de la presente invención que tiene un trayecto de corriente paralela a cada una de las tres respectivas bobinas;

30 La figura 2a es una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una segunda realización de la presente invención que tiene un trayecto de corriente paralela para cada una de las tres bobinas primarias respectivas, y en donde los inductores se utilizan para limitar las corrientes.

La figura 2b expone las curvas de los voltaje de una línea de energía y el respectivo voltaje primario del circuito eléctrico de la figura 2a.

35 La figura 3a es una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una primera realización de la presente invención que tiene una única corriente paralela a todas las tres bobinas primarias respectivas.

La figura 3b expone las curvas de voltajes de una línea de energía y el respectivo voltaje primario resultante del circuito eléctrico de la figura 3a.

Descripción detallada

40 Se hará referencia a continuación con detalle a las distintas realizaciones de la invención, en donde uno o más ejemplos se ilustran en las figuras. Cada ejemplo está provisto a modo de explicación de la invención, que no significa una limitación de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden utilizarse o en conjunción con otras realizaciones para generar una realización adicional. Se pretende que la presente invención incluya tales modificaciones y variaciones, en tanto que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

45 La figura 1 expone esquemáticamente una turbina eólica 1 para proporcionar energía a la primera, segunda y tercera líneas 3a, 3b, 3c de una red de energía eléctrica 3. En este caso, las tres líneas de energía transmiten corrientes alternas a una frecuencia de 50 Hz con un voltaje de pico a pico de 380 kV, por lo que la fase de los voltajes de las tres líneas se desplaza en 120 grados entre si. No obstante, una persona especializada reconocerá inmediatamente que la presente invención es independiente de los parámetros de la red de energía específica, y que puede aplicarse igualmente a las redes de energía con menos líneas, con voltajes menores o mayores, y/o frecuencias más bajas o más altas.

La figura 1 expone unos componentes típicos de una turbina eólica típica. Incluye un rotor 5 para convertir la energía del viento en energía mecánica rotacional, una caja de engranajes 7 para convertir la velocidad rotacional del rotor 5 en una velocidad rotacional mejor adaptada para la generación de una energía eficiente en el generador de potencia 2, y una unidad central de control 9 que coordine el funcionamiento de los distintos componentes de la turbina eólica por la lectura de los parámetros a partir de la emisión de ordenes a los componentes de la turbina eólica respectivos. Deberá mencionarse que la figura 1 es solo un ejemplo que no limite la presente invención en cualquier forma. En particular, deberá mencionarse que en la descripción y en las figuras, el generador de energía 2 se comprenderá en un sentido amplio que puede incluir el rotor y el estator así como también los rectificadores y los inversores y otros componentes activos que puedan utilizarse para ajustar el voltaje, frecuencia y las fases de la energía generada para los valores requeridos para el suministro de la red eléctrica. En consecuencia, la primera, segunda y tercera líneas 2a, 2b, 2c en las figuras inferiores preferiblemente se comprenderán como las líneas que están conectadas directamente con los respectivos transformadores 100, 200, 300 para proporcionar una conexión con cualquiera de los componentes activos del generador de energía eléctrica.

Además de ello, deberá mencionarse que los voltajes introducidos en la descripción se refieren a los voltajes tomados como referencia en cualquiera REF 1 o bien el voltaje de segunda referencia REF2 tal como se muestra en las figuras. Preferiblemente, el primer voltaje de referencia REF 1 y segundo voltaje de referencia REF 2 son los mismos.

Tal como se ha mencionado anteriormente, la primera, segunda y tercera líneas 2a, 2b, 2c transmiten la energía generada por el generador de energía 2 a las respectivas primera, segunda o tercera líneas 3a, 3b, 3c de la red de energía 3 por medio del primer, segundo, y tercer transformadores 100, 200, 300. El primer, segundo y tercer transformadores 100, 200, 300 sirven para transformar los respectivos primer, segundo o tercer voltajes primarios vp1, vp2, vp3 a través de la primera, segunda o tercera bobina primarias 102, 202, 302 al respectivo primer, segundo o tercer voltajes secundarios vs1, vs2, vs3 a través de la respectiva primera, segunda, o terceras bobinas 104, 204, 304 que en el presente caso se acoplan a los voltajes de la primera, segunda o tercera líneas de energía 3a, 3b, 3c.

Por ejemplo, el generador de energía 2 puede estar diseñado para generar unos voltajes alternos primero, segundo y tercero vp1, vp2, vp3 que tienen un valor de voltaje de pico a pico de 690 voltios, con una frecuencia de 50 Hz y que están desplazados en 120 grados entre si. Con el fin de proporcionar la energía del generador de energía primero, segundo y tercera líneas 3a, 3b, 3c que tienen un voltaje de pico a pico de 380 voltios, el primer, segundo y tercer transformadores necesitan ampliar el primer, segundo y tercer voltajes primarios vp1, vp2, vp3 por un factor de aproximadamente 550. Además de ello, para suministrar una potencia típica de 1,5 MW, la primera, segunda y tercera bobinas de los transformadores soportan una corriente de aproximadamente 1260 Amperios con un voltaje de 690 voltios.

Puesto que la primera, segunda y tercera líneas de energía 3a, 3b, 3c de la red de energía 3 en la figura 1 están conectadas directamente con las respectivas primera, segunda y tercera bobinas 104, 204, 304, los sobrevoltajes en la red de energía 3 puede acoplar los cambios de voltaje a través del primer, segundo o tercer transformador 100, 200, 300 que podría dañar el generador de energía 2 si no existe protección contra los sobrevoltajes. Si las curvas de voltaje sobre las respectivas líneas de energía primera, segunda o tercera son las curvas de voltaje alterno de tipo senoidal, el sobrevoltaje se presentará en cada instante cuando el valor del voltaje exceda de un valor límite del respectivo primer voltaje, segundo o tercero. Preferiblemente, los valores primero, segundo y tercer voltaje se seleccionan para proporcionar un rango de voltajes dentro del cual los voltajes de la primera, segunda o tercera líneas de energía 3a, 3b, 3c pueden variar sin dañar la turbina eólica.

La figura 1 expone además el primero, segundo y tercer circuitos eléctricos 106, 206, 306 conectados a las respectivas primera, segunda, o tercera bobinas 102, 202, 302 con el de proporcionar el primer, segundo o tercer trayectos de las corrientes 112, 212, 312 paralelas a las respectivas primera, segunda y tercera de las bobinas primaria 102, 202, 302 en el caso de que los respectivos primero, segundo o tercer voltajes vs1, vs 2, vs3 excedan de los respectivos valores límite primero, segundo o tercero. En la figura 1, las respectivas corrientes primera, segunda o tercera trayectorias, que proporcionan cada trayecto entre las respectivas primera, segunda o tercera líneas 2a, 2b, 2c del generador de energía 2 y el segundo voltaje de referencia R2.

El primero, segundo y tercer circuitos eléctricos 106, 206, 306 tienen cada uno un respectivo elemento de conmutación 108, 208, 308 que pueden estar cerrados para proporcionar una respectiva corriente 112, 212, 312 y que pueden abrirse para interrumpir las respectivas trayectorias de la corriente 112, 212, 312. En la figura 1 el primer, segundo y tercer elementos de conmutación 108, 208, 308 comprenden cada uno un tiristor bloqueable por la puerta (GTO), un transistor bipolar aislado por la puerta, un IGBT o bien un tiristor capaz de conmutar altos voltajes, por ejemplo, 690 Voltios y altas corrientes, por ejemplo 200 A. Dependiendo de la protección requerida, se prefiere que cada elemento de la conmutación sea capaz de conmutar una corriente de mas de 0,01% que del 0,1% e incluso se prefiere más del 1% de la corriente máxima de la primera, segunda, o tercer devanado primario.

Además de ello, se prefiere que todos los componentes del primer, segundo, y tercer circuito eléctrico sean capaces de soportar la misma corriente. De esta forma, es posible obtener una fracción significativa de la corriente primera, segunda o tercera líneas 2a, 2b, 2c, que de otra forma podrían fluir por la primera, segunda o tercera bobinas 102, 202, 302. De esta forma, la corriente a través de la tercera bobina a través de la respectiva primera, segunda bobinas de la tercera bobina primarias 102, 202, 302 pueden reducirse, lo que a su vez reduce los respectivos voltajes primarios vp1, vp2, bp2. Esta es la forma en que la primera, segunda y terceras corrientes 112, 212, 312 pueden usarse para proteger el sobrevoltaje generado en la red de potencia 3.

Preferiblemente, tal como se muestra en la figura 1 el primer, segundo y tercer elementos de conmutación son controlables por el control central de la unidad 9 que está conectado a los terminales de control (las puertas de conmutación de los transistores (de los elementos de control 112, 212, 312 (por ejemplo, IGBT o GTO) por medio de las líneas de control 11a, 11b, 11c. Mediante la emisión de las señales apropiadas 11a, 11b y 11c en los tiempos necesarios, los respectivos primero, segundo o tercer elementos de conmutación 112, 212, 312 llegan a cerrarse en el caso del sobrevoltaje y abriéndose una vez que el sobrevoltaje haya desaparecido. De esta forma, mediante la apertura y el cierre de los elementos de control de los elementos de control, dependiendo de la presencia de sobrevoltaje, es posible que el primero, segundo y tercer voltaje del primario vp1, vp2, vp2 estén solo distorsionados cuando esté presente el sobrevoltaje.

Esto minimiza la pérdida de energía debido al sobrevoltaje.

La figura 1 expone además el primer, segundo y tercer componentes de amortiguación 110, 220, 310 conectados en serie con la primera, segunda o tercera trayectorias de las corrientes 112, 212, 312 para limitar la corriente. La limitación de la corriente se utiliza para evitar que el primero, segundo o tercer voltajes primarios vp1, vp2, vp3 puedan bloquearse cuando el elemento de conmutación respectivo se haya cerrado. Existen muchas formas en donde los componentes electrónicos conectados en serie con las trayectorias en curso respectivas puedan limitar la corriente en los mismos. Por ejemplo, el primer, segundo o tercer componente de amortiguación puede consistir en una resistencia R. En este caso, por ejemplo, la corriente i1 absorbida a través del primer elemento de conmutación 18 está limitada de acuerdo con la ley de Ohm en donde: $i1 = vp1/R$. En general el valor de la resistencia deberá seleccionarse a la vista de los valores de sobrevoltaje máximos que pueden esperarse de la red de energía, y de la inductancia que el transformador representa cuando se observa desde la reja de energía 3.

La figura 2a expone esquemáticamente una realización adicional de acuerdo con la invención con el primer circuito eléctrico que comprende un primer elemento de conmutación T10 en serie con un primer componente de amortiguación L10, un segundo circuito eléctrico que comprende un segundo elemento de conmutación T20 en serie con el segundo componente L20 de amortiguación, y un tercer circuito eléctrico que comprende un tercer elemento de conmutación T30 en serie con un tercer componente de amortiguación L30 para proteger el generador de energía 2 a partir del sobrevoltaje generado por las respectivas primera, segunda y tercera fuentes de voltaje V1, V2 y V3. Las primeras, segundas y terceras fuentes de voltaje V1, V2 y V3 se aplican a las respectivas primera, segunda y tercera líneas 3a, 3b, 3c.

Con el fin de analizar mejor el comportamiento electrónico de los transformadores 100, 200, 300 en relación con los elementos de conmutación T10, T20, T30 y los componentes de amortiguación y los componentes de amortiguación L10, L20, L30 expuestos a los voltajes de la primera, segunda y tercera fuentes V1, V2, V3, los primeros, segundos y terceros transformadores 100, 200, 300 de la figura 1 se muestran en la figura 2a como circuitos equivalentes en donde las inductancias L1, L2, L3 en serie con las resistencias R3, R3, R5 representan las respectivas inductancias reales y las resistencias tal como se observan por el generador de energía 2. Los componentes están diseñados preferiblemente para poder soportar una corriente de al menos 300 a 500 ms, que pueda ser mayor o igual a aproximadamente a 5 y 6 veces la corriente del transformador nominal. En otras palabras, por ejemplo, una caída de tensión a través de los transformadores 100 entre la primera bobina secundaria y la primera bobina primaria en la Figura 1 que se representa en la figura 2a por una caída de tensión provocada por la resistencia R3 en serie con el inductor L1. En consecuencia, el voltaje medido en la posición P1 en la primera línea 2a es equivalente al primer voltaje primario vp1 de la figura 1, un voltaje medido en la posición P2 en la segunda línea 2b es equivalente al voltaje Vp2 del segundo primario, y un voltaje medido en la posición P3 en la tercera línea 2c es equivalente al tercer voltaje primario vp3 de la figura 1. La protección del generador de energía 2 contra el sobrevoltaje generado por la primera, segunda y tercera fuentes V1, V2, V3 se describirá más adelante para la primera línea de energía 3a y la primera línea 2a. Con el fin de proteger el generador de energía 2 contra el sobrevoltaje, el primer elemento de conmutación T10 y el primer componente L10 de amortiguación se conectan a la primera bobina del primario (véase la figura 1, no mostrada en la figura 2a) del primer transformador 100 para proporcionar un primer trayecto de la corriente 112 en paralelo con la primera bobina del primario. En figura 2a, el primer elemento de conmutación T10 es un transistor de potencia bipolar que tiene un colector, un emisor y una base y que es capaz de conmutar altos voltajes (por ejemplo, 690 voltios y unas altas corrientes (por ejemplo, varios amperios hasta varios cientos de amperios) en una dirección. además de ello, el primer componente de amortiguación L10 en la figura 2a es un inductor. Con un inductor, la caída de tensión a través del primer transistor 100 está en fase con el voltaje generado por la primera fuente V1 de voltaje, en tanto que la resistencia de la resistencia R3 sea pequeña.

De forma similar, el segundo transistor de potencia bipolar T20 y el segundo componente L20 y el segundo componente L20 de amortiguación están conectados a la segunda bobina primaria (no mostrada en la figura 2a) del segundo transformador 200 para proporcionar un segundo trayecto 212 de la corriente paralelo a la segunda bobina primaria para proteger al generador 2 del sobrevoltaje generado por la segunda fuente V2 del voltaje V2, y el tercer transistor T3 de potencia bipolar y el tercer componente L30 de amortiguación que están conectados a la tercera bobina primaria (no mostrada en la figura 2a) del tercer transformador 200 para proporcionar un tercer trayecto de la corriente 312 paralelo al tercer devanado primario para proteger el generador de potencia 2 contra el sobrevoltaje generado por la tercera fuente V3. La protección del generador de potencia 2 de los sobrevoltajes generados por la segunda y tercera fuentes de voltaje V2, V3 opera por los mismos principios que los anteriormente descritos para el sobrevoltaje generado por la primera fuente de voltaje V1.

La figura 2a además expone los diodos D11, D12, D13, cuyos cátodos están conectados a uno de los inductores respectivos L10, L20, L30 y a uno de los respectivos colectores de los transistores bipolares de potencia T10, T20, T30, y cuyos ánodos están conectados a los emisores de todos los tres transistores T10, T20, T30. Los diodos D11, D12, D13 proporcionan el que durante el funcionamiento, los emisores de los transistores de potencia bipolares T10, T20, T30 están conectados a un potencial que es más negativo que los respectivos colectores de los transistores de potencia bipolares T10, T20, T30. De esta forma, los transistores bipolares T10, T20, T30 permanecen en modo de saturación en donde pueden conmutarse con activación y con desactivación en el potencial que se aplique a las bases respectivas de los transistores. La figura 2a expone también la unidad 9 de control central que está conectada a las bases del primero, segundo, y tercero de los transistores de potencia bipolares T10, T20, T30 para conmutar los transistores de potencia T10, T20, T30 en activación (el elemento de conmutación está cerrado) y en desactivación (el elemento de conmutación se encuentra abierto), dependiendo de si uno de los voltajes de la primera, segunda y tercera fuentes V1, V2, V3 se encuentra en el rango de sobrevoltaje o no. Por ejemplo, si la primera fuente V1 de voltaje está en el rango de sobrevoltaje, es decir, el valor absoluto del voltaje provisto por la primera fuente de voltaje V1 excede en un valor absoluto predeterminado de su límite, la unidad de control central 9 envía una señal al primer transistor T10 de potencia bipolar. Esta señal cierra el transistor T10 de potencia bipolar, para proporcionar una baja impedancia a través del transistor de potencia T10 para absorber una corriente significativa i_1 de la primera línea 2a para la primera reducción del voltaje primario.

La figura 2b ilustra el efecto de reducción del voltaje en el primer voltaje primario vp_1 provocado por el primer elemento de conmutación T10 (transistor de potencia bipolar) y el primer componente L10 en relación con el primer transformador 100. La figura 2b muestra una primera curva de forma senoidal generada por la primera fuente de voltaje V1, y una segunda curva senoidal algo menor que representa el primer voltaje primario vp_1 . Las amplitudes de las dos curvas de forma senoidal en la figura 2b están libradas entre si de forma tal que el elemento de conmutación T10 está abierto (es decir, el primer trayecto 112 de la curva 112 está interrumpido), en donde las dos curvas de forma senoidal tendrían la misma amplitud. No obstante, mediante el cierre del primer elemento de conmutación T10 tan pronto como el voltaje de la primera fuente de voltaje V1 exceda de un primer voltaje predeterminado del valor límite, y mediante la apertura del primer elemento de conmutación T10, tan pronto como el voltaje de la primera fuente V1 de voltaje V1 caiga por debajo del valor límite del primero, segundo, o tercero valor límite del voltaje, en donde la amplitud del primer voltaje primario vp_1 queda reducido. De esta forma, el generador de potencia 2 no "ve" el sobrevoltaje de la primera fuente V1 del voltaje y en consecuencia, se encuentra protegido contra el sobrevoltaje.

Deberá mencionarse que debido a la inductancia del primer componente L10 de amortiguación, la forma del primer voltaje vp_1 permanece principalmente con una forma senoidal y en fase con el voltaje de la primera fuente de voltaje V1, que puede tener muchas ventajas para la operación del generador de potencia 2. además de ello, lo ya explicado anteriormente para el primer transformador y el primer trayecto de la corriente 112, se aplica también a los circuitos con el segundo y tercer transformadores 200, 300 y sus respectivas trayectorias 212, 312.

La figura 3a expone una tercera realización de acuerdo con la invención. Al igual que en la figura 2a, el primero, segundo y tercer transformadores 100, 200, 300 se muestran tal como las respectivas inductancias L1, L2, L3 conectadas en serie con las respectivas resistencias R3, R4, R5. Al igual que en la figura 2a, los componentes están diseñados preferiblemente para soportar una corriente que durante al menos de 300 a 500 milisegundos puede ser mayor o igual a aproximadamente 5 ó 6 veces la corriente nominal del transformador. En consecuencia, el voltaje medido en la posición P1 en la primera línea 2a es equivalente al primer voltaje primario vp_1 de la figura 1, en donde el voltaje medido en la posición P2 en la segunda línea 2b es equivalente al segundo voltaje primario vp_2 de la figura 1, y el voltaje medido en la posición P3 en la tercera línea será equivalente al tercer voltaje vp_3 primario de la figura 1.

La figura 3a difiere en que el primero, segundo y tercer circuitos eléctricos 106, 206, 306 han sido combinados para proporcionar solo un único trayecto de la corriente 22 para todas las tres líneas 2a, 2b, 2c del generador de potencia 2. En este caso, el elemento de conmutación U3 se utiliza para proporcionar un trayecto de la corriente cuando los voltajes generados por una de la primera, segunda o tercera fuente de voltaje V1, V2, V3 exceda de un voltaje predeterminado, y para interrumpir el recorrido de la corriente cuando los voltajes generados por una de la primera, segunda o tercera fuentes de voltaje, V1, V2, V3 cae por debajo de un valor límite de voltaje predeterminado. El

único recorrido 22 comprende un único componente de amortiguamiento R13 para limitar la corriente del único recorrido 22. Mediante el uso de un único trayecto para todas las tres líneas 2a, 2b, 2c del generador de potencia 2, en sincronización de la conmutación mediante el elemento U2 que se simplifica.

5 El diseño de la figura 3 difiere adicionalmente de la figura 2a en que el elemento de conmutación U3 conmuta con activación y desactivación sin ninguna señal externa. Esto es posible por la utilización de tiristores, (GTO o similares), en donde automáticamente conmutan en el modo de conducción (conmutador cerrado) una vez que el voltaje entre el ánodo y el cátodo de los elementos de conmutación respectivos exceden de un valor de umbral, y conmutando al modo de conmutación de aislamiento (conmutador abierto) una vez que el voltaje entre el ánodo y el cátodo de los respectivos elementos de conmutación hayan caído por debajo de un voltaje de umbral predeterminado. Preferiblemente, los valores de umbral predeterminados pueden controlarse por un voltaje estático (no mostrado en la figura 3a). En este caso, los valores de umbral predeterminados pueden ajustarse a los valores que correspondan con los valores límite predeterminados requeridos para la protección de sobrevoltajes. Deberá mencionarse que la conmutación automática, es decir, la conmutación de los elementos de conmutación sin señales externas, proporciona una excelente seguridad puesto que en este caso la protección de voltaje no depende de la señal de funcionamiento desde la unidad de control 9.

De nuevo, de forma similar a la figura 2a, los diodos D1, D2, D3 al igual que también los diodos D4, D5 y D6 proporcionan que el ánodo del elemento de conmutación U3 está a un potencial que es más positivo que sus cátodos respectivos.

20 La figura 3b ilustra el efecto de reducción del voltaje en el voltaje primario vp1 provocado por el circuito eléctrico del diseño de la figura 3a. La figura 3b muestra una primer curva de forma senoidal generada por la primera fuente de voltaje V1, y una segunda curva de forma senoidal que presenta el primer voltaje primario vp1. Las amplitudes de las dos curvas de forma senoidal en la figura 3b están calibradas entre si, de forma tal que con el elemento U3 abierto, es decir, con el recorrido 22 de la corriente 22 interrumpida, las dos curvas de forma senoidal serían las mismas. No obstante, mediante el cierre del elemento de conmutación U3 tan pronto como el voltaje de la primera fuente de voltaje V1 excede de un primer valor de límite del voltaje, y mediante la apertura del elemento de conmutación U3 tan pronto como el voltaje de la primera fuente de voltaje V1 caiga por debajo de dicho valor del límite de voltaje predeterminado, los picos del primer voltaje primario vp1, pareceran cortados. De esta forma, el generador de potencia 2 no "ve" el sobrevoltaje, y en consecuencia, está protegido contra el sobrevoltaje. No obstante, aunque la curva de voltaje primario vp1 del circuito de la figura 2a es más bien suave (véase la figura 2b) debido al inductor L10, la curva vp1 del voltaje primario de la figura 3b muestra algunas alteraciones.

35 La presente invención se relaciona también con un nuevo método de operación de una turbina eólica en donde la turbina eólica comprende una primera línea 2a para proporcionar energía a una primera línea de potencia 3a de una red de energía eléctrica. El método de acuerdo con la invención incluye las etapas de (a) detección del voltaje de la mencionada línea de potencia; (b) conexión a un primer recorrido de la corriente a la mencionada línea 2a en caso de que el mencionado primer voltaje exceda de un primer valor de límite del voltaje; y (c) desconexión del mencionado recorrido de la corriente desde la mencionada primera línea 2a en caso de que el mencionado primer voltaje caiga por debajo del mencionado valor límite del primer voltaje predeterminado.

40 Preferiblemente, este método se aplica igualmente a una segunda línea 2b para proporcionar energía a una segunda línea 3b de la misma red, y posiblemente, a una tercera línea 2c para proporcionar energía a una tercera línea de energía 3c de la misma red de energía. En este caso, el método incluye las etapas de (a) detección del voltaje de la mencionada tercera línea de energía 3b, 3c; (b) conexión a un segundo y/o tercer recorrido de la corriente a la mencionada tercera línea 2a en caso de que el mencionado segundo y/o tercer voltaje exceda de un valor límite de voltaje y de un valor límite del voltaje; y (c) desconexión del mencionado recorrido y del recorrido de la corriente desde la mencionada segunda y/o tercera línea 2a en caso de que el mencionado voltaje segundo y tercero caiga por debajo del mencionado segundo y tercer valores límites. Preferiblemente, el mencionado primero, segundo y tercer recorridos de la corriente están conectados cada uno en paralelo con el respectivo primer, segundo o tercera bobinas primarias 102, 202, 302. Además de ello, preferiblemente, los valores predeterminados del primer, segundo y tercer voltaje son del mismo valor.

50 En una realización preferida, el mencionado primer, segundo y tercer recorridos están conectados cada uno y desconectados por la conmutación de un elemento de conmutación tal como se ha descrito por ejemplo, en las figuras 1, 2a y 3a. En donde, los elementos de conmutación son uno de los componentes semiconductores descritos previamente como iguales, por ejemplo, un transistor de potencia, un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un tiristor conmutado de puerta integrada (IGCT), un transistor de desconexión de puerta (GTO), un tiristor, o bien un rectificador controlado por un semiconductor (SCR). Mediante la conexión del primero, segundo y tercer recorridos a las respectivas líneas primera, segunda y tercera 2a, 2b, 2c, los respectivos voltajes primero, segundo o terceros, a través del primer, segundo o tercer transformadores 100, 200, 300 se reducen de forma que en el caso de sobrevoltaje de la red, el generador no "ve" el sobrevoltaje. Por el contrario, mediante la desconexión de la primera, segunda y tercera trayectoria, con respecto a la primera, segunda o tercera línea 2a, 2b, 2c en caso de que un voltaje igual o por debajo de un voltaje primero, segundo o tercero predeterminados pueda prevalecer en una

- 5 respectiva línea de potencia 3a, 3b, 3c, el generador 2 podrá funcionar normalmente sin ninguna corriente y en consecuencia, cualquier potencia se perderá para cualquiera de la respectiva primera, segunda o tercera corrientes. De esta forma, mediante la conexión y desconexión de la respectiva primera, segunda y terceros recorridos con respecto a la primera, segunda o tercera líneas 2a, 2b, 2c dependiendo de los voltajes de la red de energía, proporcionando una protección económica del generador de los sobrevoltajes previstos.
- 10 Se mencionará que la detección de los voltajes de la primera, segunda y/o tercera líneas de energía 3a, 3b, 3c pueden llevarse a cabo en distintas formas, por ejemplo, en una realización, la detección de los voltajes de la primera, segunda y tercera líneas 3a, 3b, 3c se lleva a cabo mediante la medida de los primeros, segundos o terceros voltajes vs1, V2, vs3 a través de la primera, segunda y tercera bobinas 104, 204, 304, o mediante la medida del primero, segundo o tercer voltajes primarios vs1, V2, vs3 a través del primero, segundo o tercer bobinado primario 102, 202, 303. En estos casos, los voltajes medidos se alimentan preferiblemente a la unidad 9 de control central, que corresponde a los elementos de conmutación 108, 208, 308, por ejemplo, los respectivos elementos de conmutación T10, T20, T30, de acuerdo don los valores medidos del voltaje, tal como se muestra en la figura 2a.
- 15 En otra realización preferida, la detección de los voltajes de la primera, segunda o tercera líneas de potencia 3a, 3b, 3c se lleva a cabo de forma pasiva por la exposición del primer, segundo y tercer elementos de conmutación a los voltajes provistos mediante la red de energía. En este caso, el respectivo elemento de conmutación U3 conmuta automáticamente a un modo de conducción (conmutador cerrado) una vez que el voltaje respectivo excede de un valor limite predeterminado, y en un modo aislante (conmutador abierto) una vez que el voltaje respectivo haya caído por debajo del limite de voltaje predeterminado. La conmutación en la forma "automática" significa que no se precisa ninguna línea de control activo externa para cambiar el modo de conmutación del respectivo elemento, según lo ilustrado en la figura 3a.
- 20 Tal como se ha mencionado anteriormente, las realizaciones de la presente invención representan los diseños en particular de la invención. El técnico especializado conoce fácilmente la forma de alterar el diseño sin desviarse del alcance de la invención. En particular, un técnico especializado conoce fácilmente que un tipo de elementos de conmutación pueden fácilmente ser reemplazado por otro tipo de elemento de conmutación, y que en ese caso, el circuito tiene que ser ajustado en consecuencia. Por ejemplo, cuando un transistor de potencia se ha estado utilizando como elementos de conmutación, puede ser reemplazado fácilmente por un tiristor, o viceversa, mediante el ajuste del circuito en la forma apropiada.
- 25
- 30 Nomenclatura:
- 1 turbina eólica
 - 2 generador de energía
 - 2a primera línea del generador de energía
 - 2b segunda línea del generador de energía
 - 35 2c tercera línea del generador de energía
 - 3 red de energía
 - 3a primera línea de energía de la red de energía
 - 3b segunda línea de energía de la red de energía
 - 3c tercera línea de energía de la red de energía
 - 40 5 rotor
 - 7 caja de engranajes
 - 9 unidad de control central
 - 11a primera línea de control
 - 11b segunda línea de control

- 11c tercera línea de control
- 20 circuito eléctrico único
- 22 único recorrido de la corriente
- 100 primer transformador
- 5 102 primera bobina primaria
- 104 primera bobina secundaria
- 106 primer circuito eléctrico
- 108 primer elemento de conmutación
- 110 primer componente de amortiguación
- 10 112 primer recorrido de la corriente
- 200 segundo transformador
- 202 segunda bobina primaria
- 204 segunda bobina secundaria
- 206 segundo circuito eléctrico
- 15 208 segundo elemento de conmutación
- 210 segundo componente de amortiguación
- 212 segundo recorrido de la corriente
- 300 tercer transformador
- 302 tercera bobina primaria
- 20 304 tercera bobina secundaria
- 306 tercer circuito eléctrico
- 308 tercer elemento de conmutación
- 310 tercer componente de amortiguación
- 312 tercer recorrido de la corriente
- 25 vp1 primer voltaje primario
- vp2 segundo voltaje primario
- vp3 tercer voltaje primario
- vs1 primer voltaje secundario
- vs2 segundo voltaje secundario
- 30 vs3 tercer voltaje secundario
- V1 primera fuente de voltaje

V2 segunda fuente de voltaje

V3 tercera fuente de voltaje

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (1) que tiene un generador de energía (2) para la generación de energía para una primera línea de energía (3a) de una red de energía (3); en donde la mencionada turbina eólica comprende:
- 5
- un primer transformador (100) que tiene una primera bobina primaria (102) conectada al mencionado generador de energía (2) y una primera bobina secundaria (104) conectada a la mencionada primera línea de energía (3a) para transformar un primer voltaje primario (vp1) a través de la mencionada bobina primaria (102) a un primer voltaje secundario (vs1) a través de la mencionada primera bobina secundaria (104); y
 - un primer circuito eléctrico (106) conectado a la mencionada bobina primaria (102); caracterizada porque
- 10 el mencionado primer circuito eléctrico tiene un primer elemento de conmutación (108) para proporcionar un primer recorrido de la corriente (112) paralelo a la mencionada bobina primaria (102) si el mencionado primer voltaje predeterminado (vs1) excede de un primer voltaje predeterminado en un valor limite, y para desconectar la mencionada primera corriente en un recorrido (112) si el mencionado voltaje (vs1) cae por debajo del mencionado valor limite de voltaje.
2. La turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende.
- 15
- Un segundo transformador (200) que tiene una segunda bobina primaria (202) conectada al mencionado generador de energía (1) y una segunda bobina (204) secundaria conectada a una segunda línea de energía (3a) de la mencionada red de energía de potencia (3) para transformar un voltaje secundario del primario (vp2) a través de la mencionada bobina primaria del secundario (202) a un segundo voltaje secundario (vs2) a través de la mencionada bobina secundaria (204); y
- 20
- Un segundo circuito eléctrico (206) conectado a la mencionada bobina secundaria (202); en donde el mencionado segundo circuito secundario tiene un segundo elemento de conmutación (208), para proporcionar un segundo recorrido de corriente (212) paralelo a la mencionada segunda bobina primaria (202), si el mencionado segundo voltaje secundario (vs2) excede de un valor limite del voltaje secundario predeterminado.
3. La turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 2 que comprende:
- 25
- Un tercer transformador (300) que tiene una tercera bobina primaria (302) conectada al mencionado generador de energía (1) y una tercera bobina secundaria (304) conectada a una tercera línea de energía (3a) de la mencionada red de energía (3) para transformar un tercer voltaje primario (vp3) a través del mencionado devanado primario (302) a un tercer voltaje secundario (vs3) a través del mencionado devanado tercer secundario (304); y
- 30
- Un tercer circuito eléctrico (306) conectado a la mencionada primera bobina primaria (302); en donde el mencionado tercer circuito tiene un tercer elemento de conmutación (308) para proporcionar un tercer trayecto de corriente (312) paralelo a la mencionada tercer bobina (302) si el mencionado tercer voltaje secundario (vs3) excede de un valor limite de tercer voltaje predeterminado.
4. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones, por lo que al menos uno del mencionado primer circuito eléctrico (106), segundo circuito eléctrico (206) y el tercer circuito eléctrico (306) comprende un respectivo primero, segundo o tercer componente de amortiguación (110; 210; 310; R13; L10; L20; L30) para limitar la corriente de los mencionados recorridos primero, segundo o tercera de las corrientes (112; 212; 312).
- 35
5. La turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 4 por lo que al menos uno de los mencionados primero, segundo y tercer componente de la amortiguación (110; 210, 310) es una resistencia (R13) de un inductor (L10; L20; L30) conectado en serie con el mencionado respectivo primero, segundo o tercer elemento de conmutación (108; 208; 308).
- 40
6. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores por lo que al menos uno de los mencionado primer y segundo elementos es capaz de interrumpir la mencionada primera, segunda o tercer corrientes en su recorrido si el respectivo primer, segundo o tercer voltajes (vs1; vs2; vs3) cae por debajo del mencionado primer, segundo o tercer valor del limite del voltaje.
- 45
7. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores por lo que al menos uno de los mencionados primero, segundo y tercer elementos de conmutación es capaz de conmutar una corriente de más del 0,01%, preferiblemente más del 0,1 por ciento e incluso mas preferido en mas del 1 por ciento de la corriente máxima nominal de la mencionada bobina primera, segunda o tercera.

- 5 8. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores por lo que al menos uno de los mencionados elementos de conmutación comprenden al menos un componente semiconductor de potencia similar a un transistor de potencia, un transistor bipolar de puerta aislada (IG-BT), un tiristor conmutado de puerta integrada (IGCT), un transistor de puerta desconectada (GTO) un tiristor, o bien un rectificador controlado por semiconductor (SCR).
9. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones, por lo que la conmutación de al menos uno de los mencionados primero, segundo y tercer elemento de conmutación está controlado por una unidad de control que es capaz de detectar cuando el mencionado respectivo voltaje secundario (vs1; vs2; vs3) excede de un valor limite del voltaje primeramente predeterminado.
- 10 10. La turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las anteriores reivindicaciones, por lo que el primero, segundo y tercer circuitos eléctricos (106; 206; 306) se combinan para tener un recorrido de única corriente (22).
11. Un método de operar una turbina de eólica que tiene una primera línea para proporcionar energía a una primera línea de energía que incluye las etapas:
- 15 Detectar un primer voltaje de la mencionada primera línea de energía; conectando una primera trayectoria de la corriente a la mencionada primera línea en caso de que el mencionado primer voltaje exceda de un valor limite del primer voltaje predeterminado, en donde el recorrido de la primera corriente mencionada está conectado en paralelo con un primer devanado de un primer transformador de conexión a un generador de potencia de la mencionada turbina eólica a la mencionada primera línea de potencia de la mencionada red de potencia; y
- 20 Desconexión del mencionado recorrido primero desde la mencionada primera línea en caso de que el mencionado primer voltaje caiga por debajo del mencionado primer valor del límite del voltaje.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, por lo que el mencionado primer trayecto de corriente está conectado y desconectado por la conmutación de un elemento de conmutación.
- 25 13. El método de acuerdo con la reivindicación 12 por lo que el mencionado elemento de conmutación es un componente semiconductor similar a un transistor de potencia, un transistor bipolar de puerta integrada (IGBT), un tiristor conmutado de puerta integrada (IGCT), un transistor de puerta desconectada (GTO), un tiristor, o bien un rectificador controlado por un semiconductor (SCR).

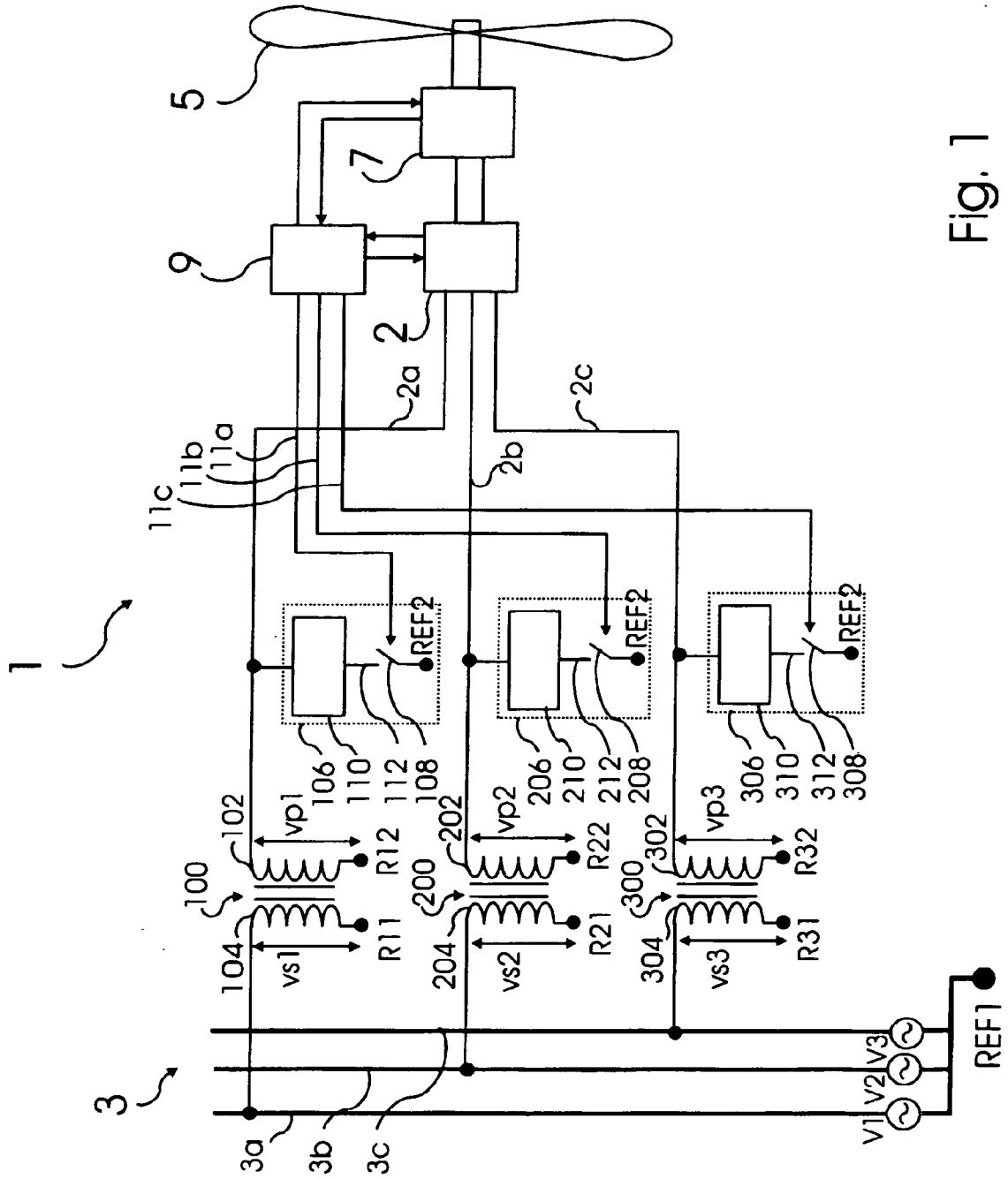


Fig. 1

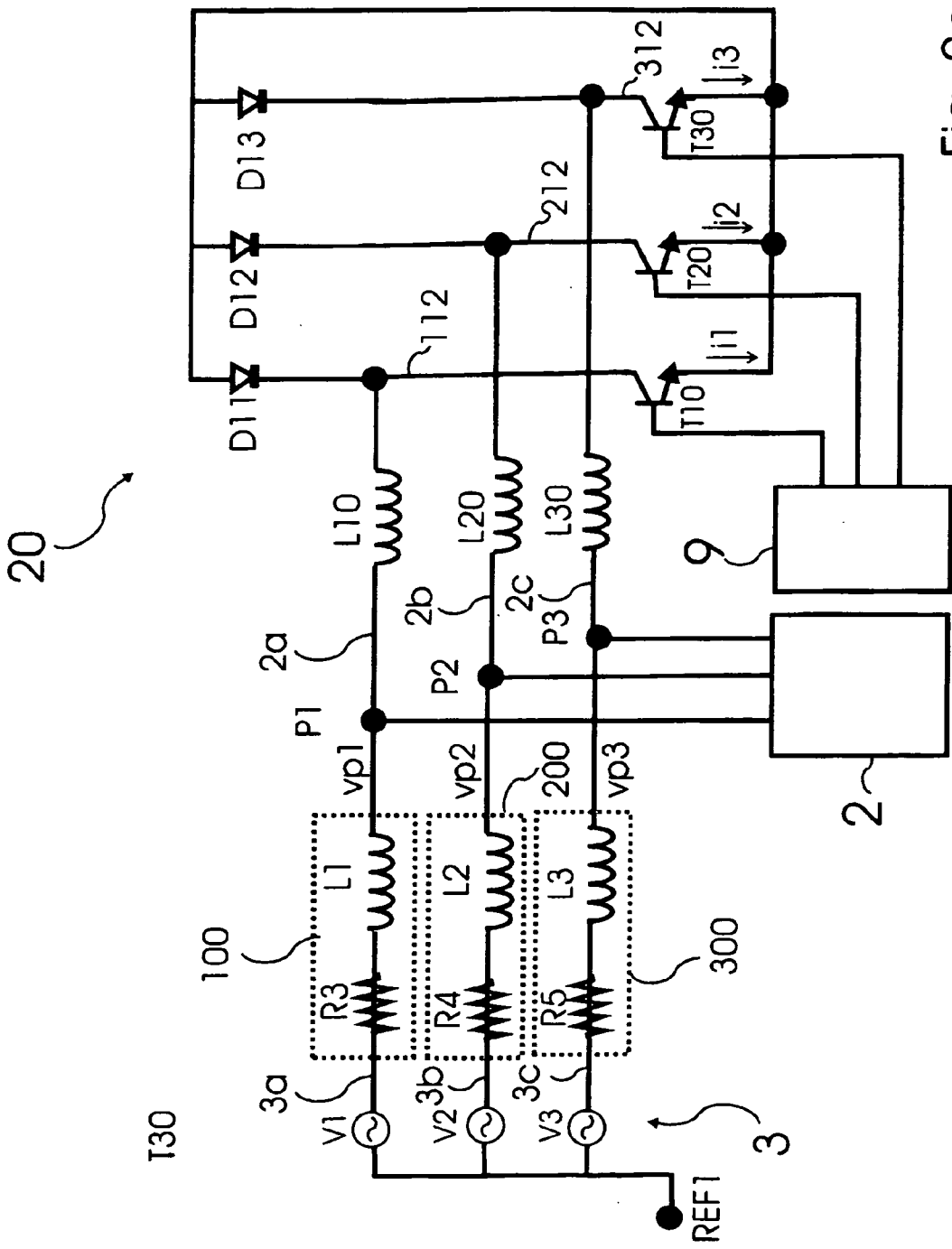


Fig. 2a

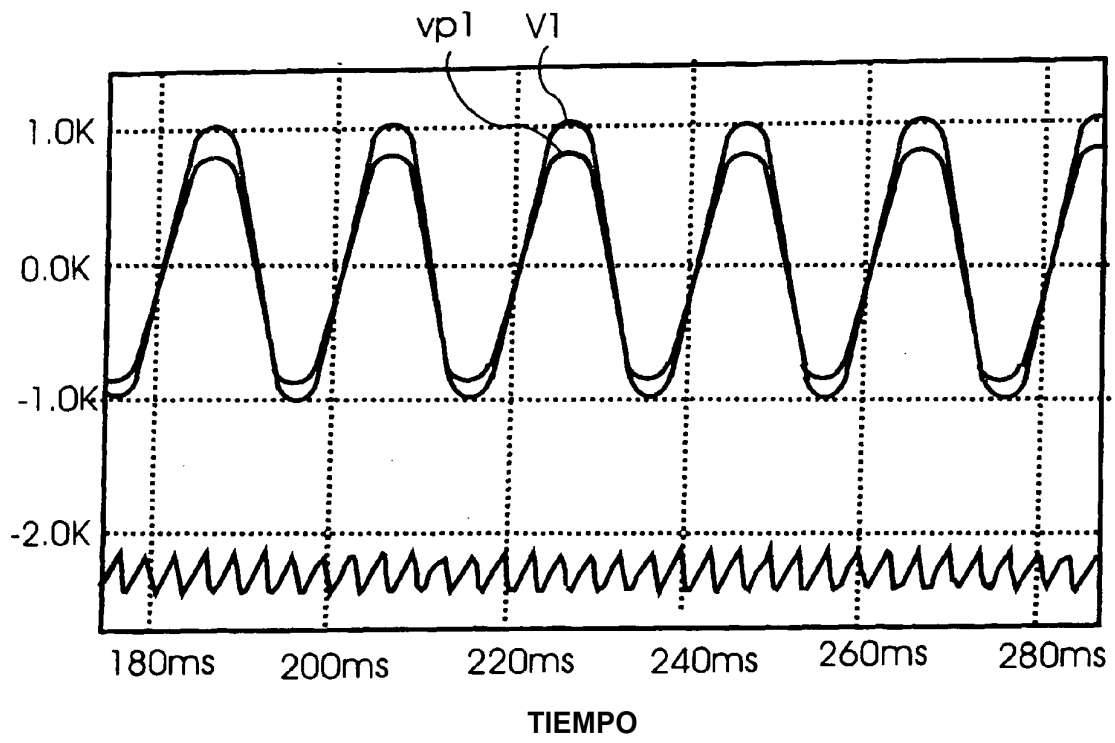


Fig. 2b

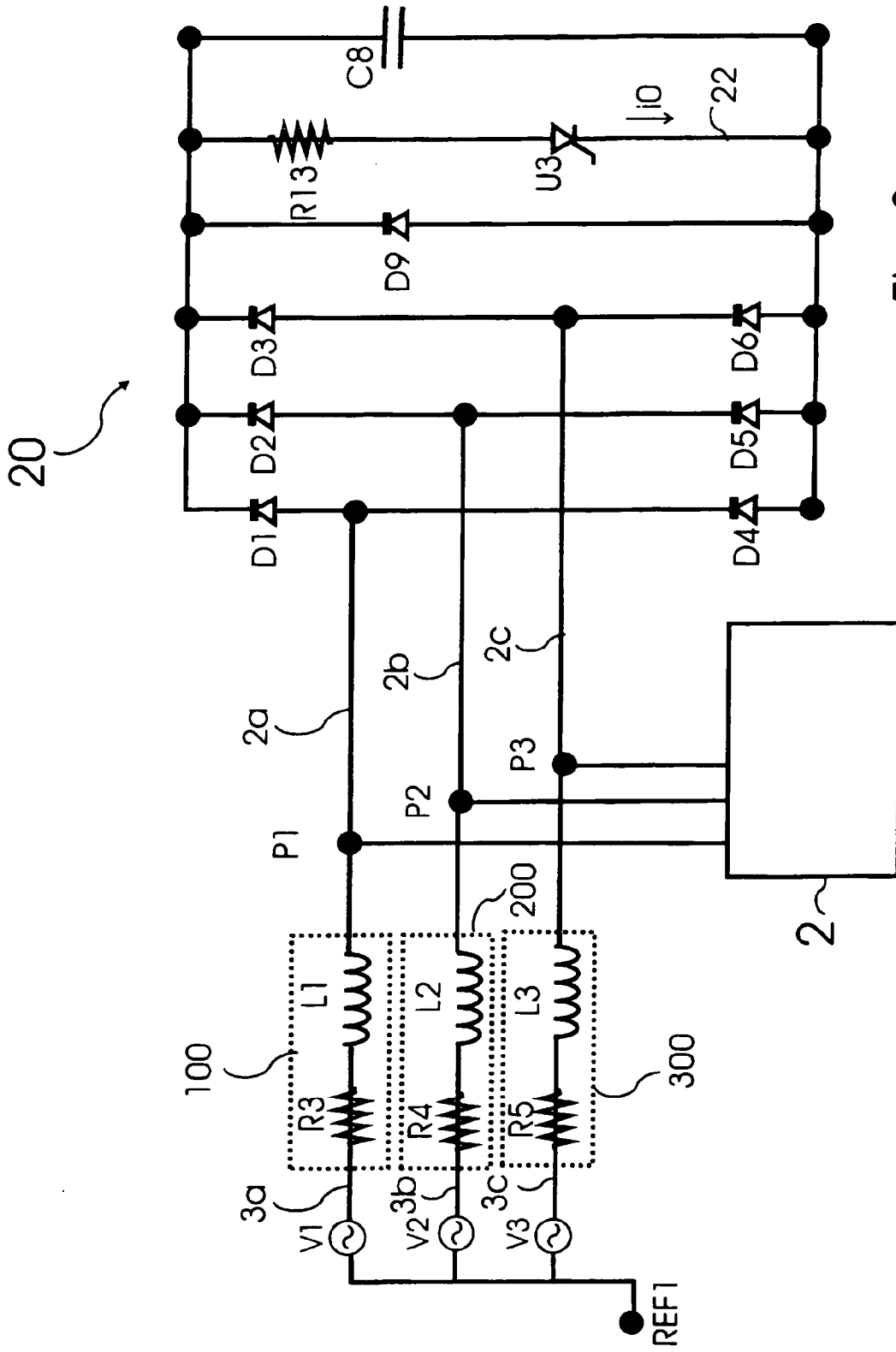


Fig. 3a

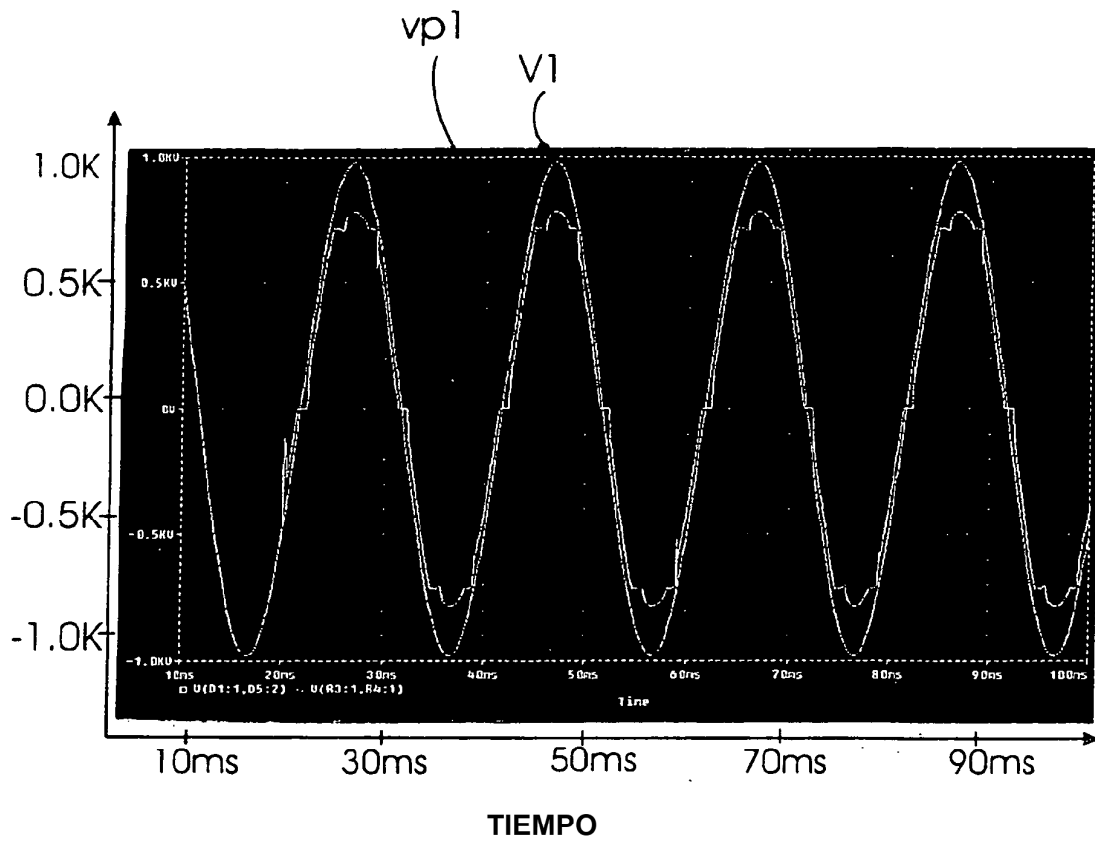


Fig. 3b