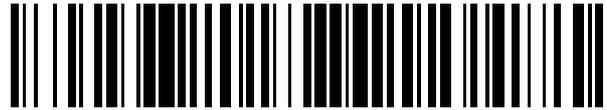


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 539 536**

51 Int. Cl.:

**H02P 27/06** (2006.01)  
**H02P 29/02** (2006.01)  
**H02P 25/18** (2006.01)  
**F03D 7/02** (2006.01)  
**H02J 9/04** (2006.01)  
**H02M 1/32** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2011 E 11776410 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2015 EP 2636144**

54 Título: **Motor de accionamiento Pitch apto para funcionar en servicios de emergencia**

30 Prioridad:

**05.11.2010 DE 102010060380**

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

**01.07.2015**

73 Titular/es:

**LTI REENERGY GMBH (100.0%)**  
**Heinrich-Hertz-Str. 18**  
**59423 Unna, DE**

72 Inventor/es:

**BÜNTE, ANDREAS;**  
**WERTZ, HARALD;**  
**KLEINEN, CHRISTIAN y**  
**GILL, HARRY**

74 Agente/Representante:

**GIRARDI, Giovanna Paola**

**ES 2 539 536 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**

Motor de accionamiento Pitch apto para funcionar en servicios de emergencia.

5 La presente invención se refiere a un circuito de emergencia capacitado para accionar un motor AC-Pitch en una instalación eólica o hidráulica, que contenga como mínimo un rectificador de corriente, circuito intermedio DG y dos inversores, en el que se podrá aplicar corriente a esta primera cara de contacto del cableado del motor de corriente trifásica-Pitch con un primer inversor y un segundo lado de contacto del cableado del motor con un segundo inversor.

10 Los motores Pitch se utilizarán en plantas de energía eólicas o hidráulicas para variar el ángulo de ataque del medio de accionamiento respecto a la pala de rotor o turbina. En el caso de una planta de energía eólica el medio de accionamiento será el viento, y en el caso de una planta de energía hidroeléctrica el agua. A través del ajuste del motor Pitch, es decir del ángulo de ataque a la pala de rotor, se puede variar el número de revoluciones de la instalación de producción de energía. La finalidad es obtener la máxima eficiencia cuando la corriente es mínima y evitar una sobrecarga en el caso de corrientes fuertes. Normalmente se proveerá a las turbinas con un accionamiento Pitch por  
15 cada pala, aunque también existen motores de accionamiento Pitch centrales, que ajustan el Pitch de todas o de una mayoría de las palas. El objeto de la invención puede ser aplicado tanto en sistemas de accionamiento Pitch centralizados como descentralizados.

20 Los sistema de accionamiento Pitch de este tipo utilizarán a menudo, para la variación del ángulo de incidencia, inversores de corriente que deberían constar de un rectificador de corriente, que convierta una corriente eléctrica AC en una red de voltaje continuo-DC para un circuito de voltaje continuo, y en el que este circuito intermedio alimenta a un inversor. Esta rectificación de la corriente se puede reorientar u orientar por ejemplo con un control de entrada de fase. También cabe pensar en unidades de alimentación activas, con capacidad regenerativa. El equipamiento del rectificador de corriente dependerá del estado técnico actual, por lo que se describirá esta unidad, que provee al circuito  
25 intermedio, siempre como rectificador de corriente. El inversor sirve para cambiar la corriente de voltaje continuo DC del circuito intermedio a una corriente trifásica para aplicar la corriente al motor de corriente trifásica. Los inversores trabajan en base a interruptores eléctricos, como por ejemplo a través de tres medio-puente, como MOSFET, transistores IGBT o transistores IGCT. Estos generan a través de modulación por ancho de pulsos una tensión variable, en la que se puede regular tanto el voltaje de la tensión de salida como la frecuencia de largo alcance, para  
30 impulsar motores asíncrono y motores síncronos. Así se puede ajustar el número de revoluciones de los motores de corriente trifásica. El cableado del motor quedará entrelazado en una cara de contacto en forma de estrella o triángulo.

35 Los sistemas de accionamiento Pitch serán impulsados con accionamientos trifásicos eficientes, sin desgaste y robustos. Sin embargo, estos presentan la desventaja de que el accionamiento del sistema Pitch se suspende por completo en caso de suspensión de la corriente-AC o un fallo en las instalaciones de inversores de corriente, el Pitch no variará y la planta eléctrica no podrá ser regulada. Esto suele ocurrir en condiciones adversas como un temporal, y a menudo son los rayos en una tormenta los que acaban con la red AC y el sistema eléctrico del motor. Cabe destacar el peligro de que una planta eléctrica se sobrecargue y quede dañada o destruida.

40 Por ello, este tipo de plantas eléctricas pueden incluir un almacenamiento de energía para casos de emergencia que pueda asegurar un suministro de energía externa, normalmente a través de fuentes de energía auxiliares como batería o acumulador. Pero aquí se presenta el problema de que el sistema de accionamiento-AC provisto en caso de emergencia con un voltaje-DC. Este problema se resuelve porque la corriente trifásica con motor de accionamiento Pitch puede funcionar mediante la alimentación de una corriente continua en un circuito intermedio del inversor. Sin

embargo, el problema surge cuando el inversor presenta un defecto, ya que el sistema de accionamiento Pitch se cortará por completo y la instalación no podrá ser dirigida.

5 Esta invención afecta las operaciones de emergencia del sistema de accionamiento del motor Pitch, en la que, a través de la redundancia del sistema del inversor, se puede asegurar una elevada seguridad funcional en el motor de corriente trifásica. En relación al nivel técnico se conocen diversos conceptos como por ejemplo, la interpretación redundante del sistema de accionamiento, en el que se usan dos o más instalaciones de inversión o dos o varios motores de corriente trifásica. Además hay accionamientos controlados en los que un único motor puede ser dirigido de forma paralela por dos instalaciones de inversión conmutables. Así se asegura un funcionamiento normal en situaciones de emergencia, almacenando cierta parte del accionamiento redundante, de manera que se aumenta la producción y mantenimiento aumentan sin un valor añadido para el funcionamiento normal.

10 Del DE 103 35 575 B4 surge un motor de accionamiento Pitch en caso de emergencia, en el que se recarga un sistema de almacenamiento de energía a través del rectificador de corriente de un convertidor. El funcionamiento de emergencia se basa en un funcionamiento sin averías del único inversor.

20 En JP 63 245 265<sup>a</sup> se describe un mecanismo para conversión de la corriente que funciona en caso de emergencia, y que en caso de funcionamiento regular actúa como conexión en triángulo y en funcionamiento de emergencia como conexión en estrella.

25 En los mecanismos de accionamiento de otro tipo, hay propuestas para un accionamiento controlado del motor para un motor de corriente trifásica con el cableado del motor accesible por dos lados, es decir un motor en el que el cableado, es decir estatores y devanadores de rotor, sean accesibles desde dos lados de contacto exteriores. El cableado del motor del primer lado del contacto es conectado con una primera instalación del inversor de corriente y el segundo lado de contacto con una segunda instalación del inversor de corriente. Mediante el manejo sincronizado de los inversores, que se encuentran en las instalaciones de inversión de corriente, se puede alcanzar una mayor potencia del motor, a través de este sistema de inversión de potencia doble. Estos inversores de potencia doble alcanzan una mayor potencia porque en el mismo circuito de voltaje intermedio se puede instalar una mayor corriente en el motor de corriente trifásica, en comparación a una instalación convencional de convertidor de potencia; Así se podrá exponer al motor a un determinada potencia con un voltaje de referencia mayor pero una corriente de referencia menor. Los momentos de máximo voltaje que puede adquirir un convertidor de frecuencia Servoregler en un motor con conexión de estrella, son en el circuito de tensión intermedia –DC. En un inversor de potencia convencional, este voltaje actúa como voltaje de la cadena sobre dos cables del motor. En un convertidor de potencia doble, este voltaje máximo podrá actuar como tensión de fase, y a la vez los devanados de cable se someten al mismo voltaje, pudiendo alcanzar así

30 momentos de torsión idénticos Este aumento de voltaje en torno al factor  $\sqrt{3}$  lleva a un aumento de la velocidad nominal y por consiguiente la potencia del motor. Como alternativa, se puede reducir desde un primer momento la corriente de referencia en torno al factor  $\sqrt{3}$ , si se ha ajustado el motor seleccionado.

40 Para el funcionamiento de un inversor de potencia doble es necesario que ambos inversores estén perfectamente sincronizados. Esta sincronización se logrará, por ejemplo, mediante una comunicación controlada, que facilite la sincronización y establecimiento de importantes parámetros. Será ventajoso que ambos circuitos intermedios de los dos inversores que aplican la corriente sobre el cableado del motor de la corriente trifásica estén conectados entre sí, para lograr así un intercambio energético entre ambos circuitos intermedios y convertidor.

5 Este tipo de circuitos se conoce por ejemplo del WO 2010/034908 A2. Hace referencia a elementos de conexión-Y, que podrán llevar a un cortocircuito en ambos lados del cableado del motor, de manera que al motor solo se le podrá aplicar corriente mediante el cable del motor en circuito-Y. Los elementos de conexión tipo Y están conectados entre el cableado del motor y el convertidor y cortocircuitan tanto el cableado del motor como los medio-puente del convertidor.

10 Del WO 2009/058357 A1 se conoce un motor de corriente trifásica al que se le aplica corriente unilateralmente en conexión -Y, y que puede funcionar a través de dos inversores paralelos. Si un convertidor sufriese un defecto, se podrá conmutar al segundo convertidor redundante.

15 Sin embargo, se ha comprobado sobre todo en sistemas de accionamiento con relevancia de seguridad, como el motor de accionamiento Pitch, que en caso de sobre-voltaje, rayos o carga excesiva, las instalaciones de inversión tienen un mayor riesgo de fallo que los motores electromecánicos. Estos problemas relacionados con la seguridad podrían no solo afectar a un motor de accionamiento Pitch, de una planta de energía eólica o hidráulica, sino también, por ejemplo, al motor de ascensores, puertas, motores de accionamiento en vehículos y compresores o demás motores de accionamiento relevantes para la seguridad.

20 Por eso, y siguiendo el estado técnico actual, aparece la necesidad de ampliar un motor de accionamiento de tal forma que en el funcionamiento de inversión doble tenga una elevada redundancia y seguridad de avería. A pesar de que al incluir dos instalaciones de inversión aumenta el riesgo de avería, surgen a la vez ventajas que pueden ser aprovechadas para un motor de accionamiento con relevancia de seguridad.

25 Las desventajas nombradas arriba son resueltas mediante un accionamiento según la exigencia independiente 1 y un procedimiento sobre el funcionamiento del circuito de accionamiento Pitch.

**DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN**

Se propone un motor de accionamiento Pitch para casos de emergencia para plantas de energía hidráulica o eólica, que contenga como mínimo un rectificado de corriente, un circuito intermedio DC, dos inversores y un motor de corriente trifásica-Pitch con un cableado de motor de contacto doble, en el que un primer lado del contacto del cableado esté conectado con un primer inversor y el segundo lado de contacto con el segundo inversor. Al menos un elemento interruptor estará conectado con al menos un lado de contacto del cableado. En caso de funcionamiento ordinario de un primer estado de conmutación al cableado del motor se le aplicará corriente a través de los inversores y en caso de emergencia, para un segundo estado de conmutación de los elementos de conexión se aplicará la corriente al cableado del motor mediante un único inversor.

Según la invención, cada inversor debe estar conectado, como mínimo, mediante un elemento de desacople con el cableado del motor de un lado de contacto, de manera que, en caso de emergencia los medio-puente del inversor se puedan separar del lado de contacto del motor trifásico. Así, en caso de fallo de un inversor, este se podrá separar y los cortocircuitos internos del inversor no influirán en el funcionamiento de emergencia del motor trifásico. Además, para proteger el motor y los elementos de los semiconductores de potencia del inversor, se podrán desacoplar los contactos del motor donde no se aplica corriente, del inversor inactivo para evitar otros posibles daños.

Por lo demás, según esta invención, una instalación de inversor, o preferiblemente ambas, estarán conectadas con una unidad de frenado. Las unidades de frenado conducen la energía sobrante del circuito intermedio –DC a la resistencia de frenado, transformándola así en calor. Esta energía se puede generar por ejemplo en funcionamiento en modo generador o de frenado del motor trifásico. Si esta energía no se condujese a la resistencia de frenado, aumentaría en su lugar la tensión del circuito intermedio y los condensadores del circuito intermedio se verían sobrecargados, pudiendo llegar incluso a ser destruidos. Alternativamente, se puede volver a alimentar a la corriente eléctrica con esta energía generadora, pudiendo utilizarlas convertidores ordenados del lado de la red. Ordenando unidades de frenado en cada uno de las instalaciones de inversión, se podrán activar intermitentemente las unidades de frenado de manera ventajosa, de forma que la energía desaprovechada por cada unidad de frenado se pueda reducir a la mitad. Si fallase una de las dos unidades de frenado o no estuviese equipado, se podrá desviar toda la potencia de frenado a la unidad de frenado disponible. Así se alcanzará una mayor redundancia y protección en el funcionamiento de las unidades de frenado.

Esta invención, propone en otras palabras, un motor de accionamiento de convertidor doble, en el que un motor de corriente trifásica-Pitch, con un cableado del motor de doble contacto, sobretodo de tres cableados de motor, aunque pudiendo presentar también varios cableados de motor, al que se le pueda aplicar corriente a través de dos inversores. En la conexión entre cada uno de los inversores y un lado de contacto del cableado del motor, se podrá incluir un elemento de desacople para interrumpir la conexión. Se deberá incluir como mínimo en un lado de contacto, aunque con posibilidad de incluirlo en en ambas, como mínimo un elemento de conexión, como, por ejemplo, un elemento protector electromecánico o un elemento de desacople electrónico, que pueda cambiar a una segunda posición de conmutación en caso de fallar el inversor, y en la que sea posible que se aplique la corriente en caso de emergencia mediante el inversor activo restante. Así quedará asegurado el funcionamiento normal, en el que se pueda aplicar una corriente al motor a través de ambos inversores, alcanzando así un aumento de aproximadamente un 70% en la potencia del motor. En ese caso se podría utilizar por ejemplo un motor de corriente trifásica de 400 Voltios que están previstos para una conexión en estrella para una red de 690 Voltios. El rango de potencia puede aumentarse así con un factor de 1.73. En el funcionamiento del motor habrá menos ondulita de corriente, es decir, una reducción de armónicos-

TDH (Total Harmonic Distortions), reduciendo así también los molestos efectos retroactivos de la red. Además se podrán utilizar los motores de baja inductividad como motores-HS (Motores High-Speed), para alcanzar una potencia de accionamiento, revoluciones o par motor, similares. Dado que en sistemas de accionamiento con relevancia de seguridad, el uso de convertidores dobles puede llevar a un elevado riesgo de fallo en los elementos semiconductores, se recomienda incluir un elemento de desconexión en las líneas del cableado, para que en caso de avería de un inversor asegure que se siga aplicando corriente al motor de corriente trifásica a través del inversor restante. Se podría plantear que el interruptor de conexión cortocircuite el cableado del motor de un lado de contacto, para realizar una conexión en estrella, o unir el cableado del motor de ambos lados de contacto, de tal forma que se pueda realizar una conexión en triángulo. Como motor se puede utilizar un motor de corriente trifásica que cumpla los estándares, en el que los seis acabados del bobinado estén fuera, como suele ser el caso en motores asíncronos. En motores síncronos, sobretodo en motores síncronos permanentes, se suele poder acceder a los seis acabados del bobinado con relativa facilidad.

La invención se refiere básicamente a motores de campo rotatorio, ya que una mejora en la redundancia en motores de corriente continua se podrá lograr mediante la incorporación de una fuente de energía de emergencia-DC. El circuito de accionamiento del motor de emergencia, une las ventajas de un sistema de funcionamiento de convertidor doble con una elevada redundancia, es decir, seguridad en caso de avería, lo que significa que en caso de emergencia el accionamiento Pitch realizaría un desplazamiento en el aspa de una planta de energía eólica o hidráulica, aunque también en el accionamiento de un vehículo, ascensor, puerta, bomba hidráulica o compresor, alcanzando así una elevada seguridad en caso de avería.

Siguiendo un desarrollo ventajoso, se podrá cortocircuitar en el segundo estado de conmutación del interruptor el lado de contacto del cableado, para crear una conexión en Y (de estrella), aunque preferiblemente se podrían unir todos los cableados del motor en todos los lados de contacto con un elemento de conexión. El interruptor cortocircuite todos los contactos del cableado del motor a un lado de contacto, facilitando así que al aplicar corriente al cableado del motor del lado de contacto de en frente se alcance una conexión estrella en el motor. Así, cualquier inversor podrá realizar una aplicación de corriente en Y. En el marco de una conexión de estrella, se puede alcanzar un elevado par, aunque con un número de revoluciones limitado. Sobre todo para la generación de un elevado par de arranque, se podrán utilizar este tipo de conexiones en estrella, sobre todo en la subida de cuestas. Solo después de esto se podrá volver, por ejemplo, a un uso ordinario con ambos inversores activos. Si desde un primer momento, uno de los inversores presenta tendencia a avería, se podrá, para aumentar la redundancia, cortocircuitar su lado de contacto a través del elemento de conexión-Y, para que al menos se pueda cortocircuitar el lado de contacto afectado.

Normalmente, ambos inversores son de construcción idéntica, de manera que hay una probabilidad de avería en el cableado de ambos inversores. Por ello, se prefiere que en ambos lados de contacto del motor de corriente trifásica haya dos elementos de conexión -Y, cortocircuitados al lado de contacto correspondiente, para seguir aplicando corriente al motor de corriente trifásica en conexión de estrella mediante el inversor del lado de contacto del lado de enfrente. Así puede continuar el funcionamiento, con par motor estable pero número de revoluciones bajo. En el funcionamiento de emergencia-Y se puede alcanzar un par motor completo con un número reducido de revoluciones máximas.

En otra configuración ventajosa de la invención, en un segundo estado de conmutación del elemento de conexión, se pueden conectar ambos lados de contacto del cableado del motor y así formar una conexión en triángulo-  $\Delta$ . En caso de emergencia el elemento de conexión es capaz de cortocircuitar el cableado del motor desplazado  $120^\circ$  de ambos lados

de contacto, pudiendo realizar así una conexión en triángulo en el cableado del motor, siendo posible aplicar corriente de cualquiera de los lados del inversor. En este caso basta con un único elemento de conexión para llegar a integrar el motor en un circuito capacitado en caso de emergencia, de manera que sea posible una aplicación de corriente bilateral a través del inversor. En todos los casos hay que evitar que en el segundo estado de conmutación del elemento de conexión sigan funcionando de manera activa los dos inversores, ya que esto puede llevar a un cortocircuito de los inversores. En el marco de la conexión en triángulo del cableado del motor, el motor podrá funcionar con un número de revoluciones máximo pero con un par motor reducido. Así y según la orden, en una conexión de estrella o triángulo los elementos de conexión podrán realizar una conexión de estrella o triángulo, pudiendo asegurar durante el funcionamiento de emergencia un momento de torsión elevado o un número de revoluciones elevado.

5

10

En base a un desarrollo ventajoso, se podrá conectar como mínimo uno, aunque preferiblemente dos, elementos de conexión-Y sobre lados de contacto de enfrente para crear un circuito-Y y otro elemento más de conexión  $\Delta$  para crear un circuito en  $\Delta$  en la segunda posición de conmutación unido de mediante un interruptor con el cableado del motor. En este caso hay colocados en ambos lados de contacto del motor sobre todo tres elementos de conexión para el funcionamiento de emergencia, dos elementos de cambio-Y diseñados para el funcionamiento en estrella alterno, a través de un inversor, y un interruptor en  $\Delta$  para el funcionamiento del motor en triángulo. En el marco de esta lógica de control de mayor relevancia, se podrá, por ejemplo, iniciar el motor en un funcionamiento de emergencia mantener un circuito en estrella, aunque tras alcanzar un determinado número de revoluciones nominal se pueda cambiar a un circuito en triángulo, para alcanzar según la necesidad un elevado par de arranque o un elevado número de revoluciones nominales. De esta forma se pueden combinar las ventajas clásicas de un circuito de emergencia en estrella con las cualidades ventajosas del funcionamiento de un inversor doble.

15

20

En una evolución favorable de la invención, como mínimo uno de los elementos de conexión, sobre todo un elemento de conexión-Y, un elemento de conexión semiconductor, sobre todo un elemento de conexión semiconductor en estrella. Por lo general, los elementos de conexión podrán estar contruidos según voluntad, por ejemplo como apoyos electromecánicos tripolares o multipolares. Los interruptores podrán sobre todo, en la segunda posición de conmutación en funcionamiento de emergencia, separar los inversores inactivos o averiados del cableado del motor para presentar así un mínimo de seis contactos de conmutación. Sin embargo también se da la posibilidad, sobre todo en casos de elementos de conexión-Y que tienen la tarea de cortocircuitar el cableado del motor de un lado de contacto, aunque también en un elemento de conexión  $\Delta$ , elemento de conexión libre o un elemento de conexión de desacople, ejecutar este como elemento de conexión semiconductor sin necesidad de inspección. De esta forma, el elemento de cambio semiconductor podrá incluir un puente rectificador, que pueda igualar las corrientes con el cableado del motor y presenta un elemento de conexión tiristor, que mediante la activación del tiristor, cortocircuita el voltaje DC paralelo entre el cableado del motor de un lado de contacto, realizando así un cortocircuito del cableado del motor. Como alternativa también se puede usar una combinación de puente rectificador y elementos de conexión transistor, un circuito de anti-paralelo, una conexión en serio de diodos y transistores o un elemento de conexión -triac o elementos de conexión semiconductores de mismo nivel. Utilizando un elemento de conexión semiconductor se puede remediar el desgaste mecánico del elemento de conexión, así como una gran capacidad de resistencia mecánica, evitar chispazos de conexión y asegurar una larga vida útil en caso de costes y mantenimiento bajo.

25

30

35

40

Siguiendo una evolución ventajosa se podrá conectar cada inversor con un propio rectificador de corriente con circuito intermedio-DC para formar una instalación de inversión independiente, y se prioriza que ambos circuitos intermedios-DC de las instalaciones de inversión también estén conectados. Es sobre todo en la conexión de los circuitos intermedios-DC donde se puede establecer un elemento de conexión a una conexión conmutable o en caso de avería a un

desacople. Suele bastar con programar un único inversor que esté a disposición de un circuito intermedio-DC y al que están conectados ambos inversores para asegurar así un voltaje PWM conmutado por fases a raíz del circuito intermedio-DC Sin embargo y según los estándares, en el mercado se ofrecen instalaciones de inversión que ya incluyen un rectificador de corriente con circuito intermedio-DC y un inversor. Proponemos aquí, recurrir a dos instalaciones de inversores presentes en el mercado para aplicar corriente sobre el motor de corriente trifásica, y además cada instalación de inversión dispondrá de un rectificador de corriente separado y con circuito intermedio-DC. Para asegurar un flujo de corriente en ambos sistemas de inversión, se podrá conectar de manera conmutable uno, preferiblemente ambos potenciales del circuito intermedio-DC de ambas instalaciones de inversión, para asegurar una disposición paralela del voltaje del circuito intermedio DC durante un funcionamiento normal y para asegurar también un circuito eléctrico cerrado y una mayor seguridad de fallo mediante un circuito intermedio DC redundante. Así, en caso de emergencia, se podrá apagar primero el puente rectificador, para que un solo puente rectificador pueda aplicar voltaje a ambos inversores de ambas instalaciones de inversión. Si el voltaje presente no bastase o hubiese fallado un inversor, se puede activar el funcionamiento de emergencia a través del cambio de un elemento de conexión a un segundo estado de conmutación, por ejemplo aplicando corriente al motor solo con una instalación de convertidor a través de conexiones en estrella o triángulo. Utilizando instalaciones de inversión que sigan los estándares se pueden reducir notablemente los costes para realizar el circuito del motor que funcione en situaciones de emergencia.

Siguiendo con el ejemplo de realización anterior, también puede ser ventajoso unir ambas instalaciones de inversión con fines de sincronización, a través de un cable de mando de sincronización. Mediante el cable de mando de sincronización, que se aplique por ejemplo en un sistema de bus de campo, se podrá configurar una instalación de inversor-maestro y una segunda instalación de inversor-esclavo, que ponga a disposición de la instalación de inversión –esclavo la frecuencia de la instalación de inversión-maestro para generar señales PWM y asegurar así un funcionamiento correcto del motor. A través del cable de mando de comunicación se podrán transmitir por ejemplo, datos de conmutación PWM, frecuencia de conmutación, datos de fases de conmutación para una sincronización de la frecuencia de conmutación, ángulo de giro del rotor, parámetros de regulación orientados al campo, datos de control vectorial y representación fasorial de rotores y/o campos magnéticos estator, información de fases y frecuencia etc. entre inversores o sus medios de control. Por lo demás, se puede parametrizar la tensión de alimentación o parar la resistencia de frenado del umbral de conexión de forma sincronizada. El cable de mando de comunicación se puede ejecutar de forma digital como bus de campo y mostrar, por ejemplo, la activación de un funcionamiento de emergencia en caso de avería en el voltaje del circuito intermedio de una instalación de inversión, o demás fallos.

Por lo demás, se puede llevar a cabo con ambas instalaciones de inversión una regulación de componentes-corriente cero. Esta corriente cero se dará, cuando la suma de las tres corrientes del motor no sea cero. Esto no es deseable, ya que lleva a pérdidas no deseables en el motor y los inversores, y puede llegar a generar variaciones en el par de arranque. Entre los motivos de esta corriente cero, se encuentran asimetrías parasitarias de ambos inversores, por ejemplo por diferente tensión directa, diferentes tiempos de conmutación en los semiconductores o fallos de medición en los sensores de electricidad, que acaban teniendo efecto sobre el valor actual a través de la regulación de la corriente. Para reducir la corriente eléctrica o el consumo energético se puede minimizar la corriente cero, poniendo en marcha los sistemas de regulación correspondientes.

De manera alternativa o adicional, una de las instalaciones de inversión, preferiblemente ambas, pueden contener un sensor de ángulo de rotación, velocidad de rotación o sensor similar, que pueda determinar el ángulo de rotación del cableado del motor de accionamiento. Con ayuda del sensor del ángulo de rotación, se puede ajustar por ejemplo la orientación de campo. Si ambas instalaciones de inversión cuentan con un sensores de ángulo de rotación, podrán, en

caso de avería del sensor de ángulo de rotación de una instalación de inversión recurrir a los datos del sensor de ángulo de rotación de la segunda instalación de inversión para su manejo, aunque los datos correspondientes al sensor, también pueden ser intercambiados por el cable de mando de comunicación. Así se alcanza una mayor redundancia en la determinación sensorial del motor de corriente trifásica.

5

Siguiendo otro ejemplo de construcción ventajoso, se puede conectar ambas instalaciones de inversión a través de un transformador de alimentación doble y secundario a una red de abastecimiento, en la que ambos circuitos intermedios estén conectados por lo menos de forma conmutable. Así, el uso de dos instalaciones de inversión, asegura el abastecimiento de ambas instalaciones de inversión con dos bobinas de transformador secundarias, independientes y separadas eléctricamente, para que en caso de avería de un sistema de bobinas de alta tensión, quede asegurado el funcionamiento de, como mínimo, un sistema de emergencia con el sistema de alta tensión restante y un inversor. El transformador de aislamiento presenta por ejemplo una configuración de bobinas Yyd, Dyd o Dyz, es decir, el lado primario se ejecutará en una primera configuración de conmutación de tres fases y conectada a una red de abastecimiento, y las dos bobinas de alta tensión se ejecutarán en una segunda y tercera configuración de conmutación diferente, de estrella, triángulo o Zig-Zag. Lo realmente importante es que las bobinas secundarias presenten un desfase de 30°, como suele darse en los correctores de corriente B12. Aquí cabe la posibilidad, de recurrir a un transformador de alimentación-Yyd, que incluya en el lado de la red primaria bobinas de transformadores con forma de estrella y en el lado secundario bobinas de transformadores con forma de estrella y triángulo para abastecer ambas instalaciones de inversión. Mediante el transformador de aislamiento se puede interceptar de forma redundante una avería en la bobina secundaria lateral. Además, el transformador de aislamiento doble del lado secundario, presenta una baja incidencia en interferencias retroactivas de alta frecuencia sobre la red, y las corrientes armónicas de baja frecuencia se reducen notablemente, mediante lo que se puede reducir la cantidad de interferencias-THD (Total Harmonic Distortion) del motor de accionamiento, sobre todo en un ambiente sensible a fallos en la red, ya que las fases de la red quedan desplazadas las unas de las otras y debido a la alta inductividad los armónicos son alisados. Los circuitos intermedios de ambas instalaciones de inversión deben estar conectados para el funcionamiento de los inversores dobles y asegurar así un flujo de corriente entre ambos inversores. En caso de avería se puede activar esta conexión para evitar corrientes de corto circuito, para ello se puede colocar un elemento de conexión de desacoplamiento entre ambos circuitos de voltaje continuo. Estos efectos retroactivos de red reducidos aparecen sobre todo en motores de accionamiento en lugares de sensibilidad eléctrica.

10

15

20

25

30

Siguiendo otro ejemplo de aplicación ventajosa, se podrá conectar la unidad de regulación de corriente-cero con ambos inversores y así poder regular de manera mínima durante el funcionamiento ordinario la corriente cero a través del cableado del motor. Las unidades de regulación de la corriente-cero pueden compensar mayoritariamente estas asimetrías parasitarias a través del manejo de ambos inversores. Así, la unidad de regulación de la corriente-cero puede minimizar el consumo eléctrico y así el rendimiento y aumentar la vida útil del rendimiento de los dispositivos semiconductores.

35

En consonancia con una configuración ventajosa de la inversión, vemos que como mínimo uno de los circuitos intermedio-DC tendrá un almacenador de energía para emergencias, sobre todo un acumulador o un condensador de gran capacidad, como mínimo conmutable y/o conectado al suministro de red del circuito intermedio en caso de avería de la corriente de voltaje continuo. Así, como mínimo el circuito intermedio-DC de un inversor podrá estar conectado con un almacenador de energía para casos de emergencia-DC como mínimo conmutable, y así en caso de avería de la red de alimentación o del puente rectificador podrán realizar un funcionamiento de emergencia controlado, combinado con la segunda posición de conmutación del elemento de conexión. Son sobre todo los dos circuitos intermedios los

40

que pueden ser abastecidos de manera independiente y separada a través de dos o más elementos de conexión de emergencia, conmutables a través del almacenador de energía en caso de emergencia-DC. En este caso, ambos circuitos intermedios debería ser conmutables, siempre que haya una unión galvánica de ambos circuitos intermedios, a través de un elemento de conexión de desacople, y en el funcionamiento de emergencia un inversor dobles así como  
 5 inversor simple, , en el que como mínimo el funcionamiento de un inversor simple, pueda ser capaz de frenar una corriente eléctrica no deseada entre ambos circuitos intermedios. El almacenador de energía DC para caso de emergencia también puede estar conectado, a través de un semiconductor de desacople como como ejemplo un diodo de desacople o un diac de desacople u otros elementos de conexión semiconductores, al circuito intermedio con o sin  
 10 elementos de conexión para emergencias, para alcanzar una corriente eléctrica controlada y evitar problemas retroactivos no deseados sobre el almacenador de energía. Además cabe la posibilidad de integrar una combinación de elementos semiconductores de desacople y elementos de conexión de desacople. El almacenador de energía para casos de emergencia puede recoger la energía generadora del circuito intermedio y estabilizar así el voltaje del circuito intermedio. La consecuencia es que en caso de avería completa en la red, el puente rectificador y/o un inversor podrán asegurar el funcionamiento a través del almacenador de energía DC para casos de emergencia y como mínimo un  
 15 único inversor, para poder colocar la pala del rotor de una planta de energía eólica en posición de bandera.

Como alternativa o forma adicional, se puede desacoplar de manera conmutable cada instalación de inversión mediante un elemento de conexión de desacople de la red de alimentación. Sobre todo el rectificador de corriente puede estar unido de forma conmutable con la red de energía o el transformador de alimentación, para lograr una división en caso  
 20 de funcionamiento de emergencia, para evitar que los cortocircuitos internos de los elementos semiconductores de las instalaciones de inversión, de los rectificadores de corriente o inversores lleven a sobrecargas en la red y por consiguiente a la avería total del sistema de accionamiento. Utilizando elementos de conexión de desacople de los inversores en el extremo del motor y el extremo de la red, se alcanza un nivel máximo en cuanto a flexibilidad y seguridad de avería, aunque durante el funcionamiento también sea posible una reparación o cambio de la instalación  
 25 de inversión.

En otra situación, esta invención propone incluir en las plantas de energía hidráulica y eólica un motor de accionamiento-Pitch que incluya un motor de corriente trifásica, al que se le pueda aplicar corriente a través de un motor de accionamiento, siguiendo el ejemplo descrito. De manera que se propone un plante de energía con un cableado de  
 30 accionamiento Pitch en el que uno de los circuitos de accionamiento del motor propuestos arriba, sea utilizado para el funcionamiento del motor. Así se alcanzará una elevada redundancia en la electrónica de control y una baja probabilidad de avería, así como una mayor potencia, reduciendo así notablemente la probabilidad de fallo en el motor.

En otra de las situaciones, se propone un procedimiento para el funcionamiento del motor de accionamiento-Pitch, en el  
 35 que durante un funcionamiento normal en una primera posición de conmutación del elemento de conexión, se le aplique corriente al cableado del motor del motor de corriente trifásica a través de ambos inversores. Si ocurriese una situación de emergencia, sobre todo una avería de un inversor o una instalación para inversor, se cambiara el elemento de conexión a una segunda posición de conmutación, aunque el motor de corriente trifásica pueda seguir funcionando mediante el inversor restante. El procedimiento operativo es de procedimiento ordinario, que equivale al funcionamiento  
 40 del inversor doble y presenta las mismas ventajas. En caso de avería de la instalación del inversor, por ejemplo en caso de fallo en la res de la rama que afecta al inversor, fallo en el rectificador de corriente, del inversor o el circuito intermedio DC, se podrá cambiar a través de un interruptor a un funcionamiento de emergencia, en el que favorablemente los fallos del inversor o la instalación del inversor quedarán desacoplados, pudiendo llevar a cabo el funcionamiento de emergencia con el inversor o la instalación del inversor restante. El funcionamiento de emergencia

puede presentarse con una conexión en estrella o triángulo, aunque también se pueda cambiar entre conexión en estrella y triángulo en la fase inicial, de forma que a una baja revolución o par motor se pueda mantener también un funcionamiento de emergencia.

5 En una ejecución favorable del procedimiento, se podrá realizar un cambio entre funcionamiento ordinario y funcionamiento de emergencia independientemente de si hay una pérdida de potencia del motor de corriente trifásica, avería o caída en el voltaje del circuito intermedio DC o una falta de sincronización en el voltaje de salida del inversor. Para detectar un funcionamiento de emergencia, se puede recurrir de forma indirecta a la potencia del motor o número de revoluciones del motor de corriente trifásica, además se podrá tener en cuenta la magnitud eléctrica, como por  
10 ejemplo a través de la vigilancia del voltaje del circuito intermedio DC, del voltaje sincronizado y complementario PWM de ambas instalaciones de inversión o el voltaje de la red, aunque en caso de haber una desviación del valor estimativo se podrá activar el funcionamiento de emergencia y este se activará mediante el desacople de una instalación de inversor o cambiando el interruptor a la segunda fase de conmutación. Así se podrá alcanzar una vigilancia automatizada entre el funcionamiento ordinario y el funcionamiento de emergencia, aunque un aviso de avería que  
15 aparezca al cambiar al funcionamiento de emergencia, se pueda desviar a una situación que quede supeditada.

Siguiendo otro ejemplo favorable del procedimiento, vemos que en el caso de inversores o instalaciones de inversión intactos, se podrá ejecutar durante un amplio periodo de tiempo un funcionamiento de emergencia alternante utilizando por turnos los inversores o las instalaciones de inversión, sobre todo durante intervalos de tiempo predeterminados o  
20 durante fases de accionamiento predeterminadas o detectables. Para aumentar la potencia de accionamiento, se podrá cambiar si es necesario a un funcionamiento ordinario, sobre todo en determinadas fases de accionamiento. Lo que este procedimiento propone, es un "Funcionamiento Semi-normal" mediante una aplicación de corriente alternante o la aplicación de corriente general del motor de corriente trifásica con un solo inversor. Así, se protege el segundo inversor, es decir, que alternando la aplicación de corriente durante largos periodos de tiempo vemos que ambos inversores  
25 quedarán igual de expuestos, por lo que la vida útil del motor de accionamiento se duplica. Si se necesitase una mayor potencia o un mayor número de revoluciones en algunos casos o fases de arranque, se podrá cambiar a un funcionamiento con inversor doble, que con anterioridad era el funcionamiento ordinario, pudiendo alcanzar así un funcionamiento Semi-normal, cargando poco el motor y con un funcionamiento del motor de alta potencia usando las funciones del inversor doble. De esta forma se alcanzará la máxima flexibilidad, redundancia y seguridad del motor de  
30 accionamiento así como una potencia del motor de accionamiento adaptada a las necesidades.

**DIBUJOS**

De las descripciones de dibujo aquí presentes, se pueden observar otras ventajas. En el dibujo se recogen ejemplos de ejecución de la invención. El dibujo, la descripción y los requisitos necesarios, contienen un gran número de características combinadas. El experto será capaz de observar estas y observarlas de manera individual y combinarlas nuevamente para lograr su fin.

Se muestra:

- Fig.1: Motor de accionamiento con convertidos, de estado técnico actual;
- 10 Fig.2: Dos motores-Pitch redundantes, de estado técnico actual;
- Fig.3: Un primer ejemplo de diseño de un motor de accionamiento Pitch según la invención;
- Fig.4: Un segundo ejemplo de diseño de un motor de accionamiento Pitch según la invención;
- Fig.5: Otro ejemplo de diseño de un motor de accionamiento Pitch según la invención;
- Fig.6: Diseño de motor de accionamiento Pitch con interruptores semiconductores;
- 15 Fig.7: Interruptores semiconductores para usar en un diseño del motor de accionamiento Pitch según esta invención;
- Fig.8: Un ejemplo de diseño de un motor de accionamiento Pitch con acople a transformador;
- Fig.9: Planta de energía eólica con sistema de accionamiento Pitch en funcionamiento de emergencia, utilizado en un ejemplo de diseño de un motor de accionamiento Pitch.
  
- 20 En las figuras, los componentes iguales o de mismo tipo llevan el mismo signo de referencia.

La figura 1 muestra una instalación de inversión 10, del estado técnico actual para aplicar corriente a un motor de corriente trifásica de accionamiento Pitch 38, cuyo cableado del motor 30 están conectados en conexión de estrella. La instalación de inversión 10 está conectada a una red de alimentación 12(Power grid) en tres fases, aunque estas tres fases son cambiadas a red de corriente continua a través de un corrector de red 14 contenido en una instalación de inversión 10 mediante un puente rectificador de diodos 22, y que a su vez es abastecido mediante un circuito intermedio DC 18 con inversor 16 de voltaje continuo. Para estabilizar el voltaje continuo DC, se pueden activar una o varias capacidades del circuito intermedio 24 del circuito intermedio 18, que almacenen la energía DC, es decir, que recojan la energía regenerativa y allanen los armónicos del voltaje continuo DC. El inversor 16 engloba tres elementos de conexión de puentes de potencia semiconductores, que tengan dos interruptores de potencia semiconductores 26, por ejemplo IGBT, MOSTEF o transistores IGGT para formar voltaje de salida PWM(Pulse Width Modulation). Los interruptores de potencia semiconductores 26 alimentan el voltaje del puente rectificador DC como voltaje PWM mediante e cableado del motor del motor de corriente trifásica 20. En rueda libre, los interruptores del inversor 26 Diodos 28 quedan conectados en paralelo, para poder alcanzar una vida útil más larga y una protección ante picos de tensión inductivos. Una lógica del control del motor(no representada) ocupa a los seis interruptores del inversor 26 de tal forma que se pueda alcanzar un número deseado de revoluciones/par del motor, del motor de corriente trifásica 20, conmutando las corrientes del cableado. El control del motor puede incluir sensores de electricidad y corriente o sensores de revoluciones, ángulo de revolución o momento de torsión, para así poder generar señales PWM necesarias y así crear el comportamiento de accionamiento requerido por el motor de corriente trifásica 20. El motor de corriente trifásica 20 en circuito-V dispone de un único lado de contacto, al que se pueden conectar unilateralmente y desde fuera los tres cableados del motor 30. En caso de avería en la red de abastecimiento 12, del puente rectificador 14, cortocircuito en la capacidad del circuito intermedio 24, del circuito intermedio 18, interruptor de un inversor 26 o el inversor 16, se llegará a una avería total del motor. Por lo general, los motores de corriente trifásica 20 cuentan con un equipamiento robusto, hay bastante más probabilidad de avería en el motor de accionamiento que de una avería

mecánica del motor. Por eso se prevé una redundancia sobre todo los cableados del motor con relevancia en seguridad, como se presenta en la figura 2 por ejemplo.

Fig.2 a muestra un sistema de accionamiento del motor 34 redundante y completo, con dos motores separados, aunque cada uno de los motores cuenta con un motor de corriente trifásica 38 y un inversor 13. El inversor 13 contiene un rectificador de corriente 14 y un inversor 16. Saliendo de la red de alimentación 12 vemos los dos motores conectados eléctricamente de forma paralela, los motores 38 están acoplados mecánicamente a través de un acoplamiento mecánico 42 e impulsan la carga mecánica juntos. En caso de avería del motor se podrá realizar la función necesaria a través del segundo cableado del motor con una potencia del 50%. Los costes para este tipo de redundancia del cableado del motor duplican a los de un único motor, de forma que este tipo de sistemas redundantes solo se ejercerá en contadas ocasiones en las que se necesite una elevada disponibilidad.

Como alternativa, vemos en Fig.2b, otro sistema de motor redundante 36, en el que sólo el motor de accionamiento queda expuesto de forma redundante y ambos motores de accionamiento parciales estén conectados a un único motor de corriente trifásica 38. Cada motor de accionamiento parcial contiene una instalación de inversor 13, en el que ambas instalaciones de inversión 13 estén conectadas de forma paralela entre la red de abastecimiento 12 y motor de corriente trifásica 38. Y se podrán acoplar a través de dos interruptores 40 concretos K11,K12 es decir K21,K22 a la red de abastecimiento 12 y el motor de corriente trifásica 38. En caso de avería de la instalación de inversión 13 se puede desacoplar esta de la red de abastecimiento 12 y del motor de corriente trifásica 38, pudiendo acoplar la segunda instalación de inversión 13, asegurando así un funcionamiento redundante libre de averías. Así se han llegado a duplicar los costes del sistema electrónico, sin embargo sabemos que los componentes mecánicos más caros del motor de corriente trifásica 38 serán combinados sencillamente, respecto al sistema del motor redundante presentado en la Fig. 2a. En ambas situaciones solo se puede alcanzar un funcionamiento del motor como el que se presenta en el sistema del motor de la Fig.1, pudiendo realizar sólo un funcionamiento del inversor sencillo, y así mantener la redundancia únicamente para un caso de emergencia.

La Fig.3 muestra un primer ejemplo de funcionamiento de un motor de accionamiento Pitch 50 según esta invención. El motor de accionamiento 50 se presenta para un funcionamiento de emergencia-Y, y se basa en el funcionamiento de un inversor doble de un motor de corriente trifásica 38. Dado que el motor 38 es un elemento de construcción robusta, presenta una probabilidad de avería reducida, pudiendo renunciar así a la redundancia del motor electromecánico. Las instalaciones de inversión 13-1, 13-2 son bastante más sensibles respecto a la influencia exterior, como por ejemplo exceso de voltaje en la red o rayos por lo que se les ve de forma crítica, aunque a través de un motor de accionamiento doble se da una redundancia de los dispositivos electrónicos. Ambas instalaciones de inversión 13-1 y 13-2 están conectadas paralelamente a la red de alimentación de la corriente trifásica 12. Cada instalación de inversión 13 contiene un rectificador de corriente 14, un circuito intermedio 18 con capacidad de circuito intermedio 24 y un inversor 16, que contiene tres puentes de conexión de inversión- El cableado del motor 30 del motor de corriente trifásica 38 tienen dos lados de contacto 76-1, 76-2 accesibles desde fuera, por lo que a cada cable del motor 30 se le puede aplicar corriente bilateralmente. Cada cable del motor 30 es conectado en cada lado de contacto 76 con el semi-puente de un inversor 16. De esta forma se da la funcionalidad del inversor doble para que un motor de corriente trifásica 38 pueda ser utilizado al sincronizar el funcionamiento de ambas instalaciones de inversión 13 con un elevado voltaje de tensión en comparación con la conexión en estrella ( $\sqrt{3}$ ), mediante lo que se puede aumentar el número de revoluciones. Es ventajoso que ambas instalaciones de inversión 13 se puedan sincronizar para alcanzar una modulación-PWM deseada, así como también es favorable que los circuitos intermedios estén conmutados como mínimo de manera eléctrica, para asegurar, por ejemplo, un flujo de corriente cerrado al acoplar el circuito completo a la red a través de un transformador.

Mediante el uso de dos instalaciones de inversión 13, el riesgo de avería aumenta en comparación al uso de una sola instalación de inversión 13, lo cual se muestra en la Fig.1. Para crear redundancia y asegurar una elevada seguridad en el funcionamiento, aún con dos instalaciones de inversión, se incluirá en un primer lado de contacto 76-1 un interruptor-Y 44 K2 para poder pasar así a una posición de conmutación cerrada en caso de avería de la instalación de inversión 1,3-1, alcanzando una conexión de estrella en el cableado del motor 30 en el primer lado de contacto 76-1, y un funcionamiento de la conexión de estrella en el motor 38 a través de una instalación de inversión 13-2. A esto equivale en el segundo lado de contacto 76-2 un segundo interruptor-Y 44-1, que en caso de avería de una instalación de inversión 13-2 se pueda cambiar a una segunda posición de conmutación, para facilitar el funcionamiento ordinario, en caso de funcionamiento de emergencia del motor en conexión de estrella, a través de una instalación de inversión 13-1.

De ahí que se sugiera un interruptor de inversor doble para un funcionamiento ordinario, en el que ambos interruptores 44-1 y 44-2 no estén en funcionamiento, y en caso de avería de una instalación para inversión 13-1 o 13-2 se pueda realizar una conexión de estrella para el funcionamiento de emergencia, para que la instalación de inversión restante 13 pueda seguir propulsando el motor 38.

En relación a esto, Fig.4 muestra un interruptor equivalente, como la Fig.3, aunque aquí el único interruptor 40 está hecho como interruptor  $\Delta$  46, que une el cableado del motor del primer lado de contacto 76-1 con el cableado del motor del segundo lado de contacto 76-2 de tal forma, que en una segunda posición de conmutación se pueda realizar una conexión en triángulo para un funcionamiento de emergencia. Así por ejemplo durante el funcionamiento de emergencia, el cable del motor-U del primer lado de contacto 76-1 quedará conectado con el cable-V del segundo lado de contacto 76-2, el cable-V del primer lado de contacto con el cable W del segundo lado de contacto y el cable-W del primer lado de contacto con el cable -U del segundo lado de contacto. Eso tiene por un lado la ventaja de la conexión en triángulo, en la que se puede alcanzar un elevado número de revoluciones nominal y por otra parte se podrá realizar un funcionamiento del motor 38 en triángulo, independientemente de si la instalación de inversión 13-1 o 13-2 fallan, cerrando el interruptor  $\Delta$  46. En comparación con la Fig.3, se realizará durante el funcionamiento de emergencia una conexión en triángulo en lugar de en estrella. De manera que no se requerirá una lógica que actúe por avería de una instalación de inversión 13 y que pueda activar el interruptor-Y 44 de la conexión en estrella para la instalación de inversión aún activa. Solo es necesario comprobar si una instalación de inversión 13 se ha averiado para activar la segunda posición de conmutación del interruptor de potencia 46, y comience el funcionamiento de emergencia.

Finalmente, la Fig.5 muestra una combinación de los circuitos de emergencia de las Fig.3 y Fig.4, para que en un interruptor-  $\Delta$  46 haya dos interruptores-Y 74-1 y 74-2 en cada lado de contacto correspondiente de los lados de contacto 76-1 y 76-2 del cableado del motor 30. Además, el cableado del motor 38 está conectado de forma conmutable con los inversores 16-1 y 16-2 a través de interruptores de desacople, para que en caso de avería de un inversor 16-1 o 16-2, el inversor averiado se pueda desacoplar del cableado del motor 38 de forma eléctrica. En este ejemplo de ejecución 54, el voltaje AC de la red de abastecimiento 12 es cambiado a un circuito intermedio 18 de voltaje continuo mediante un rectificador de corriente 14, en la que el voltaje DC del circuito intermedio 18 queda a disposición de ambos inversores 16-1 y 16-2. Así se asegura la redundancia de los inversores 16 aunque no la del puente rectificador 14. Frente a los ejemplos de ejecución de la Fig.3 y Fig.4, se puede reducir el número de elementos semiconductores y ahorrar costes. El funcionamiento de un inversor doble es posible y durante el funcionamiento de emergencia se puede cambiar de conexión en estrella, en el que se puede llegar a un elevado par de arranque, a una conexión en triángulo, en la que se puede llegar a un elevado número de revolución nominal.

Fig.6 muestra de forma esquemática un ejemplo de aplicación de un motor de accionamiento, en el que dos accesos a red 12 independientes están acoplados de manera conmutable, a través de interruptores de desacople 40 K31 y K32

respectivamente, a una instalación de inversión 13-1/13-2 para el abastecimiento de voltaje-AC. Las instalaciones de inversión 13 aplican corriente durante el funcionamiento ordinario el cableado del motor 30 del motor de corriente trifásica 38 en el funcionamiento doble. Para realizar una conexión en estrella para el funcionamiento de emergencia se utilizarán elementos de conexión semiconductores 56-1 y 56-2. Estos elementos semiconductores-estrella incluirán rectificadores de corriente 14 que igualen el voltaje del cableado de los cableados del motor 30 cortocircuitados, y un interruptor-tristor 74, que pueda cortocircuitar el voltaje rectificado. El tiempo de conmutación de un interruptor semiconductor 56 es notablemente más corto que el de un interruptor electromecánico, por ejemplo en un contactor, de forma que a una mayor velocidad se pueda cambiar a un funcionamiento de emergencia, por ejemplo durante un funcionamiento libre de averías. Por lo demás, los elementos del circuito semiconductores 22,74 prácticamente no requieren mantenimiento y producidos en masa más baratos que contactores. Para la sincronización de instalaciones de inversión 13-1 y 13-2 se prevé una línea de control de comunicación 60, que valiéndose de una base digital y utilizando un sistema de bus de campo, intercambia datos del proceso parametrizados entre ambas instalaciones de inversión, que puedan ser de utilidad por ejemplo al maestro y esclavo(master/slave). El maestro propone la frecuencia de modulación PWM y el ritmo, mientras que el esclavo genera señales PWM como complemento a esto. Avisos de fallo se pueden intercambiar a través de la línea de control de comunicación a través de ambas instalaciones de inversión 13. Además se puede llevar a cabo una método de corriente cero, en la que se pueden transferir los datos correspondientes a través de la línea de control de comunicación, para minimizar así la corriente cero. En el caso de avería de una instalación de inversor 13, la instalación de inversión restante 13 podrá activar el interruptor semiconductor en estrella 56 del lado de contacto de enfrente76 mediante la línea de control de emergencia 58, de forma que el punto de estrella correspondiente pueda ser cortocircuitado a través del interruptor-tiristor. El motor de accionamiento trabaja sin componentes electromecánicos por lo que tienen una vida útil especialmente larga. Puede llevar a cabo mientras funciona un cambio de inversor doble en funcionamiento ordinario a conexión en estrella en funcionamiento de emergencia.

La Fig.7 muestra varios ejemplos de ejecución de interruptores semiconductores 56, que pueden ser usados en un motor de accionamiento 50,52 o 54: Fig.7 muestra un interruptor-Y 44, con un contactor electromecánico, para poder cortocircuitar los tres cableados de fase 30 con un lado de contacto 76. Debajo encontramos la ya discutida en Fig.6 elementos de conexión semiconductores 56, que contienen un puente rectificador 14, aunque el camino de las corrientes continuas puede ser cortocircuitado mediante un interruptor-tristor 74. De esta forma se puede crear un interruptor-Y 44 de con una larga vida útil y libre de mantenimiento.

La Fig. 7b muestra otros ejemplos alternativos de interruptores semiconductores bidireccionales 56, que sirven para un funcionamiento unipolar, aunque en un funcionamiento trifásico se pueden usar tres interruptores paralelos 56. Tradicionalmente, un interruptor 40 consta de un contactor electromecánico, que a su vez contiene uno o varios contactos de conmutación y así poder establecer una conexión conmutable entre los lados de contacto a y b. Como alternativa, un interruptor semiconductor 56 podrá contener un puente rectificador con cuatro diodos 22, así como un interruptor transistor 75, en el que el este puede establecer una conexión de forma análoga al interruptor 56 de la Fig.2a entre ambos caminos de voltaje continuo, para generar así una corriente alterna conmutable a través de puentes rectificadores. Además, en otra forma de ejecución alternativa, dos diodos 22 anti-paralelos conmutables pueden estar conmutados en fila con elemento de conexión –transistor 75 para así poder formar un interruptor semiconductor de corriente alterna 56 entre los lados de contacto a y b. Finalmente también se puede realizar un interruptor anti-paralelo de dos elementos de conexión tiristor 75 para generar un interruptor semiconductor 56, esto corresponde a las bases de un circuito triac. Además se pueden idear otras combinaciones para un interruptor semiconductor bidireccional 56 para poder alcanzar un funcionamiento del circuito rápido, libre de mantenimiento en condiciones de dificultad mecánica en

## ES 2 539 536 T3

una planta energética, en la que pueden aparecer elevadas fuerzas de aceleración. No se generan chispazos por lo que los interruptores semiconductores 56 son idóneos para zonas no protegidas.

La Fig.8 muestra otro ejemplo de aplicación de un motor de accionamiento 50 para los tres cableados del motor 30 de un motor de corriente trifásica 38 de un motor de accionamiento Pitch. La red de abastecimiento 12 está conectada a dos instalaciones de inversión 13-1 y 13-2 mediante un transformador de aislamiento-Vyd 62. Debido al transformador Vyd 62 se puede realizar una rectificación de la corriente-12P, en la que no se den los armónicos de la 5ª y 7ª frecuencia de red, reduciendo así el número de interferencias –THD (Total Harmonic Distortion)

Los circuitos intermedios 18-1 y 18-2 de ambas instalaciones de inversión 13-1 y 13-2 están conectados de forma eléctrica, en la que el almacenador de energía de emergencia-DC 68 tiene por ejemplo una batería de alta capacidad, es decir una batería o un condensador conmutable a través de un interruptor de emergencia 70 y un diodo de desacople 22 que pueda alimentar energéticamente al circuito intermedio 18, para que en caso de avería, por ejemplo, del transformador de red 62 o de la red de abastecimiento 12, se pueda asegurar durante por lo menos un corto periodo de tiempo el funcionamiento de emergencia del motor 38 o de una instalación de inversión doble. El almacenador de energía para caso de emergencia 68 puede recibir energía generadora del motor 38, o cargarse mediante el voltaje del circuito intermedio, siempre que sea posible un flujo de corriente retroactiva del circuito intermedio al almacenador de energía para caso de emergencia 68. Esto se podrá alcanzar, por ejemplo, mediante un desacople activo o circuito de carga y/o a través del elemento semiconductor de desacople. El acople del almacenador de energía para caso de emergencia 68 a los circuitos intermedios 18-1 y 18-2 puede prescindir también de un interruptor de energía para emergencia 70, pudiendo realizarse mediante semiconductores de desacople, por ejemplo de uno o varios diodos de desacople 22 o diacs de desacople. Por lo demás, también se puede abastecer ambos circuitos intermedios 18-1, 18-2 separados e independientes el uno del otro, a través de dos interruptores de energía para emergencia 70 del almacenador de energía para emergencia 68, en este caso es ventajoso incluir un segundo interruptor de desacople 48 en la conexión de ambos circuitos intermedios 18-1,18-2.

Los inversores 16-1 y 16-2 pueden aplicar corriente a ambos cableados del motor 30 mediante el funcionamiento del inversor doble, y en caso de avería de una instalación de inversión se podrá llevar a cabo un funcionamiento de emergencia de conexión en estrella mediante la instalación de inversión restante 13 conmutando un inversor-Y 40, 49.

Los interruptores-Y 49 son interruptores de tres polos o seis polos, aunque mediante la conmutación se produzca un desacople del inversor averiado 16 y al mismo tiempo una conexión de estrella en el cableado del motor 30. Así se pueden ahorrar interruptores de desacople separados 48 y llevar a una conexión de estrella en posición de reposo del inversor-Y 49, logrando una mayor seguridad, mediante el desacople del cableado del motor 30 en posición de reposo o cuando acontezca un defecto. Ambos inversores 16-1 y 16-2 contienen frenos chopper 66 que pueden adquirir la energía generadora del motor 38 para no sobrecargar al circuito intermedio 18. Para un mayor rendimiento, ambos frenos chopper 16-1 y 16-2 pueden conmutarse de forma alternante y en caso de avería de uno de los frenos chopper 16 se puede seguir manteniendo el funcionamiento gracias al freno chopper restante. Cada instalación de inversión 13-1 y 13-2 contiene como mínimo un sensor de ángulo de revoluciones mecánico 64-1 y 64-2, que se ubica en el cableado del motor 72, para poder alcanzar el ángulo de revoluciones del motor adecuado a la fase del circuito-PWM. Una de las dos instalaciones de inversión 13-1, 13-2 trabaja como maestro (master) y puede coordinar un funcionamiento como esclavo (slave) de inversión doble sincronizado con la otra instalación de inversión 13 mediante el mando de control de comunicación.

Finalmente, la Fig.9 muestra una planta de energía eólica 80, en la que hay una góndola 84 sobre un poste 82, y en la góndola 84 un eje de rotor 86 giratorio, al final de este tres palas de rotor 88 ordenados de forma radial. Para el control de las revoluciones y absorción energética de la planta de energía eólica 80, se puede manejar el ángulo de ataque (Pitch) 90 de las palas del rotor 88 mediante un sistema de accionamiento Pitch 92. Para esto se establecerá en la raíz

5 de cada pala de rotor 88 un sistema de accionamiento Pitch 92, que incluya un motor de corriente trifásica para manejar el ángulo de ataque. En los ejemplos de aplicación de motores de accionamiento Pitch anteriores, se logra el manejo del ángulo de ataque ante corrientes de viento, presentando el sistema de inversión doble una gran capacidad de potencia del motor 38, logrando así un ajuste del Pitch incluso en casos de enormes cargas de viento y una alta velocidad. En caso de avería de una instalación de inversión 13, será posible mantener el funcionamiento de

10 emergencia cambiando a la segunda posición de conmutación y asegurando, por ejemplo, la posición de la veleta. Se propone un dispositivo de motor Pitch 92, que alcance una gran eficiencia y potencia, en el que sea posible asegurar la activación de un funcionamiento de emergencia en caso de siniestro, con un motor tanto de estrella como de triángulo con un número elevado de revoluciones /un elevado par motor.

15 El motor de accionamiento de esta invención utiliza un circuito de inversor doble, que tiene como mínimo un interruptor añadido para poder asegurar una conexión de estrella o triángulo durante el funcionamiento de emergencia con la única instalación de inversión restante. En este caso será posible realizar durante el funcionamiento de emergencia tanto una conexión de estrella, en el que se puede alcanzar el par motor completo a un número reducido de revoluciones máximas, así como una conexión de triángulo que facilita un número de revoluciones máximo cuando se da un par de

20 motor reducido. Para la conexión en triángulo solo se requerirá un único interruptor para el funcionamiento de emergencia. Al ser un motor de corriente trifásica se puede utilizar un motor estándar en el que los seis cableados del motor estén conducidos hacia fuera, siendo esto algo básico de los motores asíncrono y también posible en los motores síncrono. Dado que se utilizan don instalaciones de inversión, se pueden utilizar sus encoder o la valoración de estos con fines de redundancia. Es posible una alimentación del circuito intermedio a través del almacenador de energía de

25 emergencia. Se pueden acoplar los circuitos intermedios de ambas instalaciones de inversión, para seguir asegurando en caso de avería de un inversor, el funcionamiento de inversión doble. A diferencia de funcionamiento ordinario de inversión doble, durante el funcionamiento de emergencia se puede activar para el funcionamiento del motor, durante un determinado periodo de tiempo una instalación de inversión y durante otro periodo de tiempo la otra instalación de inversión con conexión de estrella o triángulo, alargando de esta forma la vida útil del motor de accionamiento. En

30 determinadas fases en las que se requiere una elevada potencia, se puede conmutar el funcionamiento de inversión doble. Esto es una gran ventaja sobre todo para plantas de energía eólica, ya que el motor Pitch no suelen necesitar altas revoluciones ni elevada potencia, de manera que durante días o semanas las instalaciones de inversión pueden funcionar de forma alternante. Mediante la comunicación de datos de ambas instalaciones de inversión, se puede alcanzar una minimización de corriente cero. Habiendo interruptores para la conexión tanto en estrella como en

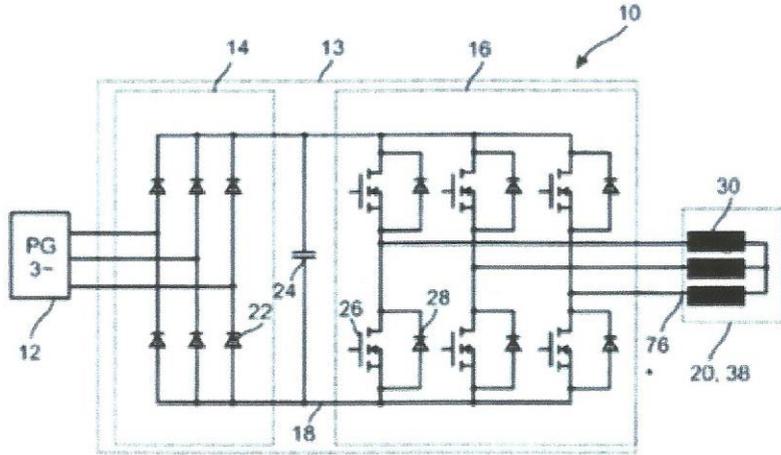
35 triángulo, se podrá cambiar a un circuito básico durante el funcionamiento de emergencia. Incluso basta un único interruptor durante el funcionamiento de emergencia con conexión en estrella, si se pudiese asegurar que una instalación de inversión seguiría funcionando, sobre todo si se presenta de forma robusta o con instalación redundante. Mediante una línea de control de comunicación entre ambas instalaciones de inversión se pueden intercambiar avisos de avería, informaciones de corriente cero así como información de sincronización, logrando de esta forma un

40 funcionamiento eficiente del inversor doble.

**REIVINDICACIONES**

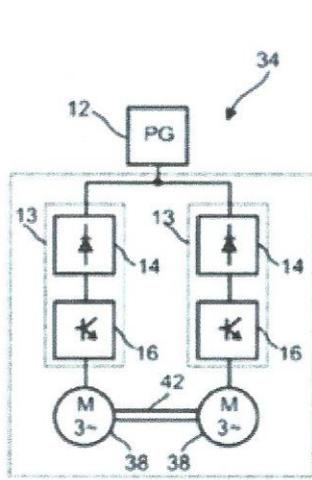
1. Motores de accionamiento Pitch para situaciones de emergencia(50, 52, 54) para una planta de energía eólica o hidráulica (80), como mínimo con un rectificador de corriente (14), un circuito intermedio –DC (18) un primer inversor (16, 16-1) y un motor de corriente trifásica- Pitch (38) con cableados de motor que se puedan conectar bilateralmente (30), en el que el primer lado de contacto (76-1) del cableado del motor (30) esté conectado con el primer inversor (76-1) y el segundo lado de contacto (76-2) del cableado del motor (30) conectado con un segundo inversor (16, 16-2), y como mínimo un interruptor (40, 44, 46) conectado con un lado de contacto (76) del cableado del motor (30) de manera que durante el funcionamiento ordinario de un primer estado de conmutación del interruptor (40, 44, 46) se pueda aplicar corriente al cableado del motor (30) ambos inversores (16, 16-1, 16-2), y en caso de funcionamiento de emergencia en un segundo estado de conmutación del interruptor (40, 44, 46) se aplique corriente al cableado del motor (30) a través de un único inversor (16, 16-1, 16-2), caracterizado por que cada inversor (16, 16-1, 16-2) está conectado con un rectificador de corriente (14-1, 14-2) con circuito intermedio DC (18, 18-1, 18-2) para así crear una instalación de inversión independiente (13, 13-1, 13-2), y cada instalación de inversión (13, 13-1, 13-2) está conectada de forma conmutable a una red de abastecimiento (12) a través de un interruptor de desacople(40, 48) y cada inversor (16, 16-1, 16-2) está conectado de forma conmutable al cableado del motor (30) de un lado de contacto (76) mediante un interruptor de desacople (40, 48) y ambos inversores (16, 16-1, 16-2) conectados con un freno chopper (66).
2. Circuito según reivindicación 1, se caracteriza por que en un segundo estado de conmutación del interruptor (40, 44) un lado de contacto (76) del cableado del motor (30) se pueda cortocircuitar para formar un circuito en-Y, se prefiere que cada lado de contacto (76-1, 76-2) esté conectado con un interruptor (40, 44-1, 44-2).
3. Circuito según reivindicación 1, se caracteriza por que en un segundo estado de conmutación del interruptor(40, 46)ambos lados de contacto (76-1, 76-2) del cableado del motor (30) se puedan conectar para formar una conexión en  $\Delta$  .
4. Circuito según reivindicación 2 y 3, caracterizados por como mínimo un, aunque preferiblemente dos interruptores en-Y (40, 44-1, 44-2) estén conectados en lados de contacto enfrentados (76-1, 76-2) para formar una conexión en Y, y otro interruptor  $\Delta$  (40, 46) para formar una conexión en  $\Delta$  en la segunda posición de conmutación, y conectado con el cableado del motor (30).
5. Circuito según reivindicación 2 y 3 caracterizado por que como mínimo un interruptor (40, 44, 46) sea un interruptor semiconductor (56).
- 6 .Circuito según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que ambos circuitos intermedios DC (18, 18-1, 18-2) de ambas instalaciones de inversión (13, 13-1, 13-2), están conectados uno con otro.
7. Circuito según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que ambas instalaciones de inversión (13, 13-1, 13-2 ) están conectadas a una red de alimentación (12) mediante un transformador de aislamiento secundario doble (62), en el que ambos circuitos intermedios (18, 18-1, 18-2) están conectados eléctricamente como mínimo de forma conmutable.

8. Circuito según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una unidad de corriente cero está conectada con ambos inversores (16, 16-1, 16-2), para minimizar la corriente cero a través del cableado del motor (30) durante un funcionamiento ordinario.
- 5 9. Circuito según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como mínimo un circuito intermedio-DC (18, 18-1, 18-2) tenga conectado un almacenador de energía para emergencia DC (68) conmutable como mínimo a la red de alimentación del circuito intermedio (18, 18-1, 18-2) en caso de avería de la red de abastecimiento de voltaje continuo.
- 10 10. Plantas de energía eólica o hidráulica (80) con un motor Pitch (92) para el ajuste de un ángulo pitch de como mínimo una pala de rotor, caracterizados por que el motor Pitch (92) contenga un motor de accionamiento Pitch (50, 52, 54) para situaciones de emergencia, siguiendo una de las reivindicaciones anteriores.
- 15 11. Procedimiento para el funcionamiento de un motor de accionamiento Pitch (50, 52, 54) siguiendo las reivindicaciones anteriores de la 1 a la 9, caracterizados por que en un funcionamiento ordinario en una primera posición de conmutación del interruptor (40, 44, 46), se le aplica corriente al cableado del motor (30) del motor de corriente trifásica (38) a través de ambos inversores (16, 16-1, 16-2); Y en caso de funcionamiento de emergencia, sobre todo en caso de avería del inversor (16, 16-1, 16-2) o una instalación de inversión (13, 13-1, 13-2) el interruptor(40, 46) cambiara a una segunda posición de conmutación, en el que el motor de corriente trifásica (38) sigue  
20 funcionando mediante el inversor restante (16, 16-1, 16-2).
12. Procedimiento siguiendo la reivindicación 11, caracterizado por que una inversión entre un funcionamiento ordinario y un funcionamiento de emergencia se realice con independencia de una pérdida de potencia del motor de corriente trifásica (38), una avería o bajada en el voltaje del circuito intermedio-DC o un voltaje de salida del inversor no  
25 sincronizado.
13. Procedimiento siguiendo la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que, en caso de inversores(16, 16-1, 16-2) o instalaciones de inversión(13, 13-1, 13-2) intactas, se realice un funcionamiento de emergencia alternante, turnando un uso de ambos inversores (16, 16-1, 16-2) o instalaciones de inversión(13, 13-1, 13-2) durante un continuado periodo  
30 de tiempo, sobre todo intervalos de tiempo predeterminados o durante fases del motor predecibles, y para aumentar la potencia del motor, si fuera necesario, sobre todo durante ciertas fases del motor, se conmute a un funcionamiento ordinario.



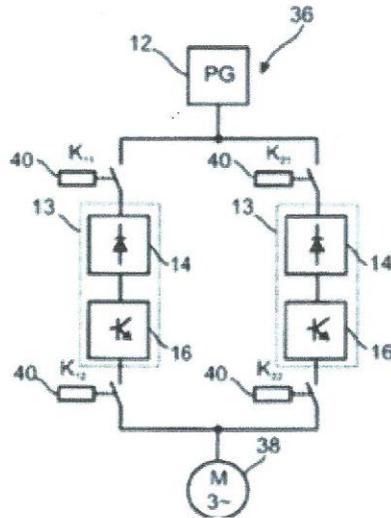
Estado de la técnica actual

Fig. 1



Estado de la técnica actual

Fig. 2a



Estado de la técnica actual

Fig. 2b

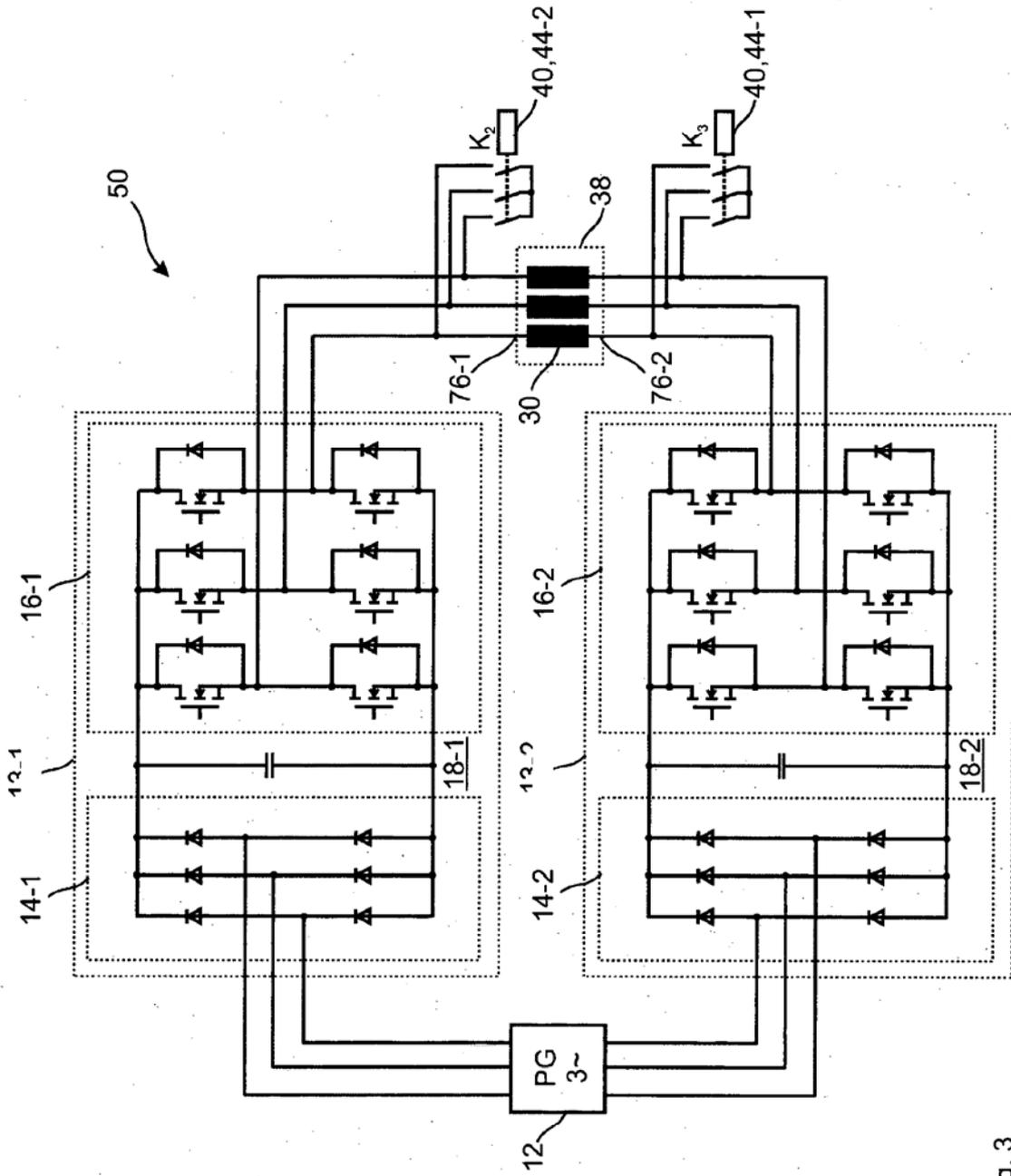


Fig. 3



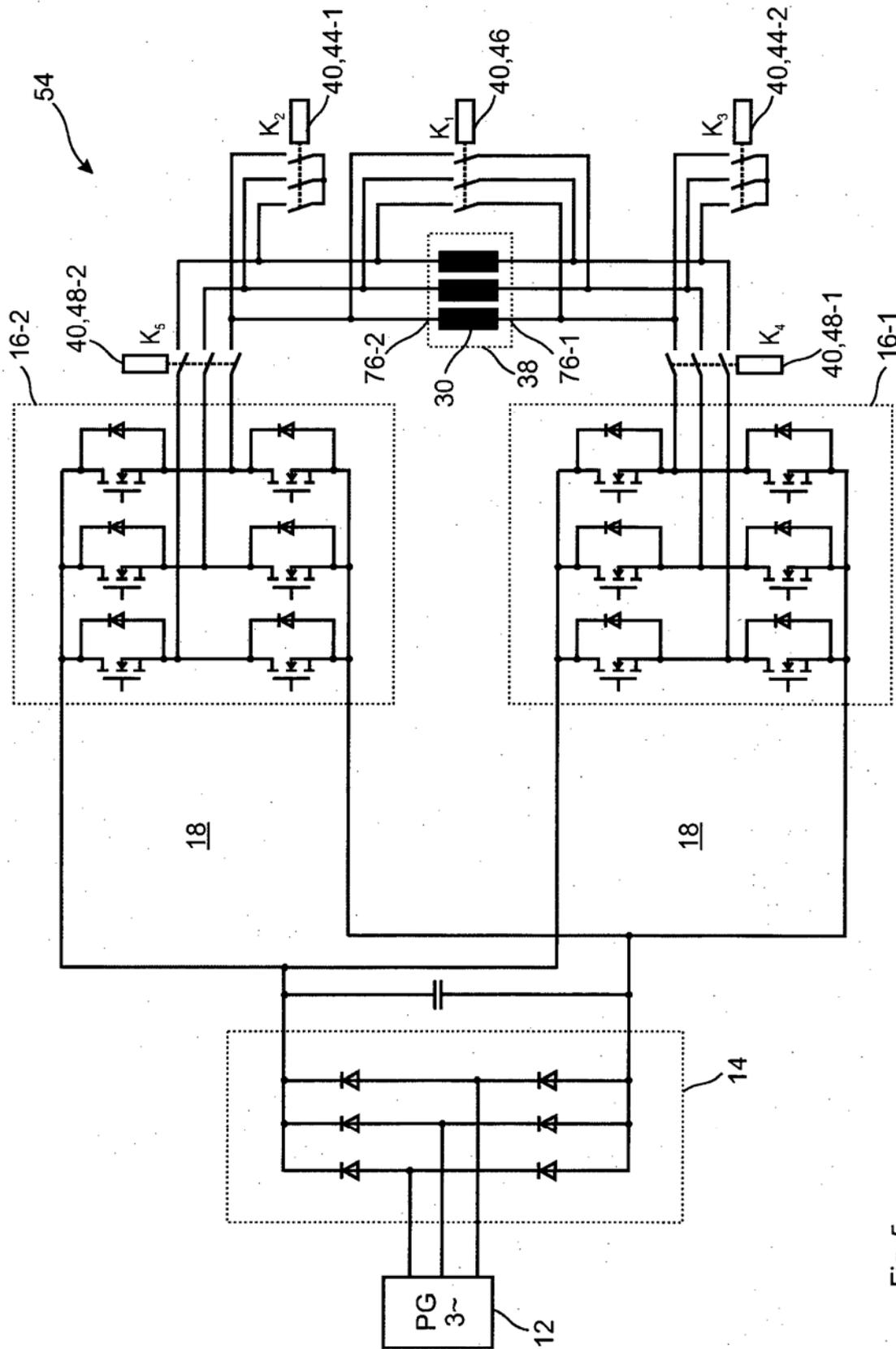


Fig. 5



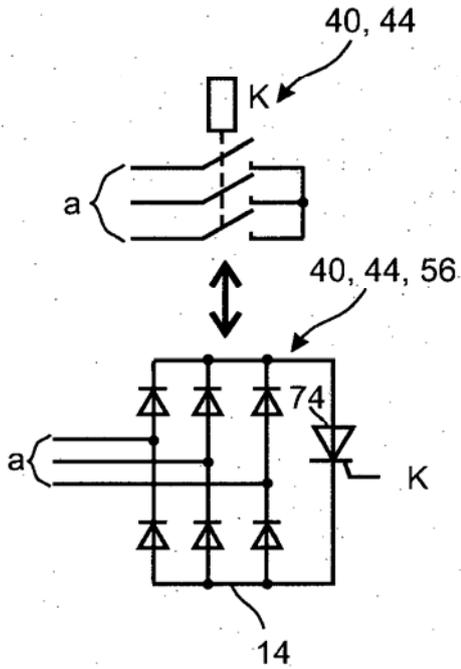


Fig 7a

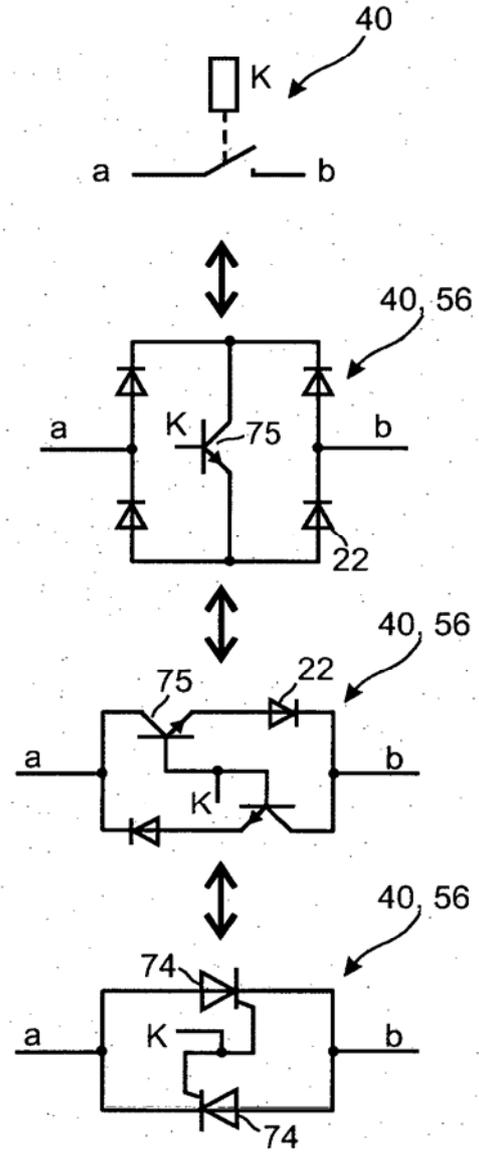


Fig 7b



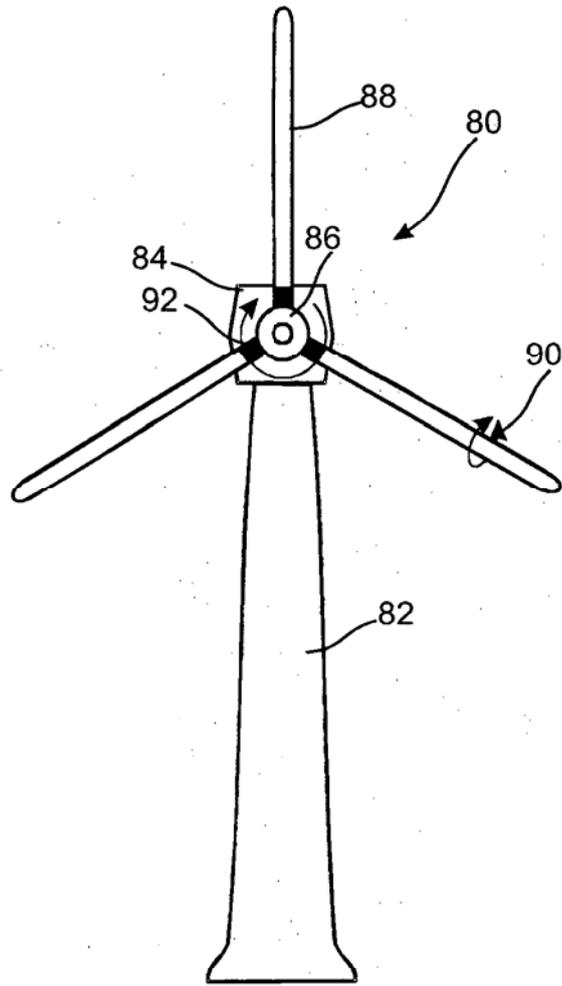


Fig. 9