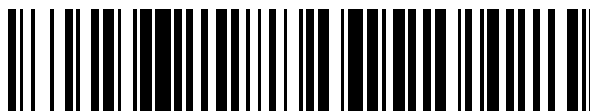


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 420**

51 Int. Cl.:

H02J 4/00 (2006.01)

B63H 23/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2014** **E 14164213 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018** **EP 2930815**

54 Título: **Sistema de distribución de energía**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.03.2019

73 Titular/es:

**GE ENERGY POWER CONVERSION
TECHNOLOGY LTD (100.0%)
Boughton Road
RugbyWarwickshire CV21 1BU, GB**

72 Inventor/es:

LEWIS, ERIC

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 706 420 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 distribución de energía

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a sistemas de distribución de energía y, en particular, a la distribución de energía marina y sistemas de propulsión. El término "embarcaciones marinas" está destinado a incluir naves, plataformas de perforación y cualquier otra embarcación o plataforma de superficie o embarcaciones sumergibles (submarinas).

Técnica anterior

10 Los sistemas de distribución de energía y propulsión marina son bien conocidos. En una disposición típica, una serie de convertidores de energía se utilizan para conectar una barra colectora de CA a una serie de motores eléctricos, por ejemplo, motores de propulsión o propulsores. Cada convertidor de energía puede ser un convertidor de 'extremo frontal activo' (AFE) con un rectificador/inversor activo del lado de suministro de CA (o puente 'extremo frontal') que tiene terminales de CA conectados a la barra colectora de CA y un rectificador/inversor activo del lado del motor conectado al motor eléctrico. La salida de CC del rectificador/inversor activo del lado de suministro de CA se conecta a la entrada de CC del rectificador/inversor activo del lado del motor mediante un enlace de CC. Se puede conectar un filtro de armónicos a los terminales de entrada de CA de cada rectificador/inversor del lado de suministro de CA. En la operación normal, el rectificador/inversor activo del lado del suministro de CA funcionará como un rectificador activo para suministrar energía al enlace de CC y el rectificador/inversor activo del lado del motor funcionará como un inversor para suministrar energía al motor eléctrico. El funcionamiento inverso suele ser posible en ciertas situaciones, como el frenado regenerativo, en el que el motor eléctrico funciona como un generador y se suministra energía a la barra colectora de CA a través del convertidor de energía.

Cada rectificador/inversor activo tendrá típicamente una topología convencional.

En algunas disposiciones, un motor eléctrico puede conectarse a la barra colectora de CA por una pluralidad de convertidores de energía conectados en paralelo.

25 Una serie de motores primarios (por ejemplo, motores diésel) están conectados a los generadores individuales que suministran energía a la barra colectora de CA.

La barra colectora de CA puede ser equipada con un conmutador de alta tensión de protección con interruptores de circuito y controles asociados.

30 El sistema de propulsión marina incluirá típicamente una primera (o de babor) barra colectora de CA y una segunda (o de estribor) barra colectora de CA que están interconectadas por una unión de la barra colectora. Algunos sistemas de propulsión marina utilizan una pluralidad de secciones de barras colectoras de CA o grupos interconectados por una pluralidad de bridas de barras colectoras para mejorar la disponibilidad de energía.

35 Las embarcaciones marinas son a veces operadas utilizando un posicionamiento dinámico del sistema (DP) en la que se utilizan los motores y/o propulsores de propulsión para mantener la posición de la embarcación en la proximidad de un punto de referencia y estabilizar su partida, en oposición a las fuerzas ambientales como el viento y la corriente. Las directrices para embarcaciones marinas con sistemas de DP están establecidas por varias autoridades de certificación, por ejemplo, Det Norske Veritas (DNV), y establecen ciertos requisitos sobre el número y la ubicación (por ejemplo, proa o popa) de los motores y propulsores de propulsión que deben estar operativos durante una situación de fallo. Por ejemplo, en una disposición con dos motores de propulsión ubicados en la popa de la embarcación marítima y con dos o tres impulsores de proa (por ejemplo, impulsores de túneles), las directrices, y en particular las relacionadas con la notación DNV de clase DYNPOS-AUTR, requieren que la embarcación marina debe tener un motor de propulsión operacional en la popa y un propulsor de proa operacional si su calificación es la misma que la del motor de propulsión operacional en la popa, o dos propulsores de proa operacionales si su calificación combinada es la misma que la del motor de propulsión operacional en la popa.

45 Para un sistema de propulsión marina utilizando tres propulsores de proa, para cumplir con la notación DNV de clase DYNPOS-AUTR uno de los propulsores de proa debe ser alimentado a partir de dos secciones de barra colectora de CA diferentes con un diseño que garantiza que el propulsor de proa mantiene la energía sin ninguna interrupción si se produce una pérdida total de energía en cualquiera de las secciones de la barra colectora de CA a la que está conectada.

El documento EP 2192681 divulga un sistema de distribución de energía con un bus de distribución de CC.

50 El documento EP 2451041 divulga un sistema de distribución de energía según un preámbulo de la reivindicación 1 y un procedimiento para operar un sistema de distribución de energía de suministro dual para minimizar los niveles de emisión del generador.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un sistema de distribución de energía según la reivindicación 1 y un procedimiento de operar un sistema de distribución de energía según la reivindicación 9.

5 Se notará que una conexión eléctrica entre dos o más componentes del sistema de distribución de energía no tiene que ser una conexión directa, y que una conexión eléctrica puede estar hecha por, o incluir, componentes de interposición.

La primera y segunda interfaces CC pueden tener cualquier construcción adecuada y se utilizan para mantener una conexión eléctrica entre el primer y el tercer rectificador/inversor activo y el quinto rectificador/inversor activo durante un rango de condiciones de operación.

10 Cada interfaz CC tiene cualquier medio de bloqueo para proporcionar la desconexión automática del primer o segundo rectificador/inversor activo si uno de ellos es incapaz de suministrar energía, y para impedir la propagación de un fallo (por ejemplo, un corto circuito inverso adecuado) entre el primer y el segundo rectificador/inversor activo. Cada medio de bloqueo inverso puede incluir uno o más diodos u otros tipos de dispositivos semiconductores de energía con un rendimiento de tensión de resistencia inverso adecuado, por ejemplo, tiristores, IGBT, IGCT, GTO e IEGT con acción de bloqueo inverso.

En una disposición, cada interfaz CC incluye una primera línea de circuito de CC entre un primer terminal de entrada de CC y un primer terminal de salida de CC y una segunda línea de circuito de CC entre un segundo terminal de entrada de CC y un segundo terminal de salida de CC. Una primera cadena de uno o más dispositivos semiconductores de energía conectados en serie se puede colocar en cada primera línea de circuito de CC con cada ánodo conectado eléctricamente al primer terminal de entrada de CC y cada cátodo conectado eléctricamente al terminal de salida de CC. Una segunda cadena de uno o más dispositivos de semiconductores de energía conectados en serie se puede colocar en cada segunda línea de circuito de CC con cada ánodo conectado eléctricamente al segundo terminal de salida de CC y cada cátodo conectado eléctricamente al segundo terminal de entrada de CC. En términos generales, una primera parte de cada medio de bloqueo inverso se puede colocar en cada primera línea del circuito de CC para proporcionar una acción de bloqueo inverso que permita el flujo de energía desde el primer terminal de entrada de CC al primer terminal de salida de CC y evita el flujo de energía del primer terminal de salida de CC al primer terminal de entrada de CC y una segunda parte de cada medio de bloqueo inverso se pueden colocar en cada segunda línea de circuito CC para proporcionar una acción de bloqueo inverso que permite el flujo de energía desde el segundo terminal de salida de CC al segundo terminal de entrada de CC y evita el flujo de energía desde el segundo terminal de entrada de CC al segundo terminal de salida de CC o viceversa. En otras palabras, las partes primera y segunda de cada medio de bloqueo inverso están adaptadas para evitar el flujo de energía en direcciones opuestas a través de las líneas de circuito de CC primera y segunda de cada interfaz de CC. Un primer terminal de entrada de CC del quinto rectificador/inversor activo está conectado eléctricamente al primer terminal de salida de CC de la primera interfaz de CC y al primer terminal de salida de CC de la segunda interfaz de CC, opcionalmente por medio de la barra colectora de CC. Un segundo terminal de entrada de CC del quinto rectificador/inversor activo está conectado eléctricamente al segundo terminal de salida de CC de la primera interfaz de CC y al segundo terminal de salida de CC de la segunda interfaz de CC, opcionalmente por medio de la barra colectora de CC.

40 Un circuito de monitorización se puede proporcionar para la detección de fallo de los medios de bloqueo inverso. Por ejemplo, un circuito de monitorización puede colocarse a través de cada dispositivo semiconductor de energía o cada cadena de uno o más dispositivos electrónicos de energía conectados en serie.

Cada interfaz CC también puede incluir uno o más de los siguientes componentes, en su caso en cada una de las líneas del circuito de CC, es decir, entre uno de los terminales de entrada de CC y una respectiva de los terminales de salida de CC:

- 45
- un fusible de CC, por ejemplo, para protección contra un cortocircuito en la barra colectora de CC opcional
 - un interruptor de circuito
 - un filtro inductor de modo común

50 Para el funcionamiento normal, los interruptores automáticos de la primera y la segunda interfaces de CC deben cerrarse de modo que una pérdida de energía en la primera o la segunda barra colectora de CA no produzca una pérdida de energía en el motor eléctrico. La apertura del interruptor de circuito puede llevarse a cabo cuando el sistema de distribución de energía se opera utilizando solo una de las barras colectoras de CA, es decir, a través de uno solo del primer y tercer rectificador/inversor activo. Este modo de operación es para condiciones anormales y no cumple con la notación DNV de clase DYNPOS-AUTR o requisitos similares.

55 El filtro de modo común inductor puede tener opcionalmente un resistor de amortiguación en un bobinado acoplado. En otras palabras, el filtro inductor de modo común puede tener un primer bobinado que está conectado eléctricamente a una primera línea de circuito de CC de la interfaz de CC, un segundo bobinado que está conectado eléctricamente a una segunda línea de circuito de CC de la interfaz de CC, y un bobinado acoplado que está

conectado eléctricamente a una resistencia de amortiguación. Dicho filtro inductor de modo común permitirá que la corriente fluya cuando las corrientes de CC en las líneas del circuito de CC sean sustancialmente iguales y opuestas. Sin embargo, si hay un desequilibrio en las corrientes de CC en las líneas del circuito de CC, el filtro inductor de modo común agregará una impedancia significativa para limitar la posible corriente de circulación entre el primer y el tercer rectificador/inversor activo.

Cada convertidor de energía puede ser un convertidor 'extremo frontal activo' (AFE).

El primer motor eléctrico se puede conectar eléctricamente a la primera barra colectora de CA por uno o más convertidores de energía en paralelo con el primer convertidor de energía. De manera similar, el segundo motor eléctrico se puede conectar eléctricamente a la segunda barra colectora de CA mediante uno o más convertidores de energía adicionales en paralelo con el segundo convertidor de energía. Cada convertidor de energía adicional puede ser un convertidor AFE como se describe aquí. Se espera que la operación del primer y/o segundo motor eléctrico a una energía nominal significativa requiera todos los convertidores de energía conectados en paralelo. En algunas situaciones, por ejemplo, cuando los motores eléctricos primero y/o segundo no funcionan a la energía nominal, los convertidores de energía adicionales pueden no ser necesarios, por lo que el primer motor eléctrico puede operarse utilizando solo el primer convertidor de energía y/o el segundo motor eléctrico puede ser operado usando solo el segundo convertidor de energía. En algunas otras situaciones, el primer y/o segundo motores eléctricos pueden operarse usando solo los convertidores de energía adicionales, de manera que el primer motor eléctrico se puede aislar del primer convertidor de energía y/o el segundo motor eléctrico se puede aislar del segundo convertidor de energía. Un ejemplo podría ser cuando uno o ambos del primer y segundo convertidores de energía activos se están utilizando para proporcionar energía al primer motor eléctrico a través de la(s) interfaz(es) de CC.

Un contactor puede estar situado entre el primer convertidor de energía y el primer motor eléctrico para aislar selectivamente la primera interfaz de CC a partir de los convertidores de energía adicionales para el primer motor eléctrico. De manera similar, un contactor puede ubicarse entre el segundo convertidor de energía y el segundo motor eléctrico para aislar selectivamente la segunda interfaz de CC de los convertidores de energía adicionales para el segundo motor eléctrico.

Cada rectificador/inversor activo empleado en el sistema de distribución de energía puede tener cualquier topología adecuada, como una topología de punto neutro de dos o tres niveles o una topología de múltiples niveles con una serie de dispositivos de conmutación de energía de semiconductores como IGBT, IGCT e IEGT totalmente controlado y regulado usando una estrategia de modulación de ancho de pulso, por ejemplo.

El primer y tercer rectificador activo/inversores puede incluir uno o más de un condensador de salida de CC, filtro de armónicos del lado CA y el contactor del lado CA para precargar el condensador de salida de CC y para iniciar y detener el rectificador/inversor activo.

El quinto rectificador/inversor activo y el segundo y cuarto rectificador/inversores activos pueden incluir uno o ambos de un condensador de entrada de CC y un inductor de filtro lateral de CA.

En la operación normal, el primer y tercer rectificador/inversores activos funcionarán como rectificadores y el quinto rectificador/inversor activo funcionarán como un inversor, es decir, de modo que la dirección del flujo de energía sea desde la primera y la segunda barra colectora de CA al tercer motor eléctrico. El flujo de energía a través de cada convertidor de energía que se usa para conectar los motores eléctricos primero y segundo a las barras colectoras de CA (es decir, el primer y segundo convertidores de energía y cualquier convertidor de energía adicional) estará en la misma dirección durante el funcionamiento normal. Sin embargo, la dirección del flujo de energía a través de cada convertidor de energía también puede invertirse, por ejemplo, durante el frenado regenerativo, en el que los motores eléctricos primero y/o segundo funcionan como generadores para suministrar energía a las barras de distribución de CA. No es posible invertir la dirección del flujo de energía a través de la primera y la segunda interfaces de CC debido a los medios de bloqueo inverso que proporcionan una acción de bloqueo inverso. Si se requiere que el tercer motor eléctrico funcione como un generador, se puede proporcionar una unidad de frenado dinámico opcional como parte del sistema de distribución de energía. Dicha unidad de frenado dinámico se puede conectar a los terminales de entrada de CC del quinto rectificador/inversor de manera convencional, por ejemplo.

La primera y segunda barras colectoras de CA pueden tener cualquier número adecuado de fases, pero tres serían típicas.

Se puede utilizar una unión de la barra colectora para conectar de forma selectiva la primera y la segunda barra colectora de CA juntas.

La primera y segunda barras colectoras de CA se pueden dividir en secciones individuales. Todas las conexiones a las barras colectoras de CA y entre las secciones individuales de la barra colectora pueden incluir dispositivos de conmutación de protección (por ejemplo, interruptores automáticos) u otros circuitos de protección con fines de aislamiento.

5 Por lo menos un generador de CA será normalmente conectado eléctricamente a cada una de las primera y segunda barras colectoras de CA. Los generadores de CA proporcionan energía de CA a las barras colectoras de CA y tienen motores principales asociados (por ejemplo, turbinas o motores diésel). Se puede proporcionar cualquier número adecuado de generadores de CA. Cada generador de CA puede tener un controlador o regulador de tensión asociado, como un regulador automático de tensión (AVR).

Cada motor eléctrico empleado en el sistema de distribución de energía puede ser de cualquier construcción y tipo adecuados (es decir, inducción, síncrono, imán permanente, etc.) y tener cualquier número adecuado de fases.

10 El sistema de distribución de energía como se describe en el presente documento puede ser un sistema de distribución de energía y de propulsión marina. En este caso, cada motor eléctrico se puede usar para impulsar una hélice, por ejemplo, un tornillo de cuchillas múltiples o un chorro de bomba conducido. Cada motor eléctrico puede ubicarse dentro del casco de la embarcación marina (por ejemplo, como un motor de propulsión a bordo que conduce una hélice a través de una línea de árbol con un perno de popa), en una cápsula que está suspendida debajo del casco de la embarcación marina proporcionar tanto propulsión como dirección, o coaxialmente fuera del casco de un submarino, por ejemplo. Cada motor eléctrico puede formar parte de un motor de propulsión para proporcionar la propulsión principal para la embarcación marítima o un propulsor como un propulsor de proa o un propulsor de popa.

Se apreciará fácilmente que una embarcación marítima particular puede tener cualquier número y configuración adecuados de motores eléctricos (y convertidores de energía de interfaz asociados) dependiendo de sus requisitos de propulsión.

20 El sistema básico de distribución de energía puede tener diferentes modos de operación.

Por ejemplo, durante condiciones normales o sin fallos, se puede suministrar energía desde la primera y la segunda barra colectora de CA a la barra colectora de CC a través del primer y tercer rectificadores/inversores activos y la primera y segunda interfaces de CC. En otras palabras, la barra colectora de CC recibirá suministro tanto de la primera como de la segunda barra colectora de CA.

25 Un sistema de control se puede utilizar para controlar el flujo de energía a través del primer y tercer rectificador/inversores activos. Por lo general, el flujo de energía a través del primer y tercer rectificador/inversor activo será sustancialmente el mismo, pero el sistema de control también puede asignar diferentes flujos de energía según las circunstancias. El sistema de control también se puede utilizar para controlar el flujo de energía a través del quinto rectificador/inversor activo al tercer motor eléctrico. Por ejemplo, el rectificador/inversor activo se puede controlar para proporcionar el par requerido para mantener el tercer motor eléctrico a una velocidad de rotación deseada.

35 La unión de la barra colectora se puede abrir o cerrar durante el funcionamiento normal. Una unión de la barra colectora abierta se usa normalmente para la máxima disponibilidad de energía, ya que minimiza las consecuencias debido a un fallo en una de las secciones de la barra colectora de CA. Si la unión de la barra colectora está abierta, las tensiones de CA transportadas por la primera y la segunda barra colectora de CA pueden tener una magnitud, fase o frecuencia diferentes, lo que es posible debido a la operación del primer y tercer rectificador/inversor activo.

40 Si ocurre un fallo en una o más de las primeras barras colectoras de CA, el primer rectificador/inversor activo y la primera interfaz de CC, el tercer motor eléctrico se aislará automáticamente de la primera barra colectora de CA por la acción de bloqueo inverso de los medios de bloqueo inverso en la primera interfaz de CC sin la necesidad de abrir los interruptores automáticos en la primera interfaz de CC y el aumento de energía continuará fluyendo hacia la barra colectora de CC solo desde la segunda barra colectora de CA. De manera similar, si ocurre un fallo en una o más de la segunda barra colectora de CA, el tercer rectificador/inversor activo y la segunda interfaz de CC, el tercer motor eléctrico se aislará automáticamente de la segunda barra colectora de CA por la acción de bloqueo inverso del bloqueo inverso los medios en la segunda interfaz de CC y el aumento de energía continuarán fluyendo hacia la barra colectora de CC solo desde la primera barra colectora de CA. El aislamiento automático del tercer motor eléctrico tiene lugar sin demora sustancial, por ejemplo, como resultado de la acción de bloqueo inverso instantáneo de los dispositivos semiconductores de energía u otros medios de bloqueo inverso. Aislar el tercer motor eléctrico significa que puede continuar funcionando durante una condición de fallo.

50 La disposición del sistema de distribución de energía que incluye uno o más motores eléctricos y convertidores de energía de interfaz adicionales (por ejemplo, el primer y/o tercer motor eléctrico y los conversores AFE) también pueden tener diferentes modos de operación.

Por ejemplo, durante el funcionamiento normal o sin fallos, si el tercer motor eléctrico no necesita ser operado, el primero y/o segundo motores eléctricos pueden ser operados de la manera habitual utilizando los respectivos convertidores AFE conectados en paralelo.

55 Si el tercer motor eléctrico tiene que ser operado, la primera interfaz de CC puede ser aislada del primer motor eléctrico y/o la segunda interfaz de CC puede ser aislada del segundo motor eléctrico (por ejemplo, mediante el accionamiento de cada contactor) de modo que los motores eléctricos primero y/o segundo reciben energía solo a

través de los convertidores de energía adicionales. En otras palabras, el primer motor eléctrico ya no recibirá energía a través del primer convertidor de energía y el segundo motor eléctrico ya no recibirá energía a través del segundo convertidor de energía. Normalmente, el primer y el segundo convertidores de energía no se utilizarán para suministrar simultáneamente energía tanto al primer como al segundo motor eléctrico y al tercer motor eléctrico.

5 Para operar el tercer motor eléctrico, se puede suministrar energía desde la primera y la segunda barra colectora de CA a la barra colectora de CC a través del primer y tercer rectificador/inversores activos del primer y segundo convertidores de energía y la primera y segunda interfaces de CC. El funcionamiento del tercer motor eléctrico en condiciones normales y de fallo es como se describe anteriormente.

10 En el caso de un sistema de distribución de energía y de propulsión marina, el tercer motor eléctrico puede ser una hélice de proa que no se utiliza para la propulsión marina, pero solo para posicionamiento dinámico (DP) cuando la embarcación marina está sustancialmente parada o en movimiento a baja velocidad. El primer y el segundo motor eléctrico pueden ser motores de propulsión en la popa de la embarcación marina y normalmente utilizarán todos los convertidores AFE disponibles para la velocidad máxima de la embarcación, es decir, cuando el primer y el segundo motor eléctrico funcionan sustancialmente a la energía nominal.

15 Si se conecta un impulsor de proa adicional a cada una de las barras colectoras de CA primera y segunda, por ejemplo, mediante un convertidor AFE de interfaz, el sistema de propulsión y distribución de energía marina de la presente invención puede cumplir con los estrictos requisitos DYNPOS-AUTR. Por ejemplo, si hay un fallo en la segunda barra colectora de CA, la embarcación marina tendrá un motor de propulsión operacional en la popa (es decir, el primer motor eléctrico) y dos propulsores de proa operacionales (es decir, el tercer motor eléctrico que recibirá la energía de la primera barra colectora de CA a través del primer rectificador/inversor activo y la primera interfaz de CC, y el propulsor de proa adicional que está conectado a la primera barra colectora de CA). Se apreciará fácilmente que, debido al fallo en la segunda barra colectora de CA, el segundo motor eléctrico y el propulsor de proa adicional que está conectado a la segunda barra colectora de CA se desactivarán.

Dibujos

25 La figura 1 es un dibujo esquemático ejemplar que muestra un primer sistema de propulsión y distribución de energía marina; y
La figura 2 es un dibujo esquemático que muestra un segundo sistema de propulsión y distribución de energía marina según la presente invención.

30 Aunque la siguiente descripción se refiere a un sistema de propulsión y distribución de energía marina, se apreciará fácilmente que el sistema de distribución de energía de la presente invención no está limitado a aplicaciones marinas.

Un primer ejemplo de disposición de un sistema de distribución de energía y de propulsión marina se muestra en la figura 1. El sistema incluye una primera barra 2a colectora de CA y una segunda barra 2b colectora de CA.

35 Un generador G1 de CA está conectado eléctricamente a un motor primario asociado (por ejemplo, un motor diésel que no se muestra) y suministra energía CA a la primera barra 2a colectora de CA. Un generador de CA G2 también está conectado eléctricamente a un motor primario asociado (por ejemplo, un motor diésel que no se muestra) y suministra energía de CA a la segunda barra 2b colectora de CA. Los generadores G1, G2 están conectados eléctricamente a la barra colectora de CA respectiva mediante un interruptor 4 de protección con disyuntores y
40 controles asociados u otros medios de conmutación. Se apreciará fácilmente que el sistema puede tener cualquier número adecuado de generadores de CA y cualquier configuración de barra colectora adecuada en función de los requisitos de generación y distribución de energía. Las barras 2a, 2b colectoras de CA están interconectadas por una unión 6 de la barra colectora.

45 El sistema incluye un motor eléctrico que forma parte de un propulsor (por ejemplo, un propulsor T1 de proa) que se interconecta con las barras 2a, 2b colectoras de CA.

50 Un primer conjunto 8a de rectificador/inversor activo está conectado eléctricamente a la primera barra 2a colectora de CA y un segundo conjunto 8b de rectificador/inversor activo está conectado eléctricamente a la segunda barra 2b colectora de CA. Los conjuntos 8a, 8b activos de rectificador/inversor están conectados eléctricamente a las respectivas barras 2a, 2b colectoras de CA mediante un interruptor 10 de protección con interruptores automáticos y controles asociados u otros medios de conmutación.

55 Cada uno de los conjuntos rectificador/inversor activo incluye un rectificador/inversor activo 12a, 12b que tiene cualquier topología adecuada, tal como una topología de punto sujetado neutral de dos o de tres niveles o una topología de varios niveles con una serie de dispositivos de conmutación de energía semiconductores como los IGBT, los IGCT y los IEGT totalmente controlados y regulados mediante una estrategia de modulación de ancho de pulso, por ejemplo. Los terminales de salida de CC de cada rectificador/inversor 12a, 12b activo están conectados eléctricamente a un enlace 14a, 14b de CC que incluye un condensador 16a, 16b de salida de CC. Los terminales de entrada de CA de cada rectificador/inversor 12a, 12b activo están conectados eléctricamente a la respectiva barra 2a, 2b colectora por medio de un contactor 18a, 18b que se puede activar para precargar el condensador 16a,

16b de salida de CC y para arrancar y detener el rectificador/inversor activo. Cada conjunto de rectificador/inversor activo incluye un filtro 20a, 20b de armónicos del lado de CA.

El enlace 14a CC, 14b de cada conjunto de 8a, 8b rectificador/inversor activo está conectado eléctricamente a un respectivo conjunto 22a, 22b de interfaz de CC.

- 5 Cada conjunto 22a, 22b de la interfaz de CC incluye una primera línea de circuito de CC entre un primer terminal de entrada de CC y un primer terminal de salida de CC y una segunda línea de circuito de CC entre un segundo terminal de entrada de CC y un segundo terminal de salida de CC. Cada línea de circuito de CC del primer conjunto 22a de interfaz de CC incluye un fusible 24a de CC para protección contra un cortocircuito en la barra 34 colectora de CC, un interruptor 26a automático, un filtro 28a inductor de modo común y una cadena de uno o más diodos 30a conectados en serie. De manera similar, cada línea de circuito de CC del segundo conjunto 22b de interfaz de CC incluye un fusible 24b de CC, un interruptor 26b de circuito, un filtro 28b de inductor de modo común y una cadena de uno o más diodos 30b conectados en serie. Los diodos 30a, 30b conectados en serie en cada conjunto 22a, 22b de interfaz de CC desconectan automáticamente el conjunto respectivo del primer o segundo conjunto 8a, 8b de rectificador/inversor activo si no puede suministrar energía. La desconexión automática ocurre instantáneamente y es el resultado de la acción de bloqueo inverso de los diodos 30a, 30b. La acción de bloqueo inverso de los diodos 30a, 30b también evita la propagación de un fallo (por ejemplo, un cortocircuito) entre los conjuntos 8a, 8b de rectificador/inversor activos.

Cada diodo 30a, 30b conectado en serie está conectado a un circuito 32a, 32b de monitorización para la detección de fallos.

- 20 Cada filtro 28a, 28b inductor de modo común incluye una resistencia de amortiguación en un bobinado acoplado como se muestra en la figura 1 y añade una impedancia significativa para limitar la posible corriente que circula entre los conjuntos 8a, 8b de rectificador/inversor activo.

- 25 Los conjuntos 22a, 22b de interfaz CC están conectados en paralelo a una barra 34 colectora de CC común. En particular, la barra 34 de CC incluye una primera línea de circuito de CC que está conectada al primer terminal de salida de CC de cada conjunto 22a, 22b de interfaz de CC y una segunda línea de circuito de CC que está conectada al segundo terminal de salida de CC de cada conjunto de interfaz de CC.

- 30 Un tercer conjunto 36 de rectificador/inversor activo incluye un rectificador/inversor 38 activo que funciona como una unidad de motor y tiene terminales de entrada de CC conectados eléctricamente a la barra 34 colectora de CC y los terminales de salida de CA conectados eléctricamente al motor eléctrico de la hélice T1 de proa. El rectificador/inversor 38 activo puede tener cualquier topología adecuada, como una topología de punto neutro de dos o tres niveles o una topología de múltiples niveles con una serie de dispositivos de conmutación de energía de semiconductores tales como IGBT, IGCT y IEGT totalmente controlados y regulados usando una estrategia de modulación de ancho de pulso, por ejemplo. Los terminales de entrada de CC del rectificador/inversor 38 activo están conectados eléctricamente a un enlace 40 de CC que incluye un condensador 42 de entrada de CC.

- 35 El motor eléctrico que forma parte de la hélice T1 de proa puede ser de cualquier tipo y construcción adecuada.

Durante las condiciones normales o de ausencia de fallos, se puede alimentar desde las barras 2a, 2b colectoras primera y segunda de CA a la barra 34 colectora de CC a través de los primer y segundo conjuntos 8a, 8b de rectificador/inversor activos y los primer y segundo conjuntos 22a, 22b de interfaz de CC. En otras palabras, la barra 34 de CC recibirá suministro tanto de la primera como la segunda barra 2a, 2b colectora de CA.

- 40 Un sistema de control (no mostrado) va a controlar el flujo de energía a través de los primer y segundo conjuntos 8a, 8b de rectificador/inversor activos. Típicamente, el flujo de energía a través del primer y el segundo conjunto 8a, 8b de rectificadores/inversores activos será sustancialmente el mismo, pero el sistema de control también puede asignar diferentes flujos de energía según las circunstancias. El sistema de control también se puede usar para controlar el flujo de energía a través del conjunto 36 de rectificador/inversor activo hacia el motor eléctrico. Los diversos rectificadores/inversores activos pueden controlarse para proporcionar el par requerido para mantener el motor eléctrico a una velocidad de rotación deseada, de modo que la hélice T1 de proa proporcione el empuje deseado, por ejemplo, para el posicionamiento dinámico (DP) de la embarcación marina.

La unión 6 de la barra colectora puede ser abierta o cerrada durante el funcionamiento normal y normalmente se abre durante una condición de fallo.

- 50 Si ocurre un fallo en uno o más de la primera barra 2a colectora de CA, el primer conjunto 8a de rectificador/inversor activo y el primer conjunto 22a de interfaz de CC, el motor eléctrico se aislará automáticamente de la primera barra colectora de CA por la acción instantánea de bloqueo inverso de los diodos 30a conectados en serie en el primer conjunto de interfaz de CC y la energía incrementada continuarán fluyendo hacia la barra 34 colectora de CC desde la segunda barra colectora de CA solamente o viceversa. Por lo tanto, la hélice T1 de proa continuará operando durante una condición de fallo usando la energía suministrada desde la segunda barra 2b colectora a través del segundo conjunto 8b de rectificador/inversor activo, la segunda unidad 22b de interfaz CC y la barra 34 colectora de CC.

En la figura 2 se muestra una segunda disposición de un sistema de propulsión y distribución de energía marina según la presente invención. La segunda disposición es similar a la primera disposición y a las partes similares se les han dado los mismos signos de referencia. Cuando a los componentes individuales de la figura 2 no se les han dado signos de referencia, por ejemplo, aquellos componentes que forman parte del primer y el segundo conjunto 22a, 22b de interfaz de CC, el conjunto 36 de rectificador activo y algunos de los componentes del lado de suministro de CA del primer y tercer conjuntos 104c, 104d de rectificador/inversor activos, se puede suponer que son idénticos a los componentes correspondientes de la primera disposición que se muestra en la figura 1.

En la segunda disposición, el primer conjunto 104c de rectificador/inversor activo forma parte de un convertidor 100c de energía que se utiliza para interconectar un motor eléctrico adicional que forma parte de un primer motor PM1 de propulsión de popa montado a la primera barra 2a colectora de CA. El tercer conjunto 104d de rectificador/inversor activo forma parte de un conjunto 100d de convertidor de energía que se usa para conectar un motor eléctrico adicional que forma parte de un segundo motor PM2 de propulsión montado en popa a la segunda barra 2b colectora de CA.

El motor eléctrico que forma parte del primer motor PM1 de propulsión está interconectado a la primera barra 2a colectora de CA mediante tres conjuntos 100a, 100b y 100c de convertidores de energía conectados en paralelo. De manera similar, el motor eléctrico que forma parte del segundo motor PM2 de propulsión está interconectado a la segunda barra 2b colectora de CA por tres conjuntos 100d, 100e y 100f de convertidores de energía conectados en paralelo. Los conjuntos 100a-f de convertidores de energía están conectados eléctricamente a las respectivas barras 2a, 2b colectoras de CA mediante un interruptor 102 de protección con interruptores automáticos y controles asociados u otros medios de conmutación.

Cada conjunto 100a-f del convertidor de energía incluye un conjunto 104a-f de rectificador/inversor activo idénticos a los conjuntos 8a, 8b de rectificador/inversor activo se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, se apreciará fácilmente que cada conjunto 100a-f de convertidor de energía es un convertidor de "extremo frontal activo" (AFE). Los terminales de salida de CC de cada rectificador/inversor 106a-f activo están conectados eléctricamente a un enlace 108a-f de CC que incluye un condensador 110a-f de salida de CC. Cada conjunto 100a-f de convertidor de energía también incluye un rectificador/inversor 112a-f activo que funciona como un motor y tiene terminales de entrada de CC conectados eléctricamente al enlace 108a-f de CC y terminales de salida de CA conectados eléctricamente al motor eléctrico del respectivo motor PM1, PM2 de propulsión. Cada enlace 108a-f de CC incluye un condensador 114a-f de entrada de CC. El rectificador/inversor 112a-f activo puede tener cualquier topología adecuada, como una topología de punto neutro de dos o tres niveles o una topología de múltiples niveles con una serie de dispositivos de conmutación de energía de semiconductores como IGBT, IGCT e IEGT totalmente controlados y regulado utilizando una estrategia de modulación de ancho de pulso, por ejemplo.

El primer conjunto 22a de interfaz de CC y la segunda rectificador/inversor 112c activo para el conjunto 100c de convertidor de energía están conectados en paralelo al enlace 108c de CC. De manera similar, el segundo conjunto 22b de interfaz de CC y el cuarto rectificador/inversor 112d activo para el conjunto 100d de convertidor de energía están conectados en paralelo al enlace 108d de CC.

El conjunto 100c de convertidor de energía está conectado eléctricamente al motor eléctrico que forma parte del primer motor PM1 de propulsión por un contactor 116 y el conjunto 100d de convertidor de energía está conectado eléctricamente al motor eléctrico que forma parte del segundo motor PM2 de propulsión mediante un contactor 118.

Aunque no se muestra en la figura 2, se apreciará fácilmente que uno o más motores eléctricos, por ejemplo, cada uno forma parte de un motor propulsor o propulsión, pueden conectarse a las barras 2a, 2b colectoras de CA por uno o más conjuntos de convertidores de energía similares.

Durante el funcionamiento normal o sin fallos, y si no se requiere la hélice T1 de proa, el primer y segundo motores PM1, PM2 de propulsión recibirán energía de la primera y segunda barras 2a, 2b colectoras de CA a través de los conjuntos 100a-f de convertidores de energía en la forma habitual. Los contactores 116, 118 estarán cerrados.

Si se requiere la hélice T1 de proa, por ejemplo, para DP, los contactores 116, 118 se abren y el motor eléctrico que forma parte del propulsor de proa recibirá energía de la primera y segunda barras 2a, 2b colectoras de CA a través de los conjuntos de rectificador/inversor 104c, 104d activos de los conjuntos 100c, 100d de convertidor de energía. El primer y segundo motores PM1, PM2 de propulsión también se pueden operar, pero no con la energía nominal máxima, ya que aún pueden recibir energía de la primera y la segunda barra 2a, 2b colectora de CA, a través de los conjuntos de convertidores de energía restantes. No recibirán energía a través de los conjuntos 100c, 100d del convertidor de energía.

Si ocurre un fallo en uno o más de la primera barra 2a colectora de CA, los conjuntos 100a-c del convertidor de energía y el primer conjunto 22a de interfaz de CC, el motor eléctrico que forma parte de la hélice T1 de proa se puede aislar de la primera barra 2a colectora de CA mediante la acción de bloqueo inverso instantáneo de los diodos 30a conectados en serie en el primer conjunto de interfaz de CC y el aumento de energía continuarán fluyendo hacia la barra CC 34 colectora de desde la segunda barra 2b colectora de CA o viceversa. Por lo tanto, la hélice T1 de proa continuará operando durante una condición de fallo utilizando la energía suministrada desde la segunda barra

ES 2 706 420 T3

2b colectora de CA a través del conjunto 104d de rectificador/inversor activo del conjunto 100d de convertidor de energía, el segundo conjunto 22b de interfaz de CC y la barra 34 colectora de CC. El motor de propulsión que está conectado a la barra colectora de CA sin fallos también puede continuar funcionando normalmente.

- 5 Si un propulsor de proa adicional (no mostrado) está conectado a cada una de las primera y segunda barras colectoras de CA, por ejemplo, por medio de un convertidor AFE de interfaz, la embarcación marina puede cumplir con los requisitos DYNPOS-AUTR. Por ejemplo, si hay un fallo en la segunda barra 2b colectora de CA, la embarcación marina tendrá un motor de propulsión operacional en la popa (es decir, el primer motor PM1 de propulsión) y dos propulsores de proa operacionales, es decir, la hélice T1 de proa que recibir suministro desde la primera barra colectora de CA y el propulsor de proa adicional (no se muestra) que está conectado a la primera
- 10 barra colectora de CA.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de distribución de energía (por ejemplo, un sistema de propulsión y distribución de energía marina) que comprende:

- 5 una primera barra (2a) colectora de CA;
una segunda barra (2b) colectora de CA;
un primer motor (PM1) eléctrico;
un segundo motor (PM2) eléctrico;
un primer convertidor (100c) de energía que tiene:
un primer rectificador/inversor (106c) activo que tiene:
10 terminales de entrada de CA conectados eléctricamente a la primera barra (2a) colectora de CA, y
terminales de salida de CC; y
un segundo rectificador/inversor (112c) activo que tiene:
15 terminales de entrada de CC conectados eléctricamente a los terminales de salida de CC del primer
rectificador/inversor (106c) activo mediante un enlace (108c) de CC, y
terminales de salida de CA conectados eléctricamente al primer motor (PM1) eléctrico;

un segundo convertidor (100d) de energía que tiene:

- 20 un tercer rectificador/inversor (106d) activo que tiene:
terminales de entrada de CA conectados eléctricamente a la segunda barra (2b) colectora de CA, y
terminales de salida de CC; y
un cuarto rectificador/inversor (112d) activo que tiene:
25 terminales de entrada de CC conectados eléctricamente a los terminales de salida de CC del tercer
rectificador/inversor (106d) activo mediante un enlace (108d) de CC, y
terminales de salida de CA conectados eléctricamente al segundo motor (PM2) eléctrico;

caracterizado porque el procedimiento comprende, además:

- una primera interfaz (22a) de CC que tiene:
30 terminales de entrada de CC conectados eléctricamente a los terminales de salida de CC del primer
rectificador/inversor (106c) activo en paralelo con el enlace (108c) de CC, terminales de salida de CC, y
medios de bloqueo inverso conectados eléctricamente entre los terminales de entrada y salida de CC de
la primera interfaz (22a) de CC, los medios de bloqueo inverso comprenden una cadena de uno o más
35 dispositivos semiconductores de energía conectados en serie, por ejemplo, diodos (30a), que
proporcionan una acción de bloqueo inversa;
una segunda interfaz (22b) de CC que tiene:
terminales de entrada de CC conectados eléctricamente a los terminales de salida de CC del tercer
40 rectificador/inversor (106d) activo en paralelo con el enlace (108d) de CC, terminales de salida de CC y
medios de bloqueo inverso conectados eléctricamente entre los terminales de entrada y salida de CC de
la segunda interfaz (22b) de CC, los medios de bloqueo inverso comprenden una cadena de uno o más
dispositivos semiconductores de energía conectados en serie, por ejemplo, diodos (30b), que
proporcionan una acción de bloqueo inversa;
un quinto rectificador/inversor (38) activo que tiene:
45 terminales de entrada de CC conectados eléctricamente en paralelo a los terminales de salida de CC de la
primera interfaz (22a) de CC y los terminales de salida de CC de la segunda interfaz (22b) de CC,
opcionalmente por medio de una barra (34) colectora de CC, y
terminales de salida de CA; y
50 un tercer motor (T1) eléctrico conectado eléctricamente a los terminales de salida de CA del quinto
rectificador/inversor (38) activo.

2. Un sistema de distribución de energía según la reivindicación 1, en el que una o ambas de la primera interfaz (22a) de CC y la segunda interfaz (22b) de CC comprenden además una o más de:

un fusible (24a, 24b) de CC,

un disyuntor (26a, 26b), y
un filtro (28a, 28b) inductor de modo común.

- 5 3. Un sistema de distribución de energía según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el primer motor (PM1) eléctrico está conectado eléctricamente a la primera barra (2a) colectora de CA mediante uno o más convertidores (100a, 100b) de energía adicionales en paralelo con el primer convertidor (100c) de energía.
4. Un sistema de distribución de energía según cualquier reivindicación anterior, que comprende además un primer contactor (116) entre el primer convertidor (100c) de energía y el primer motor (PM1) eléctrico para aislar selectivamente el primer motor (PM1) eléctrico de la primera interfaz (22a) de CC.
- 10 5. Un sistema de distribución de energía según con cualquier reivindicación anterior, en el que el segundo motor (PM2) eléctrico está conectado eléctricamente a la segunda barra (2b) colectora de CA mediante uno o más convertidores (100e, 100f) de energía adicionales en paralelo con el segundo convertidor (100d) de energía.
6. Un sistema de distribución de energía según cualquier reivindicación anterior, que comprende además un segundo contactor (118) entre el segundo convertidor (100d) de energía y el segundo motor (PM2) eléctrico para aislar selectivamente el segundo motor (PM2) eléctrico de la segunda interfaz (22b) de CC.
- 15 7. Un sistema de distribución de energía según cualquier reivindicación anterior, que comprende además una unión (6) de la barra colectora para conectar selectivamente la primera y la segunda barra (2a, 2b) colectora de CA.
8. Un sistema de distribución de energía según cualquier reivindicación anterior, que comprende además al menos un generador (G1) de CA conectado eléctricamente a la primera barra (2a) colectora de CA y al menos un generador (G2) de CA conectado eléctricamente a la segunda barra (2b) colectora de CA.
- 20 9. Un procedimiento para operar un sistema de distribución de energía que comprende:
- una primera barra (2a) colectora de CA;
una segunda barra (2b) colectora de CA;
un primer motor (PM1) eléctrico;
un segundo motor (PM2) eléctrico;
- 25 un primer convertidor (100c) de energía que tiene:
- un primer rectificador/inversor (106c) activo que tiene:
- terminales de entrada de CA conectados eléctricamente a la primera barra (2a) colectora de CA, y
terminales de salida de CC; y
- un segundo rectificador/inversor (112c) activo que tiene:
- 30 los terminales de entrada de CC se conectan eléctricamente a los terminales de salida de CC del primer rectificador/inversor (106c) activo mediante un enlace (108c) de CC, y
terminales de salida de CA conectados eléctricamente al primer motor (PM1) eléctrico;
- un segundo convertidor (100d) de energía que tiene:
- un tercer rectificador/inversor (106d) activo que tiene:
- 35 terminales de entrada de CA conectados eléctricamente a la segunda barra (2b) colectora de CA,
y
terminales de salida de CC; y
- un cuarto rectificador/inversor (112d) activo que tiene:
- 40 terminales de entrada de CC conectados eléctricamente a los terminales de salida de CC del tercer rectificador/inversor (106d) activo mediante un enlace (108d) de CC, y
terminales de salida de CA conectados eléctricamente al segundo motor (PM2) eléctrico;
- una primera interfaz (22a) de CC que tiene:
- 45 terminales de entrada de CC conectados eléctricamente a los terminales de salida de CC del primer rectificador/inversor (106c) activo en paralelo con el enlace (108c) de CC,
terminales de salida de CC y medios de bloqueo inverso conectados eléctricamente entre los terminales de entrada y salida de CC de la primera interfaz (22a) de CC, los medios de bloqueo inverso comprenden una cadena de uno o más dispositivos semiconductores de suministro conectados en serie, por ejemplo, diodos (30a), que proporcionan una acción de bloqueo inverso;
- 50 una segunda interfaz (22b) de CC que tiene:

terminales de entrada de CC conectados eléctricamente a los terminales de salida de CC del tercer rectificador/inversor (106d) activo en paralelo con el enlace (108d) de CC, terminales de salida de CC, y

5 medios de bloqueo inverso conectados eléctricamente entre los terminales de entrada y salida de CC de la segunda interfaz (22b) de CC, los medios de bloqueo inverso comprenden una cadena de uno o más dispositivos semiconductores de energía conectados en serie, por ejemplo, diodos (30b), que proporcionan una acción de bloqueo inversa;

un quinto rectificador/inversor (38) activo que tiene:

10 terminales de entrada de CC conectados eléctricamente en paralelo a los terminales de salida de CC de la primera interfaz (22a) de CC y los terminales de salida de CC de la segunda interfaz (22b) de CC, opcionalmente por medio de una barra (34) colectora de CC, y

terminales de salida de CA;

15 un tercer motor (T1) eléctrico conectado eléctricamente a los terminales de salida de CA del quinto rectificador/inversor (38) activo;

un primer contactor (116) entre el primer convertidor (100c) de energía y el primer motor (PM1) eléctrico;

un segundo contactor (118) entre el segundo convertidor (100d) de energía y el segundo motor (PM2) eléctrico;

20 en el que el primer motor (PM1) eléctrico está conectado eléctricamente a la primera barra (2a) colectora de CA mediante uno o más convertidores (100a, 100b) de energía adicionales en paralelo con el primer convertidor (100c) de energía; y

en el que el segundo motor (PM2) eléctrico está conectado eléctricamente a la segunda barra (2b) colectora de CA mediante uno o más convertidores (100c, 100f) de energía adicionales en paralelo con el segundo convertidor (100d) de energía;

25 el procedimiento que comprende la etapa de operar el sistema de distribución de energía en uno de los siguientes modos:

un primer modo normal o sin fallos en el que:

(i) el primer y segundo contactores (116, 118) están cerrados y no se suministra suministro al tercer motor (T1) eléctrico, y

30 (ii) se suministra suministro al primer motor (PM1) eléctrico desde la primera barra (2a) colectora de CA a través del primer convertidor (100c) de energía y/o se suministra suministro al segundo motor (PM2) eléctrico desde la segunda barra (2b) colectora de CA a través del segundo convertidor (100d) de energía;

un segundo modo normal o sin fallos en el que:

35 (i) el primer y segundo contactores (116, 118) se abren para aislar el primer motor (PM1) eléctrico de la primera interfaz (22a) de CC y para aislar el segundo motor (PM2) eléctrico de la segunda interfaz (22b) de CC y se suministra energía al tercer motor (T1) eléctrico desde la primera y la segunda barra (2a, 2b) colectora de CA a través de la primera y la segunda interfaces (22a, 22b) de CC, la barra (34) colectora de CC opcional y el quinto rectificador/inversor (36) activo, y

40 (ii) la energía se suministra opcionalmente al primer motor (PM1) eléctrico desde la primera barra (2a) colectora de CA a través de uno o más convertidores (100a, 100b) de energía adicionales y/o la energía se suministra opcionalmente al segundo motor (PM2) eléctrico desde la segunda barra (2b) colectora de CA a través de uno o más convertidores (100e, 100f) de energía adicionales; y

un modo de fallo en el que la primera barra (2a) colectora de CA es defectuosa y la segunda barra (2b) colectora de CA no es defectuosa, en el que se suministra suministro al tercer motor (T1) eléctrico solo desde la segunda barra (2b) colectora de CA hasta la segunda interfaz (22b) de CC, la barra (34) colectora de CC opcional y el tercer rectificador/inversor (36) activo, el tercer motor (T1) eléctrico se aísla automáticamente de la primera barra (2a) colectora de CA por la acción de bloqueo inverso de los medios de bloqueo inverso en la primera interfaz (22a) de CC.

10. Un procedimiento según la reivindicación 9, en el que, durante un modo de fallo, se suministra energía al segundo motor (PM2) eléctrico a través de uno o más convertidores (100e, 100f) de energía adicionales.

50

