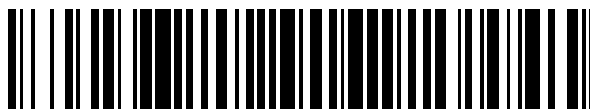


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 178**

51 Int. Cl.:

H02M 5/458 (2006.01)

H02M 7/483 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.05.2011** **PCT/EP2011/056892**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2011** **WO11154196**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2011** **E 11717614 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018** **EP 2580857**

54 Título: **Sistema de generador accionado por árbol**

30 Prioridad:

08.06.2010 DE 102010023019

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

08.11.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

BRUNOTTE, CHRISTOPH;
HILLER, MARC y
SOMMER, RAINER

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 689 178 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

Sistema de generador accionado por árbol

La presente invención se refiere a un sistema de generador accionado por árbol con un generador accionado por árbol.

5 Por la publicación "WGA 23 - ein modernes Wellengeneratorsystem", Sonderdruck aus der DE-Zeitschrift "HANSA", 120. Jahrgang, Nr. 13, 1983, Heft Juli, S. 1203-1207, se conoce un sistema de generador accionado por árbol. Los sistemas generadores accionados por árbol son sistemas frecuentemente empleados en barcos para la generación económica de energía eléctrica. El sistema generador accionado por árbol, que forma parte de una central eléctrica de a bordo de un barco, presenta los siguientes componentes:

- 10 - el generador accionado por árbol de velocidad variable para generar energía eléctrica con frecuencia variable,
- el convertidor de frecuencia realizado como convertidor de frecuencia de circuito intermedio para el desacoplamiento de frecuencia y de tensión del generador accionado por árbol y de la red de a bordo, que consiste en un rectificador de corriente en el lado del generador, un ondulator en el lado de la red y un circuito intermedio de corriente continua o de tensión continua,
- 15 - el estrangulador de circuito intermedio que se requiere en convertidores de circuito intermedio para aplanar la corriente de circuito intermedio,
- el condensador de circuito intermedio que se requiere en convertidores de tensión de circuito intermedio para aplanar la tensión de circuito intermedio,
- el estrangulador de red para limitar la corriente de cortocircuito y la oscilación armónica,
- 20 - la máquina de potencia reactiva que se requiere para aumentar la seguridad contra cortocircuito y para cubrir la demanda de corriente reactiva de la red con motor de arranque integrado,
- el convertidor de corriente de excitación, eventualmente con transformador de adaptación para el ajuste de la corriente de excitación del generador accionado por árbol en el marco de una regulación del generador accionado por árbol,
- 25 - la instalación de regulación, mando y vigilancia completamente electrónica, y
- el subdistribuidor de batería para alimentar las funciones vitales del sistema de generador accionado por árbol en caso de fallo y cortocircuito.

Esta instalación de generador accionado por árbol en el lado de la red puede conectarse por medio de un interruptor con una barra colectora de la red de a bordo. Para prevenir de una manera segura las cargas extremas en la red, se provee como estrangulador de red un así denominado estrangulador dúplex. Por medio de este estrangulador dúplex se previene la propagación de oscilaciones armónicas y las corrientes de cortocircuito se reducen sustancialmente. Los estranguladores dúplex frecuentemente se denominan también como estrangulador divisor de corriente, estranguladores de compensación o estranguladores de aplanamiento. El estrangulador dúplex ideal es un transformador especial con dos bobinados de baja inductancia de dispersión sobre un núcleo de hierro con varias pequeñas brechas de aire.

En la publicación "Netzgestaltung mit Duplexdrosseln" von W. Schild und Dr. W. Planitz, abgedruckt im Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, 91. Band, 1997, S. 173 ff. se describe cómo se emplea un estrangulador dúplex para aumentar la seguridad contra cortocircuito. En esta publicación se presentan dos conceptos de red para mejorar la calidad de la red en un barco crucero accionado de manera dieseeléctrica mediante el uso de estrangulador es dúplex. Con el uso de estranguladores dúplex se reducen los efectos retroactivos de los sistemas de propulsión eléctricos. Estos efectos retroactivos, que parten del convertidor de corriente del sistema generador accionado por árbol, producen oscilaciones armónicas sustanciales en la red abastecedora de a bordo, por lo que se reduce la calidad de la red.

La red de servicio en un barco para el abastecimiento de servicios auxiliares, iluminación, instrumentos náuticos y comunicaciones, así como de los sistemas de abastecimiento en el área residencial, requieren una tensión de alimentación baja en oscilaciones armónicas. Un coeficiente de distorsión excesivamente alto puede resultar en pérdidas adicionales, fallos de funcionamiento y, en el caso extremo, a la destrucción de componentes. Mediante el uso de estranguladores dúplex se desacopla una red parcial baja en oscilaciones armónicas.

En la mencionada publicación también se puede leer con potencias efectivas en el árbol de 10 MW y más, se usan motores sincrónicos alimentados por cicloconvertidor como accionamientos de hélice. Además de los motores sincrónicos alimentados por cicloconvertidor, también se usan motores de convertidor de corriente con convertidores de conmutación de carga como accionamiento de hélice.

Por los documentos DE 10 2006 020 144 B4 y WO 2007/124968A1 se conoce un procedimiento para la operación de un sistema de propulsión de barco con recuperación del calor de escape, así como un sistema de propulsión de barco con recuperación del calor de escape. El sistema de propulsión de barco presenta, entre otras cosas, un

generador/motor accionado por árbol es alimentado por medio de un convertidor con transformador en el lado de la red desde la red de a bordo. El funcionamiento del generador accionado por árbol como motor se denomina como "Power-Take-In" (PTI). Tan pronto como el generador accionado por árbol alimenta energía a la red de a bordo, el generador accionado por árbol, el convertidor de frecuencias y el transformador en el lado de la red igualmente forman un sistema generador accionado por árbol. El funcionamiento del generador accionado por árbol como generador, es decir, se genera energía eléctrica para una red de a bordo, se denomina como "Power-Take-Off" (PTO). En esta patente, sin embargo, el sistema generador accionado por árbol se usa principalmente como accionamiento de refuerzo junto al accionamiento dieselmotriz. Debido a esto, el accionamiento principal puede funcionar de manera económica en cuanto al consumo y los grupos generadores diesel se pueden desconectar.

En el lapso de tiempo, en el que el funcionamiento del generador accionado por árbol como motor se cambia al funcionamiento como generador, una fuente de energía alimenta energía eléctrica a la red del barco, de tal manera que la tensión y frecuencia de la red del barco no descienden por debajo de un valor límite predeterminado. Una conmutación de este tipo se efectúa en caso de fallos de red, en particular en el caso de un apagón en el barco. Si el sistema de generador accionado por árbol se use como accionamiento de refuerzo, forma esta fuente de energía durante la conmutación del funcionamiento de motor/generador, desde la que se alimenta la red de a bordo con energía.

En una forma de realización alternativa del sistema de generador accionado por árbol, se provee un convertidor de circuito intermedio de tensión como convertidor de frecuencia estático. Este convertidor de circuito intermedio de tensión presenta un condensador de circuito intermedio, que forma la fuente de energía, que durante la conmutación del funcionamiento del generador accionado por árbol suministra energía a la red del barco. Una conmutación particularmente rápida se logra si el convertidor de circuito intermedio de tensión en el lado del generador y de la red presenta respectivamente un convertidor de corriente pulsada autoguiado, en particular un convertidor de corriente pulsada IGBT.

Un convertidor de circuito intermedio de tensión de este tipo con respectivamente un rectificador de corriente pulsada IGBT en el lado del generador y de la red se representa más detalladamente en la Fig. 3 del documento de patente DE 10 2005 059 760 A1. Por el uso de un convertidor de circuito intermedio de tensión en lugar de un convertidor de circuito intermedio de corriente como convertidor de accionamiento en un sistema de generador accionado por árbol como accionamiento de refuerzo, la red de a bordo no sólo se desacopla del generador en lo referente a la frecuencia, sino también en lo referente a la tensión. Además, el convertidor de circuito intermedio de tensión puede proveer potencia reactiva, de tal manera que ya no se requiere una máquina de potencia reactiva.

Si como convertidor de frecuencia estático del sistema de generador accionado por árbol se usa un convertidor de circuito intermedio de corriente, entonces se requiere además de un estrangulador dúplex y un transformador también una máquina de potencia reactiva con motor de arranque. Como ya se ha descrito al comienzo, para aumentar la seguridad contra cortocircuito se requiere un estrangulador dúplex, que de manera ideal es un transformador especial. El transformador se requiere para adaptar la tensión entre la tensión de salida del convertidor y la tensión de la red de a bordo. Estos componentes adicionales requieren respectivamente un espacio de montaje, que en los barcos no existe de manera abundante.

Si se usara un convertidor de circuito intermedio de tensión como convertidor de frecuencia estático del sistema de generador accionado por árbol, para una adaptación de la tensión entre la tensión de salida del convertidor y la tensión de la red de a bordo se tendría que proveer un transformador. Los dos convertidores de corriente del convertidor de circuito intermedio de tensión tendrían que realizarse bien sea en topología de dos puntos (baja tensión) o en topología de tres puntos (tensión media). Con potencias de 10 MW, se tendrían que conectar eléctricamente en paralelo varios convertidores de dos puntos o de tres puntos en el lado de salida, en lo que tendría que proveerse una regulación de simetría, una así llamada regulación Δi . En los convertidores de baja tensión, actualmente se usan interruptores de semiconductor desconectables, en particular transistores de tipo Insulated-Gate-Bipolar-Transistors (IGBT), de la clase de tensión de 1200 V o 1700 V. Con convertidores de tensión media, en cambio, se usan transistores IGBT o IGCT de la clase de tensión de 3300 V o 4500 V o 6500 V, respectivamente. Sin embargo, al aumentar la clase de tensión disminuye la frecuencia de conmutación, pero el precio del semiconductor aumenta correspondientemente.

Debido a las limitadas frecuencias de conmutación de los IGBT, en el lado de la red de a bordo se tendrían que tomar medidas de filtro para poder cumplir los efectos retroactivos de red exigidos por las compañías clasificadoras. Sobre todo en el uso de convertidores de corriente de tensión media con una tensión de circuito intermedio sustancialmente por encima de 1 kV, la frecuencia de conmutación está limitada a unos pocos cientos de hertzios. Debido a esto se dificulta adicionalmente la configuración de un filtro. La configuración del filtro ya es difícil de por sí, ya que en la red de a bordo se trata de una red insular, que dependiendo de su estado de funcionamiento puede presentar diferentes impedancias y, por lo tanto, diferentes frecuencias de resonancia. Por esta razón también variaría una frecuencia de resonancia resultante que actúa en la salida de un convertidor de circuito intermedio de tensión, por lo que sería muy difícil adaptar la configuración del filtro a la frecuencia de conmutación del convertidor de circuito intermedio de tensión.

Debido a la baja frecuencia de conmutación de los IGBT empleados del convertidor de corriente en el lado del generador o en el lado de la red, respectivamente, de un convertidor de circuito intermedio de tensión como convertidor de frecuencia estático de un sistema de generador accionado por árbol, se limita la dinámica de este convertidor. Por esta razón es casi imposible controlar los estados de funcionamiento transitorios, tales como, por ejemplo, un cortocircuito de red, pérdida y recuperación de la tensión de red, o desconexión de carga, a pesar de un sobredimensionamiento de los componentes. Además, el filtro mencionado tiende a oscilar en estados de funcionamiento transitorios.

Es particularmente importante el control de los cortocircuitos de red y de otros estados de funcionamiento transitorios. Para poder controlar estos estados de funcionamiento transitorios de alguna manera, el convertidor de circuito intermedio de tensión de un sistema de generador accionado por árbol tendría que permanecer siempre conectado a la red, es decir, no podría desconectarse a causa de sobrecorriente. Esto se podría lograr si tanto en el funcionamiento normal como también en caso de cortocircuito la corriente se regula por medio de una regulación de dos puntos, o que en fases individuales las señales de encendido se bloquearan temporalmente y luego se volvieran a liberar. Con esto, sin embargo, se producirían oscilaciones armónicas imprevisibles en la tensión de salida del convertidor, por lo que se excitaría un filtro de red existente, por lo que a su vez se podrían cumplir sólo con gran esfuerzo los límites requeridos para una armonía de red.

Por estas razones, hasta el momento, en particular para aplicaciones de tensión media, todavía no se ha construido ningún sistema de generador accionado por árbol con un convertidor de circuito intermedio de tensión como convertidor de frecuencia estático, que cumpla enteramente con los requisitos mencionados más arriba en el ámbito de tensión media.

El objetivo de la presente invención consiste en indicar un sistema de generador accionado por árbol, que presente un convertidor de circuito intermedio de tensión como convertidor de frecuencia estático, con el que en particular se deben limitar dinámicamente los cortocircuitos de red.

Este objetivo se logra de acuerdo con la presente invención a través de las características mencionadas en la reivindicación 1.

Debido a que el convertidor de corriente en el lado de la red de un convertidor de circuito intermedio de tensión está realizado como convertidor de corriente con acumuladores de energía distribuidos, en función del número de submódulos de cada rama de válvulas se puede adaptar la tensión de salida de este convertidor de corriente a cualquier tensión de la red de a bordo que se desee. Mediante el número de submódulos también aumenta el número de escalones del desarrollo de tensión de la tensión de salida de este convertidor de corriente, de tal manera que en el lado de la red de a bordo ya no se tienen que tomar medidas de filtro para poder cumplir los efectos retroactivos de red exigidos por las empresas clasificadoras. También debido al elevado número de submódulos, en el convertidor de corriente de tensión media se pueden usar interruptores de semiconductor correspondientes al alcance de bajo voltaje, que pueden funcionar con una frecuencia de conmutación sustancialmente mayor. Por esta razón, este convertidor de corriente con acumuladores de energía distribuidos presenta una elevada frecuencia de conmutación resultante, de tal manera que una corriente de salida de este convertidor de corriente en caso de cortocircuito se puede limitar de manera altamente dinámica debido a la rápida adaptación de la tensión en los bornes. Es decir que este convertidor de corriente en caso de cortocircuito ya no se desconecta por sobrecorriente. Por lo tanto, se pueden cumplir fácilmente los requisitos de las redes de barcos en lo referente a la alimentación de corrientes de cortocircuito. Esto significa que el convertidor de circuito intermedio de tensión de acuerdo con la presente invención como convertidor de frecuencia estático de un sistema de generador accionado por árbol presenta una seguridad contra cortocircuito que se puede proporcionar sin la necesidad de un estrangulador dúplex.

Debido a las elevadas frecuencias de conmutación de los IGBT de bajo voltaje (LV-IGBT) usados en los submódulos del convertidor de corriente con acumuladores de energía distribuidos, este convertidor de corriente presenta una frecuencia de conmutación resultante muy alta. Por esta razón, la frecuencia límite de una regulación asignada también puede desplazarse a valores elevados, de tal manera que la misma se ubica fuera de un alcance de posibles resonancias de la red de a bordo. De esta manera es posible una parametrización independiente de la instalación.

Debido a las propiedades de regulación de un convertidor de corriente con acumuladores de energía distribuidos, en el convertidor de circuito intermedio de tensión, cuyo convertidor de corriente en el lado de la red es un convertidor de corriente con acumuladores de energía distribuidos, y su convertidor de corriente en el lado del generador es un convertidor de corriente no controlado, por ejemplo, un rectificador de diodos, se puede mantener prácticamente constante una corriente de circuito intermedio de este convertidor de circuito intermedio de tensión. Por esta razón, las corrientes del generador del sistema de generador accionado por árbol presentan un reducido contenido de oscilaciones armónicas, por lo que el valor efectivo es más bajo. Debido a que las corrientes del generador se presentan prácticamente en forma de bloque, se reducen las pérdidas del sistema de generador accionado por árbol.

Para una descripción más detallada de la presente invención se hace referencia a los dibujos, en los que se muestran de manera esquemática formas de realización de un sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la presente invención.

- 5 La Fig. 1 muestra un esquema de principio de un sistema de propulsión de barco con un convertidor de circuito intermedio de corriente como convertidor de propulsión del generador accionado por árbol.
- La Fig. 2 en cambio, muestra un esquema de principio de este sistema de propulsión de barco conocido con un convertidor de circuito intermedio de tensión como convertidor de propulsión del generador accionado por árbol.
- 10 La Fig. 3 muestra una primera forma de realización de un sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la presente invención.
- La Fig. 4 muestra una segunda forma de realización de un sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la presente invención.
- La Fig. 5 muestra un esquema de principio de un convertidor de corriente en el lado de la red de un sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la Fig. 3 o 4 en una forma de realización ventajosa.

- 15 El sistema de propulsión de barco 2 conocido por el documento DE 10 2006 020 144 B4 presenta, de acuerdo con la Fig. 1, una máquina principal 4 realizada como motor diesel de dos tiempos de funcionamiento lento, que por medio de un árbol de hélice 6 presenta una hélice de barco 8 para la propulsión del barco. Para generar energía para una red del barco, representada por una barra colectora de red de barco 10, se proveen varios generadores 12, que son accionados respectivamente por una máquina auxiliar 14 de funcionamiento más rápido que la máquina principal. En
- 20 las máquinas auxiliares 14, normalmente se trata de motores diesel de cuatro tiempos de funcionamiento rápido. Normalmente, respectivamente un generador 12 y un motor diesel 14 se combinan en un grupo generador diesel 16.

- Un motor/generador accionado por árbol 18 está acoplado mecánicamente con el árbol de hélice 6 y eléctricamente por medio de un convertidor 20 y un transformador 22 con la barra colectora de la red de a bordo 10 de la red eléctrica del barco. Como convertidor 20 se provee un convertidor de circuito intermedio de corriente, que en el lado
- 25 del generador y en el lado de la red presenta respectivamente un convertidor de corriente controlable 24 y 26, que en el lado de la tensión continua se encuentran conectados de manera eléctricamente conductiva entre sí por medio de un estrangulador de circuito intermedio. Las señales de mando para estos dos convertidores de corriente controlables 24 y 26 son generadas por un sistema de mando y regulación 28. Debido a que como motor/generador accionado por árbol 18 se usa una máquina sincrónica de funcionamiento lento, la misma está conectada
- 30 adicionalmente a través de un convertidor de corriente de excitación 30 con la barra colectora de la red de a bordo 10 de manera eléctricamente conductiva. Debido a que como convertidor 20 del sistema de generador accionado por árbol se provee un convertidor de circuito intermedio de corriente, y éste solo puede alimentar potencia activa a la red del barco, la demanda de potencia reactiva de la red del barco se cubre mediante una máquina de potencia reactiva 32. Funcionamiento normal, esta máquina de potencia reactiva 32 sólo trabaja como desfaseador y no
- 35 alimenta ninguna potencia activa a la barra colectora de la red de a bordo 10. Un convertidor de arranque 34 y un motor de arranque 36 sirven para arrancar la máquina de potencia reactiva 32. El control del convertidor de arranque 34 también se efectúa a través del sistema de mando y regulación 28.

- El motor/generador accionado por árbol 18, el convertidor de circuito intermedio de corriente con el correspondiente sistema de mando y regulación 28 y la máquina de potencia reactiva 32 con el convertidor de arranque 34 y el motor
- 40 de arranque 36 forman un sistema de generador accionado por árbol, como se conoce por la publicación mencionado al comienzo de la revista DE "HANSA".

- En este sistema de propulsión de barco conocido, el generador accionado por árbol 18 funciona como motor, por lo que la energía eléctrica de la red del barco se transforma en energía mecánica por medio del convertidor de circuito intermedio de corriente y del motor/generador accionado por árbol 18. Debido a esto se usan reservas de potencia
- 45 en la red del barco para aumentar la potencia de propulsión del barco, por lo que o bien se puede aumentar la velocidad del barco o se puede descargar la máquina principal 4 manteniendo la misma velocidad del barco.

- Para poder omitir por lo menos la máquina de potencia reactiva 32 separada con el convertidor de arranque 34 y el motor de arranque 36, en la Fig. 2 se muestra un esquema de principio de otro sistema de propulsión de barco
- 50 adicional conocido 38. Este sistema de propulsión de barco 38 también difiere del sistema de propulsión de barco 2 de acuerdo con la Fig. 1, debido a que como convertidor 20 se provee un convertidor de circuito intermedio de tensión. Debido a que el generador accionado por árbol 18 funciona de manera motriz, este convertidor de circuito intermedio de tensión además de una batería de capacitores del circuito intermedio 40 en el lado del generador también presenta un convertidor de corriente controlable 24. Como convertidor de corriente controlable 24 y 26 de este convertidor de circuito intermedio de tensión se provee respectivamente un convertidor de corriente pulsada, en particular un convertidor de corriente pulsada IGBT. La batería de capacitores de circuito intermedio 40 está
- 55 dimensionada de tal manera que durante la conmutación del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador del generador accionado por árbol 18 se tiene que alimentar energía eléctrica a la red del barco de tal manera que la tensión y la frecuencia de la red del barco no puede bajar de valores límite respectivamente predeterminados.

Este sistema de generador accionado por árbol sólo se conmuta del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador en caso de un fallo no planeado de la generación de energía por medio del sistema de recuperación de calor de escape. Esta conmutación se mantiene hasta que hayan arrancado los grupos generadores diesel 16. Es decir que el funcionamiento de generador del sistema de generador accionado por árbol sólo está previsto para un corto tiempo de puente. Durante este tiempo de puente se acepta un contenido de oscilaciones armónicas en la red de a bordo del barco. Para reducir este contenido de oscilaciones armónicas en la red de a bordo tendrían que tomarse medidas de filtro en el lado de la red de a bordo, que, sin embargo, no se representan. Por lo tanto, este sistema de generador accionado por árbol se usa principalmente como accionamiento de refuerzo.

Debido a que las válvulas de convertidor de corriente de, por ejemplo, transistores de tipo Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) del convertidor de corriente en el lado de la red 26 del convertidor de circuito intermedio de tensión debido a una elevada tensión de salida del convertidor presentan frecuencias de conmutación limitadas, se dificulta adicionalmente la configuración de filtro de un filtro existente. La configuración de filtro se dificulta en particular debido a que en la red de a bordo de un barco se trata de una red insular, que en función de los consumidores abastecidos puede presentar impedancias fuertemente variables y por ende diferentes frecuencias de resonancia. Por esta razón también varía la frecuencia de resonancia resultante en las conexiones en el lado de la red del convertidor 20, por lo que se dificulta una adaptación de la configuración de filtro a las frecuencias de conmutación del convertidor.

Debido a la frecuencia de conmutación limitada de los HV-IGBT del convertidor de corriente 26 en el lado de la red y la dinámica restringida asociada a ello, el control de estados de funcionamiento transitorios, tales como, por ejemplo, una desconexión de carga, cortocircuito en la red de a bordo, retorno de red, es difícil y resulta invariablemente en un sobredimensionamiento de los componentes de este convertidor de circuito intermedio de tensión. Otra dificultad adicional, que también es difícil de dominar, es que un filtro empleado en situaciones de funcionamiento transitorias tiende a oscilar.

Para poder cumplir con los efectos retroactivos de red exigidos por la empresa clasificadora y para poder controlar los cortocircuitos de red y otros estados de funcionamiento transitorios, este convertidor de circuito intermedio de tensión no es apropiado como convertidor de frecuencia estático del sistema de generador accionado por árbol. Por esta razón, este sistema de generador accionado por árbol con un convertidor de circuito intermedio de tensión se opera de manera predominantemente motriz, mientras que en un funcionamiento generatriz, que solo se usa durante un tiempo de conmutación al presentarse un fallo en el sistema de generación de energía, se acepta que no se puedan cumplir los efectos retroactivos de red exigidos. Asimismo, se supone que en este estado de funcionamiento no se presentan estados de funcionamiento transitorios. Este funcionamiento generatriz del sistema de generador accionado por árbol sólo dura hasta que hayan arrancado los grupos generadores diesel 16.

En la Fig. 3 se representa esquemáticamente una primera forma de realización de un sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la presente invención. Este sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la presente invención además de un generador accionado por árbol 18 también presenta un convertidor de circuito intermedio de tensión 42, que como convertidor de corriente 44 en el lado del generador presenta un convertidor de corriente no controlado, por ejemplo, un rectificador de diodos de seis pulsaciones o más. Como convertidor de corriente 44 en el lado del generador también se puede proveer un convertidor de corriente de pulsaciones múltiples autoguiado. Como convertidor de corriente 46 en el lado de la red (en el lado de la red de a bordo), el sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la presente invención presenta un convertidor de corriente con acumuladores de energía distribuidos. Los dos convertidores de corriente 44 y 46 en el lado de la tensión continua están directamente conectados entre sí de manera eléctricamente conductivas. En el lado de la tensión alterna, el convertidor de corriente 46 en esta forma de realización como convertidor de corriente con acumuladores de energía distribuidos pueda conectarse con una red de abordo 48 por medio de un transformador 22.

En la Fig. 4 se muestra esquemáticamente una segunda forma de realización de un sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la presente invención. Esta forma de realización difiere de la forma de realización de acuerdo con la Fig. 3, debido a que el convertidor de corriente 46 en el lado de la red en la forma de realización como convertidor de corriente con acumuladores de energía distribuidos pueda conectarse en el lado de tensión alterna por medio de un estrangulador de red 50 con la red de abordo 48.

Un esquema de conexiones sustitutivo del convertidor de corriente 46 con acumuladores de energía distribuidos se representa más detalladamente en la Fig. 5. De acuerdo con esta representación, el convertidor de corriente 46 presenta tres módulos de fase, que respectivamente presentan una rama de válvulas superior y otra inferior P1 y N1 o P2 y N2 o P3 y N3, respectivamente. Estas dos ramas de válvulas P1 y N1 o P2 y N2 o P3 y N3 de cada módulo de fase están conectadas para formar una rama de puente. Un punto de enlace de una rama de válvulas superior e inferior P1 y N1 o P2 y N2 o P3 y N3 se realiza como conexión en el lado de la tensión alterna L1, L2 y L3 de cada módulo de fase. Para aplanar las corrientes de circuito internas del convertidor de corriente, se usan estranguladores de rama acoplados Lz. A estas conexiones en el lado de tensión alterna L1, L2 y L3 se conecta el estrangulador de red 50. Estos tres módulos de fase son eléctricamente paralelos entre sí y conectados para formar

un dispositivo de alimentación de tensión continua (convertidor de corriente 44 en el lado del generador), no representado con mayor detalle, que a su vez se encuentra conectado a las conexiones de tensión continua P y N del convertidor de corriente 2 con acumuladores de energía distribuidos C_{SM} . Entre estas conexiones de tensión continua P y N existe una tensión continua generada U_{dc} .

En este esquema de conexiones sustitutivo también se muestra que cada rama de válvulas P1, N1, P2, N2, P3 y N3 presenta una pluralidad de submódulos bipolares conectados eléctricamente en serie SM1, SM2, ..., SMn. Cada submódulo bipolar SM1, SM2, ..., SMn presenta, de acuerdo con la representación ampliada del submódulo SM1, un condensador de almacenamiento unipolar C_{SM} , los interruptores de semiconductor desconectables S1 y S2, así como los diodos D1 y D2. Los dos interruptores de semiconductor desconectables S1 y S2 están conectados eléctricamente en serie y esta conexión en serie a su vez está conectada de manera eléctricamente paralela al condensador de almacenamiento unipolar C_{SM} . De manera antiparalela a los interruptores de semiconductor desconectables S1 y S2, sin embargo, se encuentra conectado un diodo D1 o D2. Estos diodos D1 y D2 forman, por lo tanto, respectivamente un diodo libre. Un punto de conexión de los dos interruptores de semiconductor desconectables S1 y S2 está realizado como conexión modular X2. La colección negativa del condensador de almacenamiento C_{SM} forma una segunda conexión modular X1. En el estado cargado del condensador de almacenamiento unipolar C_{SM} se desprende una tensión de condensador U_{SM} .

Estas tensiones de condensador U_{SM1} , U_{SM2} , ..., U_{SMn} de los subsistemas bipolares SM1, SM2 ..., SMn de cada rama de válvulas P1, N1, P2, N2, P3 y N3 se suman respectivamente en una tensión de válvula U_{ZP1} , U_{ZN1} , U_{ZP2} , U_{ZN2} , U_{ZP3} y U_{ZN3} . La suma de respectivamente dos tensiones de válvula U_{ZP1} , U_{ZN1} o U_{ZP2} , U_{ZN2} o U_{ZP3} y U_{ZN3} de cada módulo de fase da como resultado la tensión continua U_{dc} que existe entre las conexiones de tensión continua P y N.

Cada uno de estos submódulos bipolares SM1, SM2, ..., SMn se puede llevar a uno de tres estados de conexión, específicamente los estados de conexión I, II y III. Qué tensión de borne U_{X2X1} existe en qué estado de conexión I, II o III en las conexiones modulares X2 y X1, y cómo se controlan los interruptores de semiconductor desconectables S1 y S2 en los estados de conexión I, II y III, se puede consultar en el documento DE 101 03 031 A1, que desvela esta topología de convertidor de corriente representada.

En comparación con la forma de realización de la Fig. 4, entre el estrangulador de red 50 y las conexiones de salida 52, 54 y 56 del sistema de generador accionado por árbol se conecta respectivamente una conexión en serie de un condensador C1 y una resistencia R1, en lo que los extremos libres de estas resistencias R1 están conectadas de manera eléctricamente conductiva entre sí. El orden secuencial de los dos componentes C1 y R1 de la conexión en serie también puede intercambiarse con respecto a esta representación. Debido a esto, los extremos libres de los condensadores C1 se conectan entonces entre sí de manera eléctricamente conductiva. Estas ramas de condensador atenuadas forman con las inductancias hace del estrangulador de red 50 un filtro de paso bajo, en lo que el punto de conexión 58 de las tres resistencias R1 forma un punto neutro del sistema de generador accionado por árbol. A este punto de conexión 58 se puede conectar una resistencia de alta impedancia contra una conexión de tierra de la red de a bordo 48. Por medio de una conexión de alta impedancia de este tipo se puede detectar una conexión a tierra en la red de abordó 48 conectado a tierra con alta impedancia.

En un convertidor de corriente 46 con acumuladores de energía distribuidos C_{SM} , por el número de submódulos bipolares eléctricamente conectados en serie SM1, SM2, ..., SMn se determina, por una parte, el número de escalones de una tensión de salida de forma escalonada y, por otra parte, la tensión de salida del convertidor se puede adaptar a cualquier amplitud deseada de la red de a bordo, por ejemplo, una red de tensión media. Mientras mayor sea el número de submódulos bipolares SM1, SM2, ..., SMn de cada rama de válvulas P1, N1, P2, N2, P3 y N3 de los módulos de fase del convertidor de corriente 46, más sinusoidal será la tensión de salida del convertidor. Debido a esto, no se requieren medidas de filtro para cumplir con los efectos retroactivos de red exigidos por las empresas clasificadoras.

Como interruptores de semiconductor desconectables S1 y S2 de cada submódulo bipolar SM1, SM2, ..., SMn se usan transistores de tipo Insulated Gate Bipolar Transistor, en particular LV-IGBT. Estos transistores LV-IGBT con tensiones de cierre de 1200 V o 1700 V, comparado con transistores HV-IGBT con tensiones de cierre de 3300 V, 4500 V o 6500 V, se pueden sincronizar con una frecuencia de pulsación sustancialmente mayor. Además, los transistores LV-IGBT tienen un costo sustancialmente menor que los transistores HV-IGBT. Mediante el uso de transistores LV-IGBT en el convertidor de tensión media 42 y una pluralidad de submódulos bipolares SM1, SM2, ..., SMn se puede limitar de manera altamente dinámica la corriente de salida del convertidor 42 en caso de cortocircuito. De esta manera se pueden cumplir fácilmente las exigencias de las redes de barco en lo referente a la alimentación de corriente de cortocircuito. Debido a que por el alto número de submódulos bipolares SM1, SM2, ..., SMn por rama de válvulas P1, N1, P2, N2, P3, N3 del convertidor de corriente 46 se puede prescindir de un filtro en el lado de la red de a bordo, es más fácil controlar estados de funcionamiento transitorios. Esto se debe a que los estados de funcionamiento transitorios ya no pueden excitar oscilaciones, debido a que en el lado de la red de a bordo ya no existe ningún filtro. Asimismo, en función del número de submódulos bipolares SM1, SM2, ..., SMn por rama de válvulas P1, N1, P2, N2, P3, N3 del convertidor de corriente 46 con acumuladores de energía distribuidos C_{SM} se puede escalar fácilmente este convertidor 46 a cualquier tensión de salida deseada, por lo que se puede

prescindir de un transformador 22 en un gran número de aplicaciones.

5 Debido al uso de un convertidor de corriente 46 con acumuladores de energía distribuidos como convertidor de corriente 26 en el lado de la red de a bordo del convertidor de circuito intermedio de tensión 42 de un sistema de generador accionado por árbol, para el sistema de mando y regulación 28 de este convertidor de circuito intermedio de tensión 42 se puede usar una frecuencia de ciclo sustancialmente mayor, por lo que la frecuencia límite de este sistema de mando y regulación 28 se ubica fuera del alcance de posibles resonancias. Con esto ahora es posible una parametrización del convertidor 46 de manera independiente de la instalación.

10 Debido al diseño del convertidor de corriente 26 en el lado de la red de a bordo del convertidor de circuito intermedio de tensión 42 como convertidor de corriente 46 con una pluralidad de acumuladores de energía C_{SM} , ahora se puede usar un convertidor de circuito intermedio de tensión 42 como convertidor de generador accionado por árbol 20, de tal manera que ya no se requiere una máquina de potencia reactiva 32 con convertidor de arranque 34 y motor de arranque 36. Asimismo, ya no se requiere tampoco ningún filtro y ningún transformador en el lado de la red de a bordo. Con esta topología de convertidor de corriente, en un convertidor de tensión media se usan transistores LV-IGBT en los submódulos bipolares SM1, SM2, ..., SMn, por lo que este convertidor de corriente 46 en combinación con un gran número de submódulos SM1, SM2, ..., SMn presenta una elevada frecuencia de conmutación resultante, de tal manera que se puede limitar de forma altamente dinámica una corriente de cortocircuito. Por medio de un convertidor de corriente 46 con acumuladores de energía distribuidos C_{SM} como convertidor de corriente 26 en el lado de la red de a bordo del convertidor de generador accionado por árbol, que es un convertidor de circuito intermedio de tensión, cuya batería de capacitores de circuito intermedio 40 se divide en una pluralidad de capacitores de almacenamiento C_{SM} , se puede mejorar sustancialmente la calidad de la red en un barco propulsado de manera dieseléctrica.

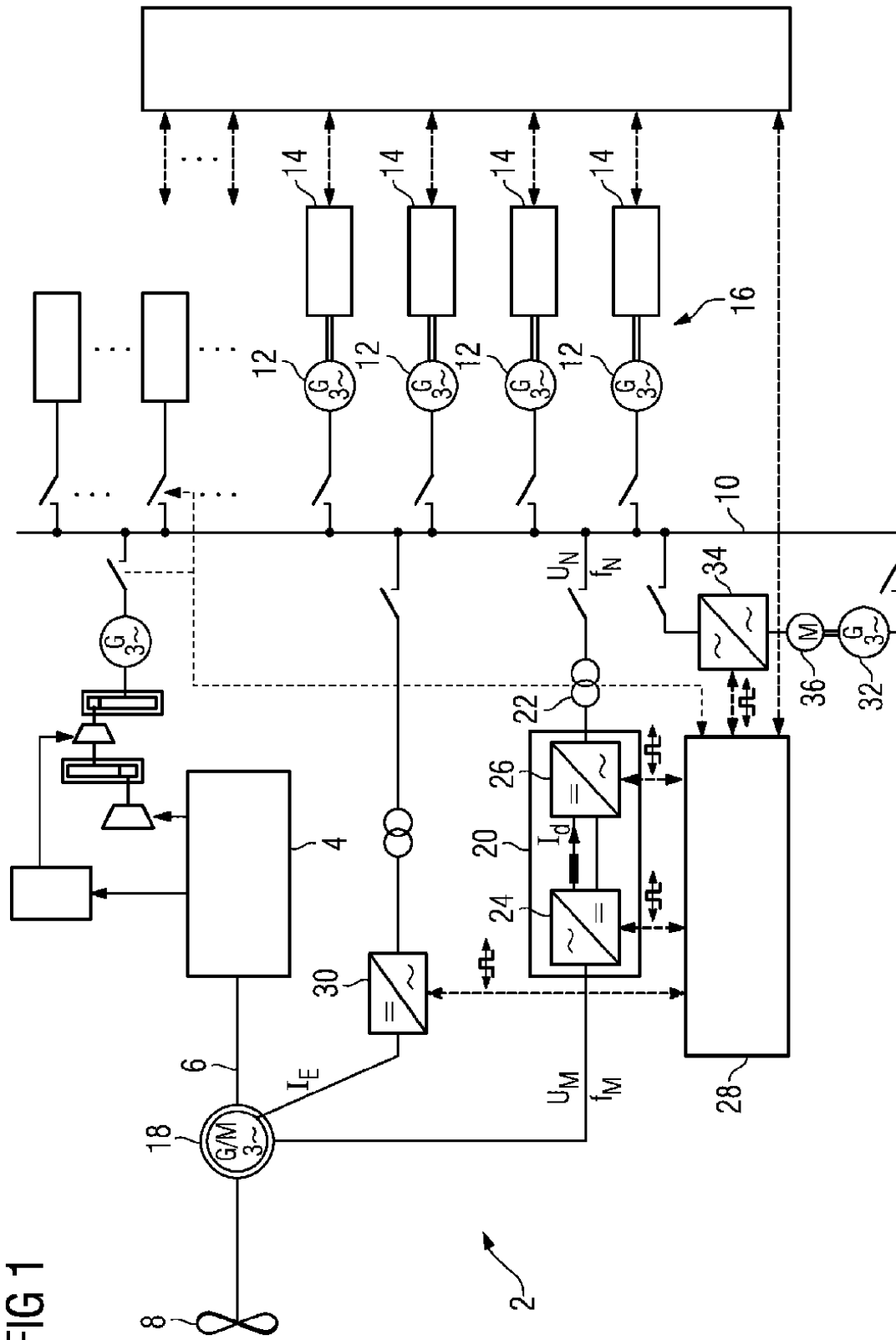
15

20

REIVINDICACIONES

1. Sistema de generador accionado por árbol con un generador accionado por árbol (18), un convertidor de circuito intermedio de tensión (42) para el desacoplamiento en lo referente a frecuencia y tensión del generador accionado por árbol y de la red de a bordo (10), así como una inductancia en el lado de la red, en el que el convertidor de
5 circuito intermedio de tensión (42) en el lado del generador y en el lado de la red presenta respectivamente un convertidor de corriente (44, 46), que están vinculados entre sí en el lado de tensión continua, y en el que en la red de a bordo (10) se trata de una red insular, **caracterizado por que** el convertidor de corriente en el lado de la red (46) presenta por lo menos dos módulos de fase, que presentan respectivamente una rama de válvulas superior y otra inferior (P1, N1, P2, N2, P3, N3), que presentan respectivamente una pluralidad de subsistemas bipolares
10 conectados eléctricamente en serie (SM1, ..., SMn), que presentan respectivamente un capacitor de almacenamiento unipolar (C_{SM}), al que se conecta de manera eléctricamente paralela una conexión en serie de dos interruptores de semiconductor desconectables (S1, S2) respectivamente con un diodo conectado de manera antiparalela (D1, D2).
2. Sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el
15 convertidor de corriente en el lado del generador (44) es un rectificador de diodos de pulsaciones múltiples.
3. Sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el convertidor de corriente en el lado del generador (44) es un convertidor de corriente autoguiado de pulsaciones múltiples.
4. Sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la
20 inductancia en el lado de la red es un transformador (22).
5. Sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la inductancia en el lado de la red es un estrangulador de red (50).
6. Sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado por que**
25 cada inductancia en el lado de la red, en particular cada estrangulador de red (50), está vinculado con una conexión en serie de un capacitor (C1) y una resistencia (R1), en lo que los extremos libres de las resistencias (R1) están conectados entre sí de manera eléctricamente conductiva.
7. Sistema de generador accionado por árbol de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado por que**
30 cada inductancia en el lado de la red, en particular cada estrangulador de red (50), está vinculado con una conexión en serie de una resistencia (R1) y un capacitor (C1), en el que los extremos libres de los capacitores (C1) están conectados entre sí de manera eléctricamente conductiva.

FIG 1



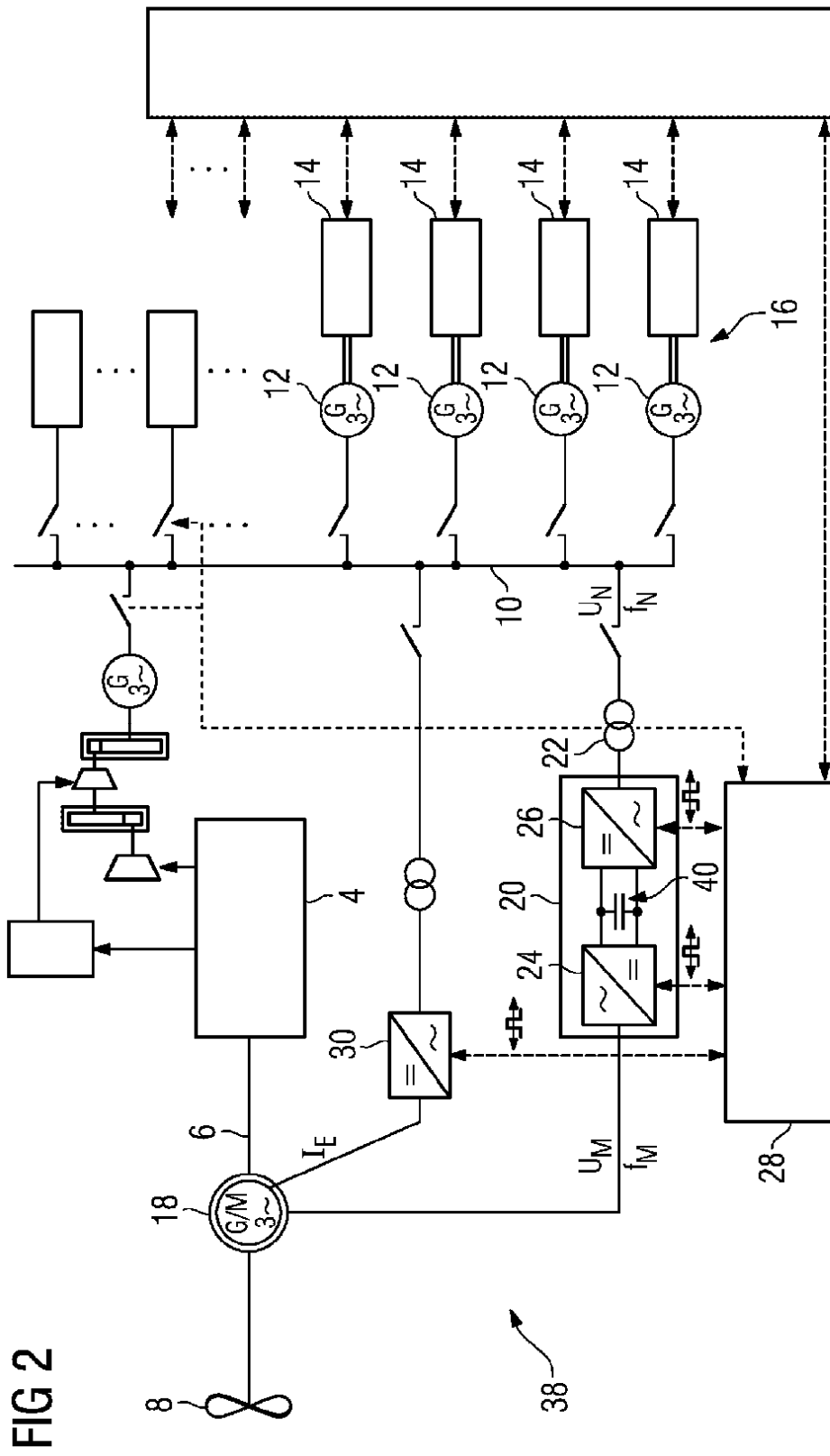


FIG 3

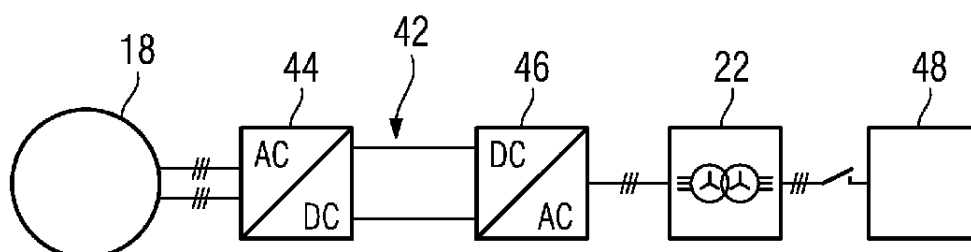


FIG 4

