

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 471**

51 Int. Cl.:

B60K 6/20	(2007.01) B60L 1/00	(2006.01)
B60K 1/02	(2006.01) B60L 11/00	(2006.01)
B60K 5/08	(2006.01) B60L 11/18	(2006.01)
B60K 6/48	(2007.01) B63B 35/66	(2006.01)
B60L 11/12	(2006.01) B60L 11/14	(2006.01)
B63H 21/20	(2006.01)	
B60W 10/06	(2006.01)	
B60W 10/08	(2006.01)	
B60W 10/30	(2006.01)	
B60W 20/00	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2008** **PCT/US2008/086724**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2009** **WO09076659**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2008** **E 08858434 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.06.2016** **EP 2225118**

54 Título: **Sistemas de propulsión híbridos**

30 Prioridad:

12.12.2007 US 13113

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

09.12.2016

73 Titular/es:

FOSS MARITIME COMPANY (33.0%)
660 West Ewing Street
Seattle, Washington 98119, US;
ASPIN KEMP & ASSOCIATES HOLDING CORP
(33.0%) y
XEROPOINT ENERGY (33.0%)

72 Inventor/es:

BARRETT, JOHN;
BOYD (NEE REYNOLDS), ELIZABETH;
STEWART, TIM;
MCKENNA, RICK;
ASPIN, JASON;
ELDRIDGE, JOHN;
JAMER, PAUL;
STRATTON, JOHN y
WRIGHT, CHRIS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 593 471 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

Sistemas de propulsión híbridos

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a los sistemas de propulsión híbridos apropiados para uso en embarcaciones marinas que tienen unas necesidades de potencia variables durante la operación, y a los sistemas y métodos de gestión del flujo de potencia en los sistemas de propulsión híbridos.

10 ANTECEDENTES

La conservación de la potencia y los esfuerzos en el control de la contaminación ambiental están impulsando el desarrollo y la puesta en práctica de sistemas de propulsión para embarcaciones marinas y para otros trabajos pesados unas aplicaciones de demanda variable que reducen el consumo de combustible y las emisiones perjudiciales. La propulsión diesel-eléctrica se ha usado en submarinos y barcos de superficie durante muchos años. En general, un motor diesel está acoplado a un generador eléctrico, el cual suministra potencia a un motor eléctrico que está acoplado mecánicamente a una hélice.

También se han puesto en práctica diversos tipos de sistemas de propulsión de ciclo combinado que utilizan dos o más fuentes de potencia distintas para la propulsión, ya sea de forma conjunta o separada. Por ejemplo, una disposición CODOG (Combined Diesel Or Gas) proporciona una propulsión mediante motores diesel o motores de turbina de gas, pero no ambas simultáneamente. Por el contrario, un CODAG (Combined Diesel And Gas) permitiría ambos tipos de propulsión al mismo tiempo, así como independientemente. Las disposiciones de ciclo combinado han sido usadas en diversas combinaciones de propulsión diesel, diesel-eléctrica, turbina de gas y turbina de vapor. El buque polivalente Canterbury HMNZS de la Real Armada de Nueva Zelanda tiene un sistema de propulsión Diesel Eléctrico y Diesel (CODLAD).

La Patente de EEUU 7.207.852 describe un sistema de propulsión de buques en el que un eje de impulsión mecánica se extiende a través del casco y está impulsado por una fuerza motriz situada dentro del buque, o por medio de un motor eléctrico en un alojamiento exterior al buque, a través del cual se extiende el eje de impulsión mecánico. Esta disposición proporciona las ventajas de la operación de ciclo combinado sin tener que alojar los motores eléctricos dentro del espacio interior limitado de un buque. Un tipo similar de unidad de propulsión eléctrica de barquilla ha sido combinado con un sistema de propulsión diesel convencional en Ueda, N. y Numaguchi, Hajime. El primer transbordador rápido ROPAX impulsado de forma híbrida CRP-POD en el mundo, Traducido del Journal of the JIME Vol. 40, Nº 2. 2005.

No obstante, estos trabajos para proporcionar sistemas de propulsión combinados para aplicaciones en embarcaciones marinas, los sistemas combinados han mostrado unos resultados decepcionantes, especialmente en cuanto a la eficiencia general del combustible y el rendimiento, reducción de emisiones, versatilidad, y capacidad de responder rápida y eficientemente a un conjunto de situaciones de demanda de propulsión.

El documento WO 2007/075148 A1 describe un sistema híbrido de potencia y de propulsión que comprende:

una fuente que proporciona energía para propulsión que incluye al menos un primer motor propulsor principal y al menos una unidad motor-generador, un sistema de almacenamiento de energía, un sistema de distribución eléctrica, y un sistema de gestión de la energía que controla la operación de cada una de al menos dos fuentes, en donde el al menos un motor propulsor principal y la al menos una unidad motor-generador están dispuestos para impulsar un eje de salida común y unidos a un miembro de salida propulsora común, el eje de salida común y el miembro de salida propulsora común son impulsables ambos de forma independiente y simultánea por el al menos un motor propulsor principal y la al menos una unidad motor-generador, y el sistema de gestión de la energía cambia dinámicamente la operación de cada una de las al menos dos fuentes para satisfacer las demandas de propulsión.

La Patente Alemana DE29604437 proporciona una impulsión híbrida para una embarcación.

55 La Patente Europea EP0217049 proporciona un sistema de propulsión marina.

La Solicitud de Patente Internacional PCT/EP2004/052944 proporciona una generación y distribución de potencia, y un sistema de suministro de potencia a bordo para buques de superficie (armada) de diferentes clases y tamaños.

60 COMPENDIO

En el presente sistema de propulsión híbrido la energía para la propulsión puede ser suministrada por unos motores principales (por ejemplo, motores diesel u otros tipos de motores de fuerza motriz primaria) en una configuración mecánica directa, por motores-generadores (por ejemplo, generadores diesel en una configuración diesel-eléctrica), por baterías de almacenamiento en una configuración totalmente eléctrica, o por cualquier combinación de estas fuentes de energía. Las cargas de hotel de los buques y las demandas de energía auxiliar, tales como los cabrestantes y otros equipos operativos, pueden también ser satisfechas por las fuentes de energía híbridas. Un

sistema de gestión de la energía alterna cambia entre y/o entre unas opciones de energía disponibles y altera la operación y la producción de las diversas fuentes de energía en respuesta a las demandas de carga propulsora, las cargas de hotel y/o las demandas de energía auxiliar, poniendo en marcha múltiples modos operativos. La operación del sistema de propulsión a lo largo de los múltiples modos operativos permite la optimización de la respuesta del sistema de propulsión a los diversos estados y mejora individualmente la eficiencia del combustible y del funcionamiento del sistema general y de las diversas fuentes de energía, reduciendo las emisiones y satisfaciendo un conjunto de demandas de energía de una forma rápida y eficiente. En algunas realizaciones un Sistema de Gestión de la Energía (EMS) aplica un conjunto variable de una forma sustancialmente continua del sistema de modos operativos y cambia dinámicamente la operación de las diversas fuentes de energía para satisfacer la propulsión y otras demandas de energía.

El sistema híbrido de propulsión de la presente invención se describe con referencia a un sistema de propulsión marina de embarcaciones se incorpora un enfoque innovador a la configuración de las plantas de propulsión marina. El sistema es especialmente apropiado para uso en embarcaciones que tienen necesidades de una alta capacidad de carga propulsora y unas demandas de potencia variables, en donde una potencia alta es generalmente demandada durante unos períodos de tiempo intermitentes. El sistema de propulsión híbrido se describe con referencia a unos motores principales (por ejemplo, motores diesel) que operan en concierto con unidades motor-generador en una línea de impulsión doble, disposición doble hélice y que fue específicamente diseñado para uso con embarcaciones marinas tales como remolcadores. No obstante, el sistema de propulsión híbrido puede ser empleado en otras embarcaciones marinas y aplicaciones de demanda de potencia variable, y puede ser aplicado en un único motor, una única línea de impulsión, y/o una disposición de hélice única. Las demandas de energía adicionales pueden ser satisfechas y también pueden ser incorporadas unas fuentes de energía adicionales en los sistemas de la presente invención.

El sistema de propulsión híbrido proporciona la capacidad de generar, almacenar y utilizar la energía eficientemente, y proporciona una flexibilidad considerable con respecto a la configuración. Los sistemas de gestión de propulsión y energía híbridos aquí descritos minimizan la innecesaria operación de múltiples motores de impulsión principales, operan los motores de impulsión principales solamente dentro de sus intervalos de eficiencia altos, y permiten a motores únicos o más pequeños dar potencia a muchas cargas, reduciendo tanto el consumo de combustible como las emisiones perjudiciales. El diseño facilita una configuración flexible, incorporando típicamente una propulsión directa-diesel, diesel-eléctrica y totalmente eléctrica, que usa unas técnicas de almacenamiento de energía eléctrica y de conversión de potencia avanzadas. El sistema tiene capacidad para el uso de fuentes de energía alternativas cuando se dispone de tales fuentes, tanto a bordo como de fuentes auxiliares, tales como fuentes con base en tierra. La flexibilidad del sistema permite que sea configurado para satisfacer un amplio intervalo de necesidades de ciclos de trabajo y de potencia.

La nueva disposición de las fuentes de potencia de propulsión y de las tecnologías de control puede ser operada por el Sistema de Gestión de la Energía (EMS), que requiere poca o ninguna entrada de control del operador. De acuerdo con algunas realizaciones, el EMS es capaz de configurar la planta de potencia, que comprende múltiples fuentes de potencia propulsora, para una alta eficiencia a lo largo de un amplio intervalo de demandas de energía propulsora y de otro tipo empleando técnicas "inteligentes" de compartición de carga, de distribución de energía y de optimización del par motor. De este modo, el o los motores principales de propulsión de la embarcación (por ejemplo, motores diesel) y otras fuentes de energía se utilizan con una alta eficiencia a lo largo de un amplio intervalo de velocidades de salida del eje solicitadas. En general, el motor o motores principales, el o los motores-generadores, e o los generadores auxiliares y la o las baterías de almacenamiento proporcionan potencia para las demandas de propulsión y auxiliares, tales como la carga de "hotel" (iluminación, aire acondicionado, bombas de agua domésticas, etc), equipos auxiliares que requieren potencia, tales como los cabrestantes, y similares.

Los motores propulsores principales (por ejemplo, motores diesel) están acoplados mecánicamente a la línea de impulsión por medio de un dispositivo de embrague, por ejemplo, y están también unidos a uno o unos motores-generadores dispuestos en una línea de impulsión común. La salida de los motores propulsores principales puede impulsar el eje de salida propulsora (por ejemplo, las hélices) o el o los motores-generadores, o ambos, dependiendo de las demandas de carga y del modo operativo seleccionado o aplicado. El o los motores-generadores están generalmente disponibles para operar como unos generadores que suministran energía a un sistema de distribución eléctrica (por ejemplo, una barra de distribución), o como unos motores que impulsan el eje motor, dependiendo de la demanda de propulsión de la embarcación o de la carga y del modo operativo aplicado.

La distribución de energía eléctrica en todo el sistema se suministra a y desde una barra de distribución común, generalmente una barra de distribución en CC, y el flujo de energía entre la barra de distribución en CC y los motores-generadores de propulsión es preferiblemente bidireccional. El flujo bidireccional permite que los motores-generadores suministren una energía en exceso a la barra de distribución cuando tengan una capacidad de generación en exceso, mientras que también permiten que los motores-generadores extraigan energía de la barra de distribución para operación como motores propulsores cuando se disponga de un exceso de energía. La barra de distribución principal también proporciona generalmente un flujo de energía bidireccional a uno o más sistemas de almacenamiento de energía (por ejemplo, los bancos de baterías), permitiendo la carga del sistema de almacenamiento de energía cuando se dispone de un exceso de energía y extrayendo energía del sistema de

almacenamiento de energía cuando sea necesario. La energía obtenida de otros sistemas de a bordo o auxiliares, tales como generadores auxiliares, potencia de tierra, turbinas de viento o de agua, células de potencia solar y/o fotovoltaicas, y similares, puede también ser suministrada a la barra de distribución de energía principal. Las demandas de energía auxiliares, tales como las cargas de hotel, cabrestantes y de otros equipos operativos, y similares, pueden también ser satisfechas a partir de la barra de distribución de energía principal. Durante períodos de baja demanda o carga, las demandas de propulsión pueden ser satisfechas por cualquier combinación de batería y/o generador de potencia auxiliar y suministradas por medio de la barra de distribución principal de energía en CC y el o los respectivos transformadores. Cuando las demandas de propulsión requieran menos del 100% de la potencia generada, el exceso de potencia puede ser usado para cargar el sistema de almacenamiento de energía y/o satisfacer otras demandas de energía.

El sistema híbrido generalmente comprende al menos dos fuentes que proporcionan energía para propulsión, que incluyen al menos uno y preferiblemente dos motores propulsores principales (por ejemplo, motores diesel), y al menos uno y preferiblemente dos motores/generadores eléctricos dispuestos en línea con los motores propulsores principales. Las unidades motor/generador están preferiblemente unidas a al menos un miembro de salida propulsora, tal como una o unas hélices y/o una o unas impulsiones Z por medio de embragues, o unos dispositivos funcionalmente similares, que permiten el aislamiento del o de los motores principales y la operación de la línea de impulsión de propulsión y del miembro de salida propulsora cuando el motor principal no está operando. El uso de embragues permite también la operación del motor/generador eléctrico asociado como un generador independiente de la línea de impulsión de propulsión. El o los motores propulsores principales pueden ser usados para impulsar el o los motores/ generadores dispuestos en una línea de impulsión común con o sin la impulsión Z acoplada.

La capacidad de almacenamiento de energía del sistema puede ser dimensionada y configurada según sea necesario para proporcionar energía para satisfacer las demandas de propulsión de la embarcación y las auxiliares durante períodos de demanda mínima y para ayudar al sistema a satisfacer unas necesidades de energía provisionales de corta duración que superen la capacidad del motor principal en línea. Esto proporciona una flexibilidad al sistema y mejora la capacidad de respuesta debido a que permite que el sistema reduzca el tiempo requerido para obtener una capacidad de generación en línea cuando las necesidades de potencia aumentadas tengan una duración mayor. En una realización se dispone un almacenamiento químico en forma de bancos de baterías de ácido de plomo. Tipos alternativos de baterías y de dispositivos de almacenamiento de energía pueden de forma adicional o alternativa ser incorporados al sistema. Cuando se dispone de una energía de reserva rotativa, el Sistema de Gestión de la energía (EMS) usa la energía disponible de la forma más eficiente posible para reponer las reservas de almacenamiento de energía a la vez que satisface las necesidades de potencia para la propulsión y cualesquiera cargas auxiliares.

El sistema de propulsión híbrido a menudo usa un sistema eléctrico de barra de distribución doble con unos transformadores que proporcionan un flujo de energía bidireccional entre las barras de distribución en CA y CC. Una o más barras de distribución en CA generalmente proporcionan potencia para las cargas de hotel y otras demandas de potencia auxiliar de poca importancia, en tanto que la barra de distribución en CC es generalmente la fuente de distribución de potencia para todas las demandas propulsoras importantes, y para otras demandas de potencia altas tales como los cabrestantes y otros equipos de alta potencia. La o las barras de distribución en CA pueden extraer energía de la barra de distribución en CC, y uno o más generadores auxiliares pueden adicionalmente ser provistos para dar potencia a la barra de distribución en CA directamente. El exceso de potencia en la barra de distribución en CA puede ser suministrado a la barra de distribución en CC para proporcionar una potencia de propulsión y satisfacer otras demandas del sistema. El o los generadores auxiliares pueden de este modo suministrar energía indirectamente para las necesidades propulsoras, cuando la energía en exceso es suministrada de la o las barras de distribución en CA a la o las barras de distribución en CC, y de la barra de distribución en CC al o a los motores-generadores para satisfacer las demandas propulsoras. En una realización las Impulsiones de Frecuencia Variable (VFDs) están conectadas entre la barra de distribución en CC y el o los motores-generadores y se usan para proporcionar potencia para satisfacer las necesidades especificadas de velocidad del motor-generador y/o del par motor.

El sistema de propulsión híbrido produce unas eficiencias sustanciales en la operación del motor, en el consumo de combustible y en las necesidades de mantenimiento, y reduce las emisiones perjudiciales, operando el o los motores principales dentro de una alta eficiencia, de unos intervalos de emisiones bajos y suministrando una energía propulsora procedente de otras fuentes según sea necesario para satisfacer la demanda propulsora y soportar la operación del motor con una alta eficiencia. Los motores de una alta capacidad de carga y las fuerzas motrices primarias operan típicamente más eficientemente dentro de generalmente unos intervalos de salida altos, sin embargo son también operados dentro unos intervalos de salida de alta ineficiencia durante unos períodos de operación de baja demanda. El Consumo de Combustible Específico (SFC) para motores diesel, por ejemplo, generalmente disminuye con la carga. Para un motor diesel Caterpillar 3512, por ejemplo, el SFC al 100% de carga es de aproximadamente 0,064 USgal/hp.hora (0,228 l/CV.hora), en tanto que a un 25% de carga, el SFC es 0,081 USgal/hp.hora (0,187 l/CV.hora). El SFC a cargas bajas, tal como las cargas experimentadas durante las esperas y el tránsito bajo, es incluso mayor, reduciendo espectacularmente las eficiencias operativas y aumentando las emisiones perjudiciales. El SFC alto de los motores de alta capacidad de carga que operan en niveles de baja

potencia desperdicia energía mediante la producción de calor, y produce un nivel mayor de emisiones de escape perjudiciales debidas a una combustión ineficiente.

El sistema de propulsión híbrido de la presente invención es operado por el EMS mediante un operador o una selección automatizada del sistema de los diversos modos operativos para satisfacer las demandas de propulsión variables y de energía auxiliar de una manera eficiente. El o los motores principales son típicamente operados solamente dentro de unos intervalos operativos en los que muestran eficiencia y un SFC bajo. Esto reduce principalmente el consumo de combustible en el extremo inferior de la curva de potencia, y de este modo produce un efecto desproporcionadamente grande sobre la reducción total de las emisiones. El sistema de propulsión híbrido aquí descrito reduce el consumo de combustible innecesario en la zona en la que el o los motores producen las máximas emisiones por unidad de energía entregada.

Cuando el o los motores principales son operados dentro de unos intervalos operativos en los que muestran una alta eficiencia y un bajo SFC, los cuales son típicamente unos intervalos operativos de salida altos, pueden satisfacer la demanda de propulsión que requieren la entrada de otras fuentes de energía. Cuando la salida del o de los motores principales supera la demanda de propulsión, la energía en exceso se distribuye, a través del motor-generador asociado, al sistema de distribución de energía y se usa para satisfacer las demandas de energía auxiliar y/o se almacena en el sistema. Durante períodos de alta demanda de propulsión las demandas de carga del sistema pueden ser satisfechas por múltiples fuentes, que incluyen el o los motores principales, el almacenamiento de energía, y la capacidad de generación auxiliar. Durante períodos de baja demanda de propulsión el o los motores principales no son operados y la energía para satisfacer las demandas de propulsión es suministrada desde el almacenamiento de energía y/o la capacidad de generación auxiliar. La operación del sistema de propulsión de la presente invención en un modo híbrido puede así proporcionar unas eficiencias sustanciales, y unas emisiones reducidas, operando los motores propulsores principales dentro de una mayor eficiencia, y unos intervalos de emisión más bajos independientemente del tipo de motor propulsor principal.

El sistema de propulsión híbrido de la presente invención puede adicionalmente proporcionar unas características de control operativo, y unas características de control de las emisiones (además de los equipos de control de emisiones dispuesto con los motores principales) para asegurar que los motores principales sean operados dentro de unos parámetros operativos deseados. El control operativo puede ser realizado de varias formas diferentes. En situaciones de alta demanda, por ejemplo, cuando el o los motores principales están funcionando y el o los motores/generadores están adicionalmente proporcionando un par motor positivo a la línea de impulsión, el EMS puede ser configurado para controlar, o limitar, la cantidad de par motor aportado por el o los motores principales, limitando de una forma efectiva la operación del motor en o por debajo de un par motor de salida especificado sin limitar la potencia disponible a la hélice. De este modo, el o los motores principales pueden ser operados con una eficiencia óptima en toda su curva de potencia, minimizando la producción de las emisiones del motor.

De acuerdo con una realización, la operación del motor está limitada a la operación dentro de unos intervalos del par motor de salida en o por debajo de los límites recomendados, con el o los motores/generadores proporcionando una potencia para satisfacer las demandas de propulsión en exceso de las satisfechas por el o los motores principales que operan dentro del o de los intervalos de par motor recomendados. Para la operación en los EEUU, por ejemplo, la operación del motor puede ser controlada para permanecer por debajo de un límite recomendado para no ser excedido (NTE) de una agencia reguladora local, estatal, o federal en todas las demandas de salida, con una potencia en exceso proporcionada por otros componentes del sistema de propulsión híbrido. Los diferentes límites NTE pueden estar programados en el sistema, o pueden ser seleccionados por un operador dependiendo de los reglamentos locales, las condiciones operativas, y similares.

La combustión del combustible y la operación del motor ineficientes no solamente producen unos altos niveles de emisiones perjudiciales sino que también causan el deterioro prematuro de los componentes del motor y aumenta la frecuencia y el coste del mantenimiento. El sistema híbrido de la presente invención puede ser operado para proporcionar un funcionamiento y una durabilidad mejoradas, y para reducir los costes de mantenimiento, proporcionar una programación más conveniente del mantenimiento, y similar. En los sistemas operativos de la presente invención el o los motores propulsores principales pueden ser operados limitando o controlando diversos parámetros además del par motor, tales como las rpm de salida, el tiempo de operación, y similar, para mejorar la eficiencia y el funcionamiento. Un buen estado general y unas ventajas de mantenimiento de los equipos se consiguen con revisiones del motor, cambios de aceite, sustituciones de los filtros de aire y aceite menos frecuentes, y una mayor capacidad para predecir, gestionar y programar los trabajos de mantenimiento. Otros componentes de los sistemas de propulsión híbridos y de gestión de la energía, tales como los generadores auxiliares, los sistemas de almacenamiento de energía, y similares, los sistemas de generación de energía auxiliares, y similares, pueden también ser monitorizados y controlados para mejorar la eficiencia y la durabilidad total del sistema, y para aplicar modos operativos especializados adaptados para satisfacer unas condiciones operativas y unas configuraciones del componente específicas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 ilustra un diagrama esquemático de un sistema híbrido de propulsión y de distribución de energía como ejemplo de la presente invención apropiado para uso con embarcaciones marinas que tienen demandas de potencia variables.

La Figura 2A muestra un diagrama esquemático que ilustra un modo de emisiones mínimas como ejemplo de operación del sistema apropiado para operar embarcaciones marinas que tienen sistemas de propulsión de alta capacidad durante períodos de inactividad de la embarcación, así como de tránsito lento y/o sin carga, en donde la carga de propulsión continua máxima no supera aproximadamente del 5% al 10% de la carga de propulsión máxima potencial durante un período prolongado.

La Figura 2B muestra un diagrama esquemático que ilustra como ejemplo la operación de un sistema de propulsión y de gestión de la energía en una demanda de potencia baja, un modo de emisiones mínimas y un estado de tránsito lento.

La Figura 3A muestra un diagrama esquemático que ilustra como ejemplo un modo de crucero ecológico de operación del sistema que proporciona la capacidad de tránsito lento o medio continuo y un bajo trabajo de ayuda de potencia en donde la carga continua máxima no supera desde aproximadamente el 15% al 35% de la carga de propulsión máxima potencial durante un período prolongado.

La Figura 3B muestra un diagrama esquemático que ilustra como ejemplo la operación de un sistema de gestión de propulsión y energía en un modo de demanda de potencia generalmente de bajo a medio.

La Figura 4A muestra un diagrama esquemático que ilustra un modo de intervalo medio de un sistema de operación que tiene una capacidad de carga de propulsión más amplia y mayor desde aproximadamente el 30% al 70% del potencial de carga de propulsión máxima.

La Figura 4B muestra un diagrama esquemático que ilustra como ejemplo la operación de un sistema de gestión de propulsión y energía en un intervalo generalmente de un nivel medio de demanda de potencia.

La Figura 5A muestra un diagrama esquemático que ilustra un modo de operación de potencia máxima que proporciona una operación de propulsión de alta capacidad para unas necesidades de tránsito rápido continuas y de ayuda potencia máxima que tiene una capacidad de carga desde aproximadamente el 60% a aproximadamente el 100% o más del potencial de carga de propulsión máxima.

La Figura 5B muestra un diagrama esquemático que ilustra como ejemplo la operación de un sistema de gestión de propulsión y energía generalmente en un modo de operación de demanda de carga alto de un nivel alto de demanda de potencia que proporciona una propulsión con una capacidad de carga alta.

La Figura 5C muestra un diagrama esquemático que ilustra como ejemplo la operación de un sistema de propulsión y de gestión de la energía en un modo de operación generalmente transitorio de demanda de carga alta que satisface la demanda de carga de propulsión en exceso de la potencia nominal del sistema.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la Figura 1 se ilustra esquemáticamente como ejemplo un sistema de propulsión híbrido. El sistema de propulsión híbrido de la presente invención comprende al menos dos fuentes que proporcionan energía para la propulsión e incorpora al menos uno, y preferiblemente dos, motores propulsores principales, tales como los motores diesel 10 y 10' (por ejemplo, los motores diesel principales de babor y estribor) y al menos uno, y preferiblemente dos, unidades motor-generador 14, 14'. En una realización del sistema híbrido de la presente invención adaptado específicamente para uso en embarcaciones marinas tales como remolcadores que tienen unas necesidades operativas y de funcionamiento altamente variables, la configuración de la línea de impulsión del sistema híbrido comprende dos motores propulsores principales 10, 10', cada uno acoplado a un miembro de salida propulsora tal como una hélice 18, 18' directamente o por medio de un sistema de impulsión mecánico o transmisión, tal como unos empujadores azimutales 12, 12', por medio de una línea de impulsión propulsora, cada una de las líneas de impulsión propulsoras dispuesta en unos ejes independientes y operativamente paralelos. Aunque los propulsores azimutales están ejemplificados en esta descripción, será evidente que se pueden usar otros tipos de cajas de cambio y de sistemas de transmisión en los sistemas de propulsión de la presente invención.

Los motores de propulsión principales 10, 10' están preferiblemente calculados para proporcionar una salida propulsora sustancialmente o ligeramente por encima del potencial de carga propulsora máxima del sistema, aunque los sistemas de propulsión híbridos pueden alcanzar una salida propulsora en exceso de la salida nominal de los motores propulsores principales durante períodos de una duración limitada usando unas fuentes de energía propulsora alternativas gestionadas por el sistema. Diferentes tipos de motores, que proporcionan niveles diferentes de salida propulsora, pueden ser usados en diferentes aplicaciones de embarcaciones marinas. El uso de motores diesel principales Cummins que tienen una potencia nominal de al menos aproximadamente 2.000 hp (2.027,6 CV) y de las impulsiones Z de Rolls Royce es un ejemplo para el uso en aplicaciones de embarcaciones marinas de remolcadores que proporcionan unas capacidades de carga propulsora altas.

Los motores-generadores 14, 14' eléctricos (por ejemplo, las unidades MG de babor y estribor mostradas en la Figura 1) están dispuestas en las líneas de eje entre cada motor propulsor principal y su hélice 18, 18'. Cada unidad motor-generador está dispuesta "en línea" con un motor propulsor principal y el eje motor y es capaz de proporcionar una potencia propulsora al respectivo eje motor (y hélice) cuando está operando en un modo motor y cuando está aplicado un mecanismo de embrague 16, 16'. Cada unidad motor-generador también es capaz de operar en un modo de generador y proporcionar una potencia eléctrica a un sistema de gestión de la potencia eléctrica de una embarcación. Los motores-generadores son preferiblemente capaces de operar más allá de la potencia nominal en intervalos de tiempo cortos. Las unidades motor-generador pueden ser dispuestas como motores de CA, tales como

los motores de inducción en jaula de ardilla de CA. El uso de los motores de inducción en jaula de ardilla de CA de doble eje que tienen una potencia nominal de 895 Kw es un ejemplo para uso en aplicaciones de embarcaciones marinas de remolcadores que proporcionan unas capacidades de carga propulsora altas. También se conocen otros tipos de unidades motor-generator y pueden ser usadas en sistemas de la presente invención.

Los sistemas de propulsión de la presente invención operan con cada motor, motor-generator, eje de impulsión y combinación de hélice dispuesta "en línea", de modo que cada uno de los ejes de impulsión, y de este modo cada una de las hélices, puedan ser impulsados de forma directa solamente por un motor principal, o solamente por una unidad motor-generator, o por ambas fuentes simultáneamente. Cada eje puede estar provisto de un embrague 15, 15' que permite que el motor principal haga girar el eje principal o que sea desconectado del sistema de impulsión, que de este modo permite que el o los motores-generadores actúen como la o las fuerzas motrices primarias cuando el o los motores principales están apagados o desviados. Cada eje principal tiene también los embragues 16, 16' que permiten que cada motor-generator sea operado como un motor que impulsa el eje motor cuando los embragues 16, 16' están aplicados, o como un generador que suministra energía al sistema de distribución de energía sin impulsar el eje motor cuando los embragues 16, 16' no están aplicados.

El sistema de propulsión híbrido comprende adicionalmente un sistema de distribución de energía y generalmente incorpora una disposición de barra de distribución doble. Una barra de distribución en CC está generalmente dispuesta como el sistema de fuente de energía y de distribución de potencia para todas las cargas importantes en la embarcación, que incluyen la propulsión y otras cargas importantes, y preferiblemente facilita la capacidad de almacenamiento de energía de la embarcación. En la realización ilustrada en la Figura 1 la barra de distribución en CC 20 está conectada a cada una de las unidades motor-generator 14, 14' por medio de una o más impulsiones 22, 22' que proporcionan un flujo de potencia bidireccional entre la barra de distribución en CC 20 y las unidades motor-generator 14, 14'. Cada una de las unidades motor-generator 14, 14' puede extraer energía de la barra de distribución en CC 20 y devolver energía a la barra de distribución en CC 20 independientemente una de otra, y como más eficientemente satisfaga las necesidades propulsoras sobre una base de tiempo real. En una realización las impulsiones 22, 22' comprenden unas impulsiones de frecuencia variable. El uso de impulsiones de frecuencia variable para unir los motores-generadores y el sistema de distribución de potencia permite que los motores-generadores de propulsión proporcionen potencia a la barra de distribución en CC independientemente de la operación y la velocidad del motor de impulsión principal. Disponiendo unos motores-generadores en la línea del eje entre los motores principales y las hélices, y disponiendo unas impulsiones de frecuencia variable entre los motores-generadores y la barra de distribución en CC permite que los motores-generadores proporcionen una potencia propulsora o que actúen como generadores y suministren energía a la barra de distribución en CC, dependiendo de las necesidades del sistema en todo momento y con diferentes demandas propulsoras. La potencia eléctrica para la propulsión y las otras necesidades puede ser generada por generadores diesel auxiliares, motores diesel principales acoplados a sus respectivos motores-generadores (con o sin Impulsiones Z aplicadas), o por una combinación de estos sistemas.

La barra de distribución en CC 20 está también conectada a uno o más sistemas de almacenaje de energía, tal como las baterías 24, 24' mediante unos transformadores apropiados, tales como los transformadores CC/CC 26, 26'. Los transformadores CC/CC, cuando se usan con un Sistema de Gestión de la energía (EMS) apropiado, permiten que el sistema mantenga una tensión sustancialmente constante en la barra de distribución en CC y, cuando haya una capacidad de generación en exceso, cargue las baterías 24, 24' con la energía en exceso para mantener constante la tensión en la barra de distribución en CC.

La barra de distribución en CC puede también estar unida a y suministrar potencia a un sistema de distribución de carga de hotel, tal como una o más barras de distribución 30, 30' conectadas por el interruptor 31. En una realización como ejemplo apropiada para uso en aplicaciones en embarcaciones marinas de remolcadores, cada barra de distribución en CC comprende una barra de distribución de 600V, trifásica de 60Hz. La o las barras de distribución en CA típicamente dan potencia a la carga de hotel del sistema, y pueden dar suministro a otras necesidades de potencia no propulsiva auxiliar. El sistema de distribución de la carga de hotel, que en esta realización comprende las barras de distribución 30, 30', puede estar unido a la barra de distribución en CC principal por medio de unos transformadores CC/CA 32, 32'. Los transformadores permiten el flujo de energía bidireccional entre las barras de distribución en CA y CC y están dimensionadas para facilitar todas las cargas previstas. Los generadores auxiliares 34, 34' pueden estar dispuestos y unidos al sistema de distribución de la carga de hotel para suministrar una energía adicional a la o las barras de distribución en CA para suplementar las necesidades de la carga de hotel y/o para suplementar energía a la barra de distribución en CC según dicten las necesidades propulsoras, hotel, de eficiencia y/o de emisiones. En una realización como ejemplo, los generadores auxiliares comprenden unos generadores de servicio del barco de 250 kW Tier II.

En algunas realizaciones las demandas de potencia adicional pueden también ser satisfechas por la barra de distribución en CC principal. Usando el sistema de propulsión híbrido y de gestión de la energía de la presente invención, por ejemplo, a los cabrestantes de alta capacidad de carga, tales como los cabrestantes de babor y estribor 28, 28', adicionalmente se les puede dar potencia desde la barra de distribución en CC, por ejemplo, por medio de las impulsiones 29, 29', tales como las impulsiones de frecuencia variable. Se apreciará que otros equipos que tienen unas necesidades de potencia altas pueden también ser alimentados desde la barra de distribución en

CC, mediante unos transformadores o impulsiones apropiados. En algunas situaciones la energía regeneradora producida durante la operación de los equipos auxiliares alimentados desde la barra de distribución en CC, tal como los cabrestantes, puede también ser devuelta a la barra de distribución en CC para su distribución para satisfacer las demandas de energía en cualquier parte del sistema. Los equipos con necesidad de baja potencia pueden ser alimentados desde las barras de distribución en CC o CA.

Las fuentes de potencia adicionales, tales como la o las fuentes de potencia fotovoltaica a bordo o con base en tierra, como la o las fuentes de potencia de viento o de mareas, y las similares, pueden ser usadas para proporcionar energía auxiliar al sistema híbrido. Las fuentes de energía auxiliar pueden ser acopladas para alimentar la o las barras de distribución en CA y/o en CC. Los sistemas de potencia auxiliar, tales como la potencia en tierra, pueden también ser usados por el sistema híbrido de propulsión y de gestión de la energía de la presente invención para proporcionar energía para cargas propulsoras y auxiliares. Cuando la potencia de tierra está disponible, el sistema puede usarla para proporcionar potencia para cargas de hotel y auxiliares y/o para reponer suministros de energía almacenada, lo que puede eliminar la necesidad de operar motores diesel mientras que está junto a tierra, y reducir y eliminar la dependencia de la capacidad de almacenamiento eléctrico a bordo. La reposición del almacenamiento de potencia a bordo procedente de la red es generalmente deseable, ya que reduce las emisiones del motor, y la potencia de tierra es generalmente generada más eficientemente, produciendo unas emisiones menores, que la potencia proporcionada por los motores principales de la embarcación marina. Un transformador de potencia de tierra puede ser proporcionado y alimentado a la barra de distribución en CC, por ejemplo, por medio de un transformador CC/CC apropiado.

Los sistemas de la presente invención preferiblemente incorporan sistemas de almacenamiento de energía renovables y recargables, tales como baterías, para proporcionar una capacidad de almacenaje para soportar las demandas de potencia bajas y para proporcionar generalmente una capacidad de corto recorrido entre los modos operativos. Mientras que se reconoce que existen muchas posibilidades de baterías en una realización, se emplean las baterías de ácido de plomo que usan la tecnología de estera de vidrio absorbida (AGM) o de batería de gel. Las tecnologías de batería de ácido de plomo que proporcionan una opción sellada, libre de mantenimiento capaz de aceptar unas velocidades rápidas de descarga/recarga y un ciclo de vida relativamente alto son preferidas para muchas aplicaciones. Las baterías están preferiblemente dispuestas en lugares de la embarcación en los que no influyen en las operaciones de la embarcación y es improbable que resulten dañadas. Las baterías pueden estar configuradas para mantener la carga en las baterías de emergencia de la embarcación, y el sistema de almacenamiento de energía está también equipado con un transformador CC/CC para proporcionar energía a la barra de distribución en CC principal. Las opciones alternativas de almacenamiento de energía, tales como las baterías de Hidruro de Metal Níquel (NiMH) y de Cloruro de Níquel Sodio (NaNiCl) pueden también ser empleadas para el almacenamiento y la reposición de la batería.

Se apreciará que esta visión de conjunto que esta planta de potencia es un ejemplo y que el diseño y la disposición específicos de los componentes, así como los valores nominales y capacidades de los componentes pueden ser variados para hacer frente a diferentes demandas propulsoras y de potencia auxiliares. El sistema de propulsión híbrido ilustrado en la Figura 1 se muestra como un motor doble, un sistema de generador doble en donde se disponen sustancialmente unos sistemas de propulsión en imagen especular y unas líneas de impulsión para impulsar unas hélices gemelas. Se apreciará que se pueden disponer y operar sistemas de motor único y de varios motores usando sistemas híbridos de propulsión y de gestión de la energía para accionar una única o varias hélices. También se apreciará que el sistema de propulsión híbrido puede estar dispuesto como un sistema autónomo recién instalado, o en el que varios componentes pueden ser modificados y reconfigurados para convertir los sistemas de propulsión existentes en el sistema híbrido de propulsión y de gestión de la energía de la presente invención.

Cuando el sistema híbrido es reconvertido para los sistemas existentes, un panel de conmutación en CA existente puede ser mantenido y puede ser integrado en un panel de conmutación en CA adicional si se necesita una potencia en CA adicional. El panel de conmutación en CA preexistente puede ser configurado, por ejemplo, para suministrar solamente una carga de hotel, mientras que las conexiones existentes para los entrantes en el generador, cabrestantes de cubierta y otros componentes auxiliares que requieren una potencia alta pueden ser desviados a una barra de distribución en CC principal de gestión de la energía. Los cabrestantes de cubierta y otras cargas importantes son preferiblemente realizados por desconexiones de las impulsiones de frecuencia de la barra de distribución en CC. Esto aumenta la estabilidad de la barra de distribución en CA y reduce el efecto de las fluctuaciones de la tensión sobre las cargas de hotel conectadas.

Los transformadores conectados entre las barras de distribución en CC y CA permiten que la energía fluya desde la barra de distribución en CC principal a la o las barras de distribución en CA según sea necesario para satisfacer la carga de hotel de la embarcación y otras cargas en CA. La potencia también es proporcionada desde la barra de distribución en CC principal para la propulsión de la unidad o unidades del motor-generador por medio del o de los transformadores o de la o de las impulsiones de frecuencia variable para dar potencia al eje durante los modos de operación en los que el motor es operado para impulsar el eje de salida. En modos de operación en los que el motor-generador es operado en un modo generador, la energía es suministrada desde el motor a la barra de distribución en CC para proporcionar energía para necesidades auxiliares y para recargar las reservas de almacenamiento de energía según sea necesario. Cuando uno o ambos generadores auxiliares están funcionando y

dando potencia a la barra de distribución en CA, la energía en exceso puede ser suministrada desde la barra de distribución en CA a la barra de distribución en CC, por medio de unos transformadores, para proporcionar potencia para la propulsión y otras necesidades proporcionadas desde la barra de distribución en CC.

5 Cuando varían la potencia y las demandas propulsoras, se ajusta y se varía la operación del sistema híbrido de propulsión y de gestión de la energía para proporcionar una operación eficiente a lo largo de un amplio intervalo de demandas procedentes de numerosas fuentes. En algunos planes de control y de puesta en práctica un operador puede seleccionar unos parámetros operativos deseados de entre un conjunto predefinido de posibilidades de entrada que dirigen la operación del sistema. En algunas realizaciones un operador puede seleccionar una salida deseada, o una combinación de salidas, que permiten que los sistemas de propulsión y de gestión de la energía satisfagan la demanda de salida de la manera de combustible más eficiente, en la manera de energía equilibrada más general, o similar. La operación del sistema híbrido de propulsión y de gestión de la energía puede ser monitorizada y controlada automáticamente por el EMS de acuerdo con unos protocolos operativos predeterminados. En realizaciones en las que se proporcionan unos modos de operación predeterminados y son seleccionables por un operador, o son seleccionados por el sistema dependiendo de las necesidades de salida deseadas especificadas por un operador, se pueden proporcionar unos pocos o muchos modos de operación diferentes. En realizaciones alternativas el sistema puede operar en un modo sustancialmente variable de forma continua, a medida que el EMS monitoriza el componente y el funcionamiento del sistema general y las demandas de energía y potencia, e identifica unos parámetros operativos preferidos sobre una base en tiempo real sustancialmente, que opera el sistema híbrido de propulsión y de gestión de la energía de la forma más eficiente, que depende de la configuración del sistema, de las fuentes de energía disponibles, y similares.

Los modos operativos como ejemplo pueden ser considerados como componentes de un modelo conceptual diseñado para ayudar a los operadores a entender qué parámetros operativos del sistema es posible seleccionar, y qué nivel de funcionamiento del sistema, de economía de combustible y de reducción de emisiones pueden esperarse usando las diversas configuraciones del sistema y del modo operativo. Cuando la carga demandada supera la capacidad del sistema en un modo operativo durante más de un período de tiempo predeterminado, el sistema de control puede intensificar automáticamente el modo del sistema para conseguir la generación de potencia requerida. En tanto que más adelante se describen varios modos distintos de operación con referencia a las Figuras 2A-5C, se apreciará que estos modos operativos son como ejemplo y que son posibles unos modos de operación adicionales y/o diferentes y serían deseables en ciertas circunstancias. También se apreciará que las configuraciones específicas de los componentes mostradas en cada una de las Figuras 2A-5C son ejemplos de cada modo de operación particular y que son posibles otras configuraciones dentro de cada modo.

En la Figura 2A se muestra un esquema operativo del modo de emisiones mínimas como ejemplo apropiado para la operación de embarcaciones durante períodos de inactividad y de tránsito lento y/o sin carga, en donde la carga máxima continua no supera desde aproximadamente el 5% al 10% del potencial de carga propulsora máxima durante un período de tiempo prolongado. Este modo se usa generalmente durante períodos de inactividad de la embarcación mientras que la embarcación está amarrada y no extrae potencia de tierra, cuando la embarcación está moviéndose a una velocidad muy baja y no arrastra una carga, y cuando una carga continua no supera aproximadamente el 10% de la capacidad máxima durante un período de tiempo prolongado. La operación en un modo de emisiones mínimas utiliza típicamente la capacidad de almacenamiento de las baterías solamente para suministro a la barra de distribución en CC principal y a las necesidades propulsoras, con la utilización de un motor-generador para capacidad y almacenamiento de energía adicional. En el esquema del modo de emisiones mínimas como ejemplo ilustrado en la Figura 2A, la energía almacenada en las baterías de a bordo 24, 24' es alimentada a la barra de distribución en CC 20 por medio de unos transformadores adecuados 26, 26'. La barra de distribución en CC principal 20 proporciona potencia a las barras de distribución en CC 30, 30' por medio de unos transformadores adecuados 32, 32' para satisfacer las demandas de la carga de hotel. Un o unos alimentadores/interruptores apropiados y un o unos mecanismos de enclavamiento pueden estar dispuestos en las barras de distribución en CC y CA, como es conocido en la técnica. La carga de hotel puede generalmente ser satisfecha a partir de fuentes de baterías solamente durante períodos prolongados, si es necesario o deseado.

En este modo de operación de emisiones mínimas la barra de distribución en CC 20 puede también proporcionar energía, si es necesario, a las unidades motor-generador 14, 14' para satisfacer demandas propulsoras relativamente bajas. En esta configuración los embragues motor-generador 16, 16' son aplicados para accionar las hélices 18, 18'. Ninguno de los motores principales 10, 10' es operando, y ninguno de los embragues del motor principales 15, 15' es aplicado para que la salida propulsora contribuya al eje de impulsión. Los motores principales 10, 10' están, sin embargo, mantenidos en un estado de dispuestos para arrancar dependiendo de unas mayores demandas propulsoras o de conmutación a un modo de operación diferente de mayor demanda propulsora. En general, ninguno de los generadores auxiliares 34, 34' disponibles para proporcionar energía a las barras de distribución en CA 30, 30' es operado en un modo de emisiones mínimas. Uno o ambos generadores auxiliares 34, 34' puede, sin embargo, estar en un estado de espera, y puede estar disponible para proporcionar potencia a una o ambas barras de distribución en CA 30, 30' cerrando los conmutadores 35, 35'. En este modo operativo las barras de distribución en CA 30, 30' pueden también suministrar energía a la barra de distribución en CC 20, por medio de los transformadores 32, 32', para proporcionar potencia propulsora, si es necesario, a las unidades motor-generador 14, 14'.

Para unas demandas de energía bajas y de baja potencia propulsora, como se experimenta generalmente en un modo de emisiones mínimas, la energía almacenada puede ser suficiente para satisfacer las demandas de energía y de potencia propulsora. Típicamente, se identifica un nivel mínimo de carga de la batería y se incorpora a la lógica de control del sistema de gestión de la energía. Cuando se alcanza un umbral de carga mínimo de las baterías se arranca uno o ambos de los generadores auxiliares para proporcionar energía a la barra de distribución en CA. En la medida en la que el exceso de energía está disponible en la barra de distribución en CA, la energía en exceso es alimentada desde la o las barras de distribución en CA a la barra de distribución en CC para satisfacer las demandas propulsoras u otras de la embarcación, tales como las demandas de potencia de los cabrestantes, y similares. En la medida en la que el exceso de energía está disponible en la barra de distribución en CC, la energía en exceso es suministrada desde la barra de distribución en CC al sistema de almacenamiento de energía (baterías) para restaurar la potencia de las baterías. Uno o ambos de los generadores auxiliares puede ser desactivado cuando la potencia de la batería es restaurada a un nivel deseado o predeterminado, o las demandas de hotel han disminuido, o las demandas propulsoras han disminuido, o alguna combinación de estas circunstancias. La disposición en línea de los motores principales, las unidades motor-generator y los embragues facilita la operación del tren de impulsión en situaciones de baja demanda propulsora sin operar un motor principal, y también facilita la operación de las unidades motor-generator como generadores que proporcionan energía para distribución y uso en otro sitio en el sistema independiente de la transmisión de línea de impulsión de propulsión.

La Figura 2B ilustra un modo de operación similar de emisiones mínimas y de baja potencia propulsora en un sistema ilustrado esquemáticamente que tiene una única barra de distribución eléctrica 120. Las flechas sólidas indican la dirección del flujo de energía durante este modo de operación. En este modo de operación de emisiones mínimas y de baja potencia propulsora, la energía es enviada del banco de baterías 124 a la barra de distribución 120 cuando se necesita energía para mantener una capacidad deseada de la barra de distribución, y la energía es suministrada desde la barra de distribución 120 al banco de baterías 124 cuando está disponible una energía en exceso de la requerida para mantener una capacidad deseada de la barra de distribución, como está indicado por las flechas sólidas. Las hélices 118 y 118' están accionadas exclusivamente por los motores-generadores 114, 114' que operan en un modo de motor de impulsión y acoplados al eje motor por los embragues 116, 116' del generador aplicados respectivamente. La energía eléctrica para impulsar los motores-generadores 114, 114' en un modo de motor de impulsión es suministrada por la barra de distribución 120, como está indicado por las flechas sólidas. Los motores propulsores principales 110 y 110' no son activados en este modo operativo y por lo tanto se muestran en líneas delgadas, con los embragues del motor principales 115, 115' no aplicados. Los generadores auxiliares 34, 34' so activados opcionalmente, y pueden ser operados intermitentemente como está indicado por las líneas de trazos, para suministrar energía (indicada por las flechas negras) a la barra de distribución 120 para necesidades de hotel y/o propulsora, si es necesario.

La Figura 3A ilustra el sistema de propulsión de la presente invención como operaría en un modo de crucero de demanda de potencia propulsora relativamente baja generalmente en el que el sistema de propulsión y de gestión de la energía proporciona una capacidad propulsora para un tránsito lento continuo y un trabajo de ayuda de potencia bajo. En general, este modo operativo es apropiado cuando la carga propulsora continua máxima es al menos aproximadamente el 5% pero no supera aproximadamente el 35% de la capacidad de carga máxima del sistema de propulsión. En este modo de operación la energía procedente de los sistemas de almacenamiento 24, 24' en baterías está generalmente disponible para proporcionar potencia a la barra de distribución en CC 20, y al menos uno, y preferiblemente dos, generadores auxiliares 34, 34' son activados y operados para proporcionar potencia a las barras de distribución en CA 30, 30' y, por medio de unos transformadores apropiados 32, 32', a la barra de distribución en CC 20. La barra de distribución en CC 20 distribuye energía a las unidades motor-generator 14, 14', las cuales impulsan el eje motor y las hélices 18, 18' por medio de los embragues 16, 16' aplicados. La operación de los generadores auxiliares 34, 34' en un modo de crucero con una demanda propulsora baja está generalmente determinada por las demandas del sistema de propulsión y las demandas de hotel y otras demandas de carga, y por las curvas de eficiencia de los componentes, las capacidades de los componentes, y la configuración del sistema general. La energía es generalmente extraída principalmente del almacenamiento en baterías y de los generadores auxiliares y, si se requiere una propulsión adicional, o si se requiere una energía adicional para satisfacer demandas de hotel o auxiliares, uno de los motores principales es puesto en línea.

En general, si las demandas de carga eléctricas y/o propulsora superan la capacidad del o de los generadores auxiliares durante más de un período de tiempo predeterminado, el EMS arranca automáticamente al menos uno del o de los motores principales 10, 10' para satisfacer las necesidades de energía y conseguir la necesaria generación de potencia. La configuración operativa ilustrada en la Figura 3A incluye la operación de los generadores auxiliares 34 y 34' así como del motor principal 10, el cual proporciona una potencia propulsora a la línea de impulsión y a la hélice 18 por medio del embrague 15 aplicado. Los modos de crucero de demanda propulsora baja generalmente requieren la activación de un único motor principal. Y la operación del motor en generalmente una eficiencia alta, los estados de salida alta proporcionan una potencia propulsora y proporcionan una generación de energía en exceso que es devuelta a la barra de distribución 20 de energía principal por medio del motor generator 14. La energía en exceso proporcionada a la barra de distribución 20 puede ser usada para demandas de potencia auxiliar, para reponer el sistema de almacenaje de energía y, como se describe más adelante, para proporcionar potencia propulsora al eje de salida opuesto.

La configuración del sistema híbrido de propulsión y de gestión de la energía de la presente invención permite preferiblemente que un único motor impulse dos ejes de salida propulsores. En la realización como ejemplo ilustrada en la Figura 3B, el motor principal 110 opera en un modo de eficiencia generalmente alta, de salida alta para impulsar directamente la impulsión azimutal 112 y la hélice 118 en su eje de salida. En esta realización el motor principal 110 también impulsa el motor-generador 114 en un modo de generador para suministrar energía a la barra de distribución en CC 120 (indicada por la flecha) la cual, a su vez, suministra energía (indicada por la flecha) al motor-generador 114', el cual opera en un modo de impulsión para impulsar la impulsión azimutal 112' y la hélice 118' en el otro eje motor. En esta configuración los generadores auxiliares 134, 134' son también operados para proporcionar energía (indicada por las flechas) a la barra de distribución 120.

De este modo, en la configuración de demanda de una potencia propulsora relativamente baja mostrada en la Figura 3B, un motor principal y dos generadores auxiliares están disponibles para suministrar las demandas de potencia propulsora y de hotel y auxiliares. Esta configuración reduce la cantidad de tiempo requerida por ambos motores principales para la propulsión y permite que el o los motores principales, que operan más eficientemente en intervalos de carga altos, funcionen con una mayor eficiencia de la que en otro modo lo harían. La energía en exceso en la barra de distribución 120 es suministrada al sistema 124 de almacenamiento en baterías, que está generalmente en un estado de carga. El controlador puede ser programado para alternar el motor principal diseñado como el retransmisor primario en este modo en todo el ciclo de vida del motor y la embarcación. Como con otros modos operativos, el recorrido temporal de las demandas transitorias puede ser proporcionado por el sistema de almacenaje en baterías.

En la Figura 4A se muestra esquemáticamente un modo operativo de la demanda de propulsión de intervalo medio. Este modo operativo generalmente proporciona una carga propulsora suficiente para el tránsito continuo y un alto porcentaje de situaciones de ayuda de la embarcación en las que la demanda máxima de carga propulsora no supera aproximadamente del 30% al 70% de la capacidad de carga total durante períodos prolongados. En este modo operativo son operados, al menos uno, y generalmente dos motores principales, de forma continua o intermitente a generalmente una alta eficiencia y una alta salida, para satisfacer las necesidades propulsoras, de carga de hotel y auxiliares. La energía en exceso es suministrada a la barra de distribución eléctrica principal para satisfacer las demandas de carga de hotel y auxiliares, y para proporcionar la carga de baterías según corresponda. Uno o ambos generadores auxiliares, y el almacenamiento de baterías, están disponibles para la generación de potencia auxiliar en este modo.

Como se muestra en la Figura 4A, la propulsión generalmente proporcionada por los motores principales 10, 10' que operan generalmente a una salida alta, es coherente con una operación de eficiencia alta. Ambos motores principales 10, 10' se usan para dar potencia a las impulsiones azimutales y las hélices 18, 18', por medio de los embragues 15, 15', 16, 16' aplicados. Los motores principales 10, 10', cuando son operados en salida alta en este modo, generalmente producen una salida en exceso de la requerida para demandas propulsoras y también proporcionan una energía para impulsar los motores/generadores 14, 14' en un modo generador en el que la energía es proporcionada a la barra de distribución 20 para distribución y un uso para satisfacer las demandas de carga de hotel, demandas de carga auxiliares tales como las demandas de los cabrestantes y para cargar las baterías. Los generadores auxiliares 34, 34' generalmente no están activados en este modo debido a que los motores principales proporcionan una salida que satisface todas las necesidades propulsoras y auxiliares.

Si la potencia y energía propulsora proporcionadas por la operación de ambos motores principales simultáneamente en un modo de propulsión de intervalo medio es en exceso de las requeridas por las demandas propulsoras, de hotel, auxiliares y de almacenamiento de energía, uno de los motores principales puede ser desactivado y el sistema puede ser operado sustancialmente como se muestra en la Figura 3B durante períodos intermitentes. La energía puede ser suministrada desde el almacenamiento de baterías a la barra de distribución principal y distribuida según sea necesario durante períodos de operación reducida del motor principal. Como previamente se ha descrito, la flexibilidad del sistema permite que se use un único motor principal para impulsar ambas líneas de impulsión de propulsión, y el almacenamiento en baterías puede proporcionar el recorrido temporal de las demandas transitorias. Esta configuración aumenta la eficiencia del sistema mientras que dos motores principales están funcionando y generalmente reduce la cantidad de tiempo en el que dos motores están funcionando, mejorando la eficiencia del motor que está operando aumentando su carga al intervalo óptimo. Cuando las reservas de las baterías son bajas y aumentan las demandas propulsoras, de hotel o auxiliares, ambos motores pueden nuevamente ser operados para proporcionar la demanda en curso y para reponer el almacenaje de las baterías. El controlador puede ser programado para alternar el motor principal diseñado como el retransmisor primario en este modo en todo el ciclo de vida del motor y de la embarcación, aunque también puede ser proporcionado un control manual para permitir al operador gestionar el uso del motor para optimizar el funcionamiento de la embarcación y del programa de mantenimiento.

En la Figura 4B está ilustrado esquemáticamente un modo de operación de la demanda de propulsión de intervalo medio similar en un sistema ilustrado esquemáticamente como teniendo una única barra de distribución eléctrica 120. Las flechas sólidas indican la dirección del flujo de energía durante este modo de operación. Los motores principales 110, 110' proporcionan una potencia propulsora al eje de impulsión, las impulsiones azimutales 112, 112'

y las hélices 118, 118' por medio de unos dispositivos de embrague apropiados. Los motores principales 110, 110' proporcionan también energía para operar los motores-generadores 114, 114' en un modo generador, de modo que suministran energía a la barra de distribución 120 para satisfacer las cargas de hotel y auxiliares, y para cargar el banco de baterías 124, según corresponda. Uno o ambos generadores auxiliares 134, 134' pueden ser operados transitoriamente en este modo, como está indicado por las líneas de trazos, para proporcionar una energía adicional a la barra de distribución 120 para satisfacer transitoriamente una mayor demanda de las cargas de hotel o auxiliares, o para cargar el o los sistemas de almacenamiento de energía más rápidamente o más completamente.

La Figura 5A ilustra esquemáticamente un modo operativo de máxima potencia del sistema de propulsión y de gestión de la energía de la presente invención en el que el sistema de propulsión opera a sustancialmente un 90% o más de la capacidad de carga propulsora nominal de los motores principales. Este modo operativo se usa, por ejemplo, cuando se prevé que se van a encontrar unas cargas grandes y de larga duración, durante un tránsito rápido de forma continua, y/o para demandas de ayuda a la potencia máxima del barco. Permite que el sistema satisfaga o supere la capacidad de funcionamiento de sistemas de propulsión no híbridos que incorporan unos motores principales de mayor capacidad proporcionando unas fuentes de potencia auxiliares y una gestión eficiente de la potencia disponible. Incluso en este modo, la potencia puede ser generada por los motores-generadores en la línea del eje cuando la demanda de propulsión no sea el 100% de la capacidad de carga del motor principal. Esta potencia en exceso puede ser suministrada a la barra de distribución en CC y ser usada para demandas de potencia de hotel y auxiliares, y para cargar el sistema de almacenamiento de energía. En el modo de operación máxima, con todos los equipos operativos, el sistema puede tener la capacidad de aplicar más potencia a las impulsiones que la que es disponible en un sistema no híbrido que incorpora unos motores principales que tienen la misma capacidad de salida. Esto puede ser utilizado como un medio para proporcionar una respuesta más rápida al sistema, o si la línea de impulsión es capaz de manejar el par motor adicional, puede ser posible aumentar los caballos de vapor nominales de la embarcación. Se puede proporcionar una salida mayor durante cortos períodos.

Como está ilustrado en la Figura 5A, la propulsión en un modo operativo de potencia máxima es generalmente proporcionada por los motores principales 10, 10' que operan a generalmente una alta eficiencia, alta salida, proporcionando una potencia propulsora a las hélices 18, 18' mediante los respectivos embragues aplicados. Cuando el sistema de propulsión y de gestión de la energía está operando en este modo de potencia máxima, las unidades motor-generador 14, 14', dispuestas en la línea de impulsión del eje de salida, están disponibles para operar como generadores, suministrando la energía en exceso producida por los motores principales a la barra de distribución principal 20 de energía, o como motores, extrayendo energía de la barra de distribución principal 20 de energía para suministrar una impulsión propulsora adicional al o a los ejes de salida. Cuando es operado en un modo de motor propulsor, los motores-generadores son operados por medio de los respectivos transformadores, con la energía a la barra de distribución suministrada por cualquier combinación de potencia de las baterías y/o del generador auxiliar. Los generadores auxiliares 34, 34' son ambos generalmente operados en este modo, proporcionando energía a la barra de distribución principal en CC 20 por medio de la barra de distribución en CA 30, 30' y los respectivos transformadores 32, 32'.

En algunos modos de operación de potencia máxima la potencia propulsora es proporcionada por los motores principales y las unidades motor-generador que operan como motores, con ambas fuentes de potencia propulsora que proporcionan una salida a un eje común. Cualquier energía suministrada a la barra de distribución de energía 20 en exceso de la requerida para satisfacer la carga de hotel, las demandas motor-generador y cualesquiera otras demandas auxiliares, es devuelta al sistema de almacenaje de energía (baterías 24, 24'). Los motores principales, las unidades motor-generador y los generadores auxiliares generalmente tienen una potencia nominal suficiente para satisfacer todas las necesidades de potencia propulsora, cargas de hotel, y de energía auxiliares previstas durante el modo operativo de potencia máxima.

En las Figuras 5B y 5C están ilustrados esquemáticamente dos modos operativos diferentes de potencia máxima en sistemas que tienen una única barra de distribución eléctrica 120, y en los que las flechas sólidas indican la dirección del flujo de energía durante la operación. En el modo operativo de potencia máxima ilustrado en la Figura 5B ambos motores principales 110, 110' proporcionan una salida de potencia máxima por medio de unos mecanismos de embrague apropiados a las impulsiones azimutales 112, 112' y a las hélices 118, 118'. Ambos generadores auxiliares 134, 134' son operados para proporcionar energía a la barra de distribución principal 120 de energía. Ambas unidades motor-generador 114, 114' son operadas en un modo de impulsión de motor en línea con los motores principales y extraen energía de la barra de distribución 120 para que la potencia propulsora contribuya a los respectivos ejes de salida. Esta configuración puede ser usada cuando la demanda propulsora sea menor que la capacidad de carga total de los motores principales y de los motores-generadores, y generalmente devuelve la energía en exceso disponible en la barra de distribución principal 120 al sistema de almacenamiento de energía (por ejemplo, el banco de baterías 124), que opera en un modo de carga.

La Figura 5C ilustra otro modo operativo de potencia máxima que puede ser usado, generalmente de forma transitoria, cuando la demanda propulsora sea mayor que la capacidad de carga total de los motores principales y de los motores-generadores. En esta realización ambos motores principales 110, 110' proporcionan una salida de potencia máxima, por medio de los mecanismos de embrague apropiados, a las impulsiones azimutales 112, 112' y a las hélices 118, 118'. Ambos generadores auxiliares 134, 134' son operados para proporcionar energía a la barra

de distribución principal 120 de energía. Ambas unidades motor-generator 114, 114' son operadas en un modo de impulsión de motor en línea con los motores principales y extraen energía de la barra de distribución 120 para que la potencia propulsora contribuya a los respectivos ejes de salida. La energía de las baterías es adicionalmente proporcionada a la barra de distribución 120 para proporcionar la potencia propulsora en exceso de la potencia nominal para la propulsión durante períodos transitorios, o para satisfacer cargas auxiliares o de hotel. Este modo de operación puede solamente ser mantenido hasta que el banco de baterías esté vacío o agotado. En general, este modo operativo de sobrecapacidad se usa sólo intermitentemente, o para satisfacer necesidades de potencia alta transitorias.

El Sistema de Gestión de la Energía (EMS), como se ha descrito antes, controla muchos aspectos de operación del sistema de propulsión, del sistema de distribución de la energía, y del sistema de almacenamiento de la energía para operar las diversas fuentes de propulsión, y distribuir la energía en todo el sistema de una manera eficiente a la vez que satisface unas necesidades de energía variables procedentes de múltiples fuentes. El EMS puede incluir múltiples funciones, o formar parte de un sistema operativo más amplio que incluye, en general, una interfaz de operador, la cual puede permitir al operador seleccionar de entre una pluralidad de modos operativos predeterminados, unos sensores que proporcionan una entradas al EMS con relación a las diversas salidas, capacidades, parámetros y estados operativos actuales, niveles de energía, de los componentes, etc, sistemas de protección del generador y del sistema, servicios de mantenimiento del sistema, servicios del sistema de alarma y de notificación, y similares. El EMS típicamente responde a las demandas de carga en todo el sistema de propulsión híbrido operando y cambiando los estados de operación y las salidas del o de los motores principales, la unidad o unidades motor-generator, la línea de impulsión y otros embragues, el o los generadores auxiliares, el o los sistemas de almacenamiento en baterías, como se ha descrito anteriormente. En algunas realizaciones el sistema operativo puede permitir que el operador seleccione ciertos parámetros operativos, tales como las rpm y/o el par motor de la línea de impulsión, la velocidad y/o la duración de tránsito, o similares, que son usados por el sistema de control general para formular y poner en marcha unos modos operativos apropiados.

Una interfaz de operador con la propulsión y el o los sistemas EMS puede comprender un monitor electrónico que permite al operador ver, y monitorizar, la operación y el control del sistema de propulsión y de gestión de la energía. Los modos operativos pueden ser elegidos o aplicados automáticamente por el operador. Se pueden proporcionar y programar múltiples modos operativos distintos. Los dispositivos de control del operador, tales como pedales de acelerador electrónicos, palancas electrónicas y palancas de control, pueden ser proporcionados para la entrada del operador y acoplados a los sistemas de propulsión y de gestión de la energía. Un operador puede tener una opción para controlar la propulsión por medio de un dispositivo de entrada tal como una palanca electrónica o palanca de control, o un operador puede tener una opción para controlar la gestión de la energía por medio de una interfaz que proporciona múltiples entradas preseleccionadas o permitiendo que el operador especifique las entradas deseadas. Se pueden disponer, por ejemplo, una plataforma operativa sencilla para el personal no técnico con parámetros operativos del sistema y alarmas o advertencias visualizadas en un monitor o una pantalla táctil. El sistema puede también proporcionar la interfaz para un mantenimiento y una información de acceso/gestión más detallados y puede combinar toda la monitorización de la maquinaria en una única plataforma. Un dispositivo de visualización, que opcionalmente incorpora una pantalla táctil, diversos componentes de instrucciones y controles discretos puede estar integrado en un único componente tal como una consola principal de la caseta de mando.

El número de motores y generadores en operación en cualquier momento dado está determinado por las demandas del sistema de propulsión y las cargas auxiliares, tales como las necesidades de hotel y de los equipos auxiliares. Si estas cargas superan la capacidad del o de los motores y/o del o de los generadores que operan en cualquier modo operativo especificado durante más tiempo que un período determinado, el Sistema de Gestión de la Energía intensifica el modo operativo del sistema y activa el o los motores, el o los motores-generator o generadores, el o los generadores auxiliares, o similares, para proporcionar la generación de potencia necesaria. El control del sistema puede ser proporcionado, bien manualmente o de una forma parcial o totalmente automatizado, mediante el EMS. El EMS monitoriza el estado operativo de salida y los niveles de energía disponibles de varias fuentes dentro del sistema, determina la propulsión del sistema y las necesidades de potencia auxiliares, y controla la operación de los motores, los generadores auxiliares, las unidades motor-generator, y más generalmente puede controlar el flujo de energía en todo el sistema para satisfacer las necesidades de carga y de potencia. El recorrido temporal de las demandas transitorias puede ser proporcionado por el sistema de almacenaje en baterías.

En algunos sistemas de control automatizados de la presente invención el modo operativo del sistema puede ser seleccionado y ajustado, en una base de tiempo real y sustancialmente continua, a las diversas demandas del sistema, y está controlado y limitado por el EMS. Mientras que antes se han descrito en detalle varios modos operativos, se admitirá que se pueden proporcionar unos modos operativos adicionales. En la práctica, la operación de la embarcación y del EMS puede ser automatizada y operada de acuerdo con unos modos operativos predeterminados como esté indicado por las necesidades de potencia y por los recursos de potencia disponibles, o pueden ser seleccionables por un operador diversos modos operativos predeterminados para satisfacer las necesidades operativas actuales o previstas de la embarcación. Se pueden proporcionar unos controles discretos en un panel independiente para permitir que un operador seleccione unos modos operativos preprogramados, como se ha descrito antes. En una realización un operador puede seleccionar el modo más práctico para las necesidades operativas actuales o previstas de la embarcación. El avance del regulador más allá de la potencia mantenida

disponible en el modo seleccionado puede iniciar un avance automatizado al nivel operativo siguiente, o puede activar una señal o alarma que requiera una respuesta positiva. En otra realización, si la embarcación opera durante más de un período de tiempo predeterminado en un modo que proporciona más potencia de la carga o salida necesarias, el EMS puede proporcionar una indicación o señal al operador, indicando que está disponible una operación en un modo más eficiente. En general, aunque se puede proporcionar una selección automatizada del modo en algunos casos o puede ser una operación por defecto, el operador tiene la capacidad de anular la selección del modo.

Además de la capacidad de operar el sistema de propulsión híbrido en los modos de potencia antes descritos, en algunas realizaciones, la capacidad del EMS de seleccionar ciertos modos de potencia puede estar limitada por la selección del operador o del sistema de uno de los múltiples estados de preparación. El estado de disposición puede ser seleccionado por el operador o aplicado automáticamente por el EMS para dirigir cómo se asigna la potencia de la batería durante la operación. La provisión de los modos de potencia "tránsito", "ayuda" y "recuperación de la batería" es como ejemplo. Los modos de tránsito y de ayuda pueden ser seleccionables por un operador mediante unas características de control seleccionables. El estado de recuperación de las baterías es una limitación sobre la potencia máxima que puede ser impuesta automáticamente o puede ser seleccionable en unas condiciones en las que la potencia disponible de la batería ha ido más abajo de un mínimo predeterminado o cuando las baterías están descargadas o sobrecalentadas. De esta forma, el sistema híbrido es capaz (por ejemplo) de impedir la parada de los motores principales durante operaciones de ayuda al barco, o de sobreesfuerzo de las baterías de almacenamiento agotadas por un uso excesivo de la potencia.

En general, una capacidad de reserva suficiente es preferiblemente mantenida y disponible para proporcionar una potencia de propulsión eléctrica inmediata de aproximadamente el 70% de la carga máxima para cortos aumentos bruscos. Esto reduce los retrasos entre los modos operativos a la vez que se pone en línea una capacidad generadora adicional. Un avance sostenido más allá de un nivel de potencia predeterminado, tal como una potencia del 65%, puede ser programado para arrancar automáticamente uno o ambos motores principales. En este caso, se puede experimentar un retraso menor. En situaciones en las que tales retrasos no sean aceptables, se puede seleccionar por adelantado la operación en modo máximo.

También se pueden proporcionar una o más características del control de emisiones seleccionables, programables o programadas. La Agencia de Protección Medioambiental proporciona unos parámetros del par motor y de velocidad del eje que definen un límite operativo "para no ser excedido" (NTE), por ejemplo, para motores diesel marinos. El sistema de propulsión híbrido de la presente invención puede proporcionar unas características de control de emisión además de los equipos de control de las emisiones proporcionado con los motores principales para asegurar que los motores principales sean siempre operados dentro de las exigencias de la EPA o de límites operativos alternativos. El control de las emisiones operativas puede asegurar, por ejemplo, que cuando uno o ambos motores-generadores de propulsión principales comparten la carga de propulsión con uno o ambos motores principales, el par motor desarrollado por el o los motores principales, a cualquier velocidad dada, está por debajo del límite NTE de la EPA.

Las características operativas de control de las emisiones pueden ser aplicadas mediante unas impulsiones de frecuencia variable. En una realización las impulsiones de frecuencia variable usadas para controlar los motores propulsores principales en CA son operados en uno o dos esquemas de control en bucle abierto: control de la frecuencia o del par motor. Por ejemplo, un esquema de control de frecuencia en bucle abierto se usa en propulsión solamente eléctrica. En este esquema el sistema de control determina la frecuencia (y, en una relación lineal, la tensión) para aplicar al motor para conseguir una velocidad del eje de punto fijo. El motor desarrolla el par motor requerido para hacer girar el eje a la velocidad dada de punto fijo, y la corriente extraída varía en consecuencia. Se usa un esquema de control del par motor en bucle abierto durante la propulsión combinada diesel y eléctrica. En este esquema el sistema de control regula la velocidad del motor y el par motor manipulando el estado electromagnético del motor, controlando independientemente las corrientes que producen el par motor y las que producen el campo. El motor proporciona solamente la porción del par motor de la hélice en exceso de la necesidad de par motor de la NTE de la EPA a cualquier velocidad dada, permitiendo que el motor principal permanezca exactamente (o por debajo) del límite NTE de la EPA en todo momento.

Los sistemas híbridos de propulsión y de gestión de la energía de la presente invención preferiblemente incorporan unos sensores y dispositivos de monitorización que detectan los niveles de potencia actuales y los parámetros operativos en diversos puntos dentro del sistema y comunican esos datos a un sistema de control operado, por ejemplo, por un controlador programado o programable (PLC). Se pueden proporcionar diversos tipos de sistemas e interfaces de control. Se pueden proporcionar unos controles del sistema del operador discretos en un panel de control independiente, por ejemplo, permitiendo que el operador seleccione los modos y lleve los sistemas de propulsión en línea y desconectados a su discreción. Se pueden proporcionar diversos tipos de interfaces hombre-máquina. Se pueden usar los protocolos de normas industriales OPC para la conectividad con la porción del PLC del sistema y unas herramientas normales de desarrollo de soporte lógico para el desarrollo de la interfaz. La interfaz y el controlador del sistema pueden comunicar con un control centralizado o un sistema de monitorización, de modo que la conectividad y la monitorización remotas sean disponibles como una opción.

- En general, los sistemas de control de la embarcación preferiblemente utilizan una topología de control distribuida siempre que sea práctico. Las funciones de control son llevadas al nivel de control más bajo posible. Esto proporciona una alta inmunidad para controlar los fallos desde un punto de vista del sistema. En una realización se identifican los fallos de control de velocidad y de tensión de la o las fuentes en una planta de potencia y los fallos se solucionan antes de producir una cascada de fallos. El control de propulsión, la gestión de la potencia de supervisión y la gestión de la energía pueden ser realizados usando dos sistemas de control PLC autónomos. Todos los dispositivos de control críticos están preferiblemente provistos de unos suministros de potencia superabundantes de alta fiabilidad, monitorizados.
- En una realización está dispuesta en la sala de motores una estación fija de monitorización y de interfaz y otra en una estación de control del operador, tal como en la caseta de mando. Un dispositivo de mantenimiento portátil, tal como un ordenador portátil, puede ser proporcionado y es capaz de ser conectado al sistema en cualquier lugar tal como en el compartimento de la impulsión Z. En cuanto al control de propulsión, el sistema estará dividido en dos (2) sistemas autónomos. Cada estación del operador puede hacer de interfaz con un servidor especializado; uno situado en la caseta de mando y otro situado en el espacio de la ingeniería, proporcionando una fiabilidad mayor mediante la separación física.
- El diseño proporciona una generación de potencia eléctrica, un sistema de distribución y propulsión de modo que un simple fallo en un elemento activo no haga que la embarcación pierda más del 50% de sus capacidades de propulsión. Además, en una realización preferida el sistema está dispuesto de modo que el único punto de fallo para un elemento activo que causa una pérdida del 50% de la planta es la caja de cambios de la impulsión Z. Esto representa una significativa mejora sobre los diseños convencionales eléctricos de la embarcación y del sistema de impulsión, en los que los fallos del motor principal dan lugar generalmente a una pérdida del 50% de la propulsión. El diseño de la planta de potencia distribuida con múltiples opciones de potencia en cada línea de impulsión significa que los fallos más probables dejan ambos ejes disponibles al operador.
- El Sistema de Gestión de la Energía coordina el funcionamiento de los generadores, el sistema de distribución y los consumidores de potencia. En muchos Sistemas de Gestión de la Potencia tradicionales la atención se centró en un control de alto nivel mediante un control centralizado. La gestión de la potencia del sistema híbrido de la presente invención generalmente lleva el control del proceso al nivel más bajo posible. En algunas realizaciones esto significa que, siempre que sea posible, las cargas inteligentes reconocen directamente el nivel de carga de la planta mediante la frecuencia y reducen el consumo según convenga.
- Las funciones de gestión de la potencia de un sistema de control central generalmente incluyen unos límites de asignación de potencia de "alto nivel" que son desarrollados a partir de múltiples fuentes de información. Esta nueva información, obtenida a partir de variables del proceso, es pasada a los controladores del proceso. Los controladores del proceso funcionan dentro de los parámetros entregados por el sistema de control central de la potencia. Estos parámetros pueden ser actualizados dentro del ancho de banda del sistema de control central. Los controladores del proceso funcionarán dentro de los parámetros entregados por el sistema de control central hasta ser actualizados. La característica crítica es que los parámetros no deben ser requeridos sobre una base determinística y se puede esperar un funcionamiento predecible a partir de la máquina de proceso sin actualizaciones continuas de los parámetros.
- El sistema de potencia de control en CC está también proporcionado como un sistema sobreabundante. Dos sistemas de potencia independientes, altamente sobreabundantes están equipados para suministrar una potencia altamente fiable a las cargas críticas del controlador del sistema. La interfaz de operador de este sistema solamente puede ser proporcionada para realizar el mantenimiento o para reconfigurar el sistema para una operación en modo común temporal como resultado de un fallo en otra parte del sistema. El sistema preferiblemente monitoriza todas las capas que son superfluas y proporciona un estado detallado de vuelta al personal de mantenimiento. El estado resumen del sistema está disponible a través de la interfaz por cable VMS/SWBD.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión que comprende: al menos dos fuentes que proporcionan una energía para propulsión que incluye al menos un primer motor propulsor principal (10, 10') y al menos una unidad motor-generador (14, 14'), un sistema de almacenamiento de energía (24, 24'), un sistema de distribución eléctrica, y un sistema de gestión de la energía que controla la operación de cada una de las al menos dos fuentes, en donde el al menos un motor propulsor principal (10, 10') y la al menos una unidad motor-generador están dispuestos para impulsar un eje motor común y unidos a un miembro de salida propulsora común (18, 18'), siendo el eje de salida común y el miembro de salida propulsora común (18, 18') impulsables ambos de forma independiente y simultánea por el al menos un motor propulsor principal (10, 10') y la al menos una unidad motor-generador (14, 14'), y el sistema de distribución eléctrica comprende una barra de distribución en CA (30, 30') unida a una barra de distribución en CC (20) que proporciona un flujo bidireccional entre las barras de distribución en CA y CC, y el sistema de gestión de la energía cambia dinámicamente la operación de cada una de al menos dos fuentes para satisfacer las demandas propulsoras.
2. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde la unidad motor-generador (14, 14') está unida al sistema de distribución eléctrica para proporcionar un flujo de energía bidireccional entre la unidad motor-generador (14, 14') y el sistema de distribución eléctrica bajo el control del sistema de gestión de la energía.
3. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde el motor propulsor principal (10, 10') es independientemente capaz de proporcionar energía para la propulsión impulsando el eje motor común y el miembro de salida propulsora (18, 18') e impulsando la unidad motor-generador (14, 14') como un generador, suministrando una energía de salida al sistema de distribución eléctrica.
4. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde el sistema de distribución eléctrica está unido al sistema de almacenamiento de energía (24, 24') para proporcionar un flujo de energía bidireccional entre el sistema de distribución eléctrica y el sistema de almacenamiento de energía (24, 24').
5. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde la barra de distribución en CC (20) y el sistema de gestión de la energía mantiene una tensión en CC sustancialmente constante en la barra de distribución en CC (20) durante la operación de la propulsión.
6. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 5, en donde el sistema de gestión de la energía suministra una energía en exceso de la requerida para mantener una tensión en CC constante en el sistema de almacenamiento de energía (24, 24').
7. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, que adicionalmente comprende una impulsión de frecuencia variable (22, 22') que une el sistema de distribución de energía y la unidad motor-generador (14, 14') y que especifica la velocidad y el par motor de la unidad motor-generador (14, 14').
8. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde el sistema de gestión de la energía controla la operación del motor propulsor principal (10, 10') para limitar la salida del par motor del motor propulsor principal (10, 10') a un nivel seleccionado.
9. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde el sistema de gestión de la energía opera dinámicamente las al menos dos fuentes de impulsión y controla dinámicamente el flujo de energía para satisfacer las demandas propulsoras y para mantener una tensión sustancialmente constante en el sistema de distribución eléctrica.
10. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde la al menos una unidad motor-generador (14, 14') es operable en un modo motor usando energía procedente de al menos uno del sistema de distribución de energía, del sistema de almacenamiento de energía (24, 24'), y de otra fuente de impulsión operable independientemente para satisfacer las demandas propulsoras.
11. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde el motor de impulsión principal es operable para impulsar simultáneamente la línea de impulsión común y proporcionar energía para operar el motor-generador (14, 14') en un modo motor o un modo generador.
12. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, que adicionalmente comprende al menos un generador auxiliar (34, 34') que proporciona energía al sistema de distribución eléctrica.
13. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde se usa una fuente de potencia adicional, tal como una potencia de tierra, una fuente a bordo o con base en tierra de potencia fotovoltaica, o una fuente o fuentes de generación por viento o mareas para proporcionar una energía auxiliar al sistema híbrido.

14. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, en donde la energía regenerativa producida durante la operación de los equipos auxiliares alimentada desde el sistema de distribución de energía es devuelta al sistema de distribución de energía para distribución para satisfacer las demandas de energía en otra parte del sistema.

5 15. Un sistema híbrido de potencia y de propulsión de la reivindicación 1, que comprende dos motores principales (10, 10'), dos motores-generadores (14, 14') y dos líneas de transmisión comunes, cada motor principal (10, 10') está dispuesto en una línea de transmisión común con un motor generador (14, 14'), en donde cada línea de
10 transmisión común es impulsable independientemente por el respectivo motor principal (10, 10') y el motor-generador (14, 14') y simultáneamente por el respectivo motor principal (10, 10') y el motor-generador (14, 14').

FIG. 1

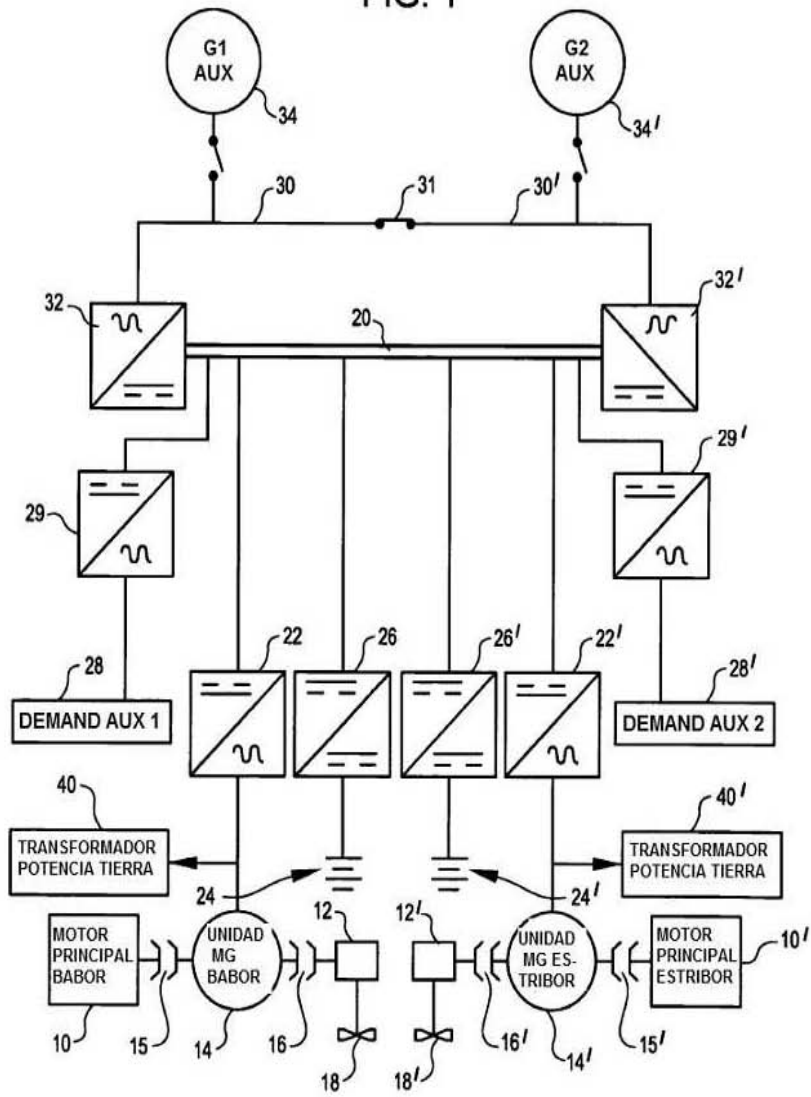


FIG. 2A

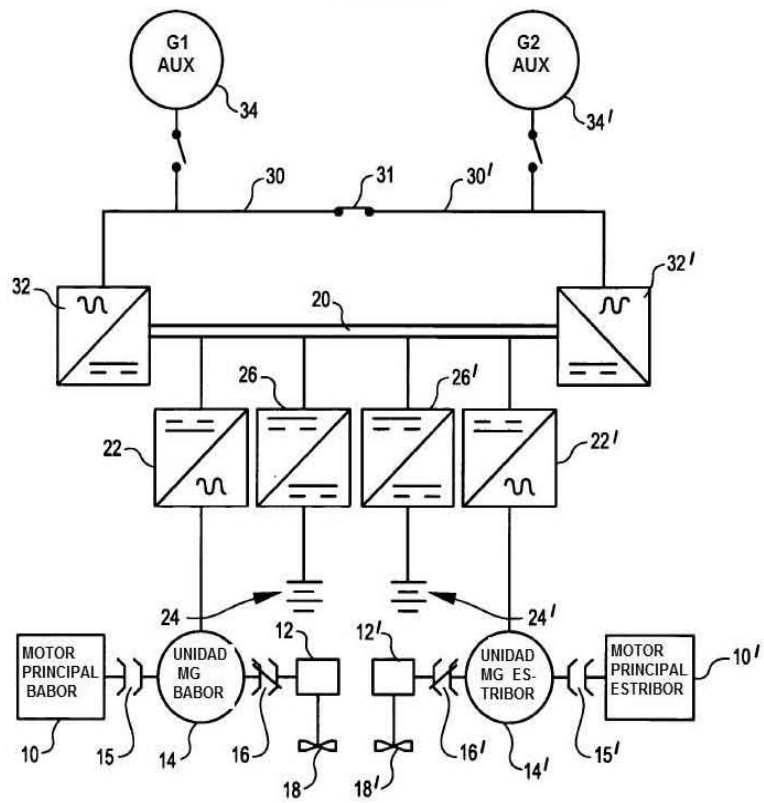


FIG. 2B

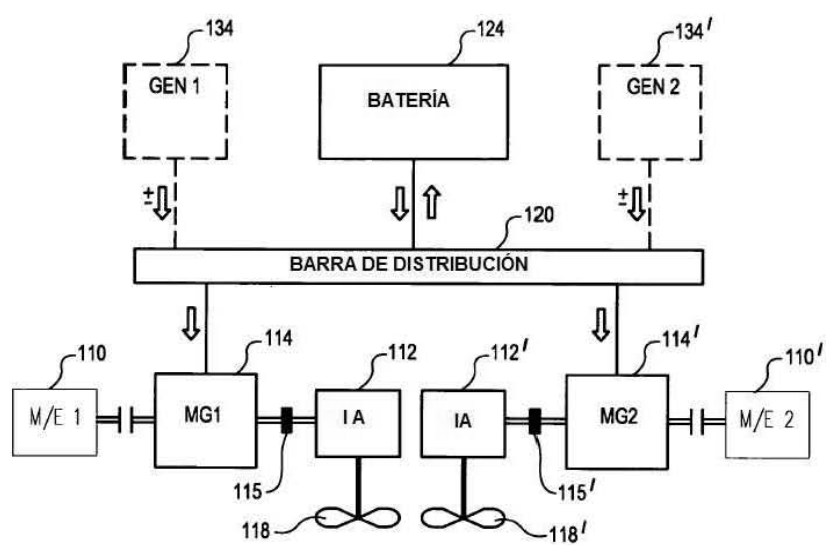


FIG. 3A

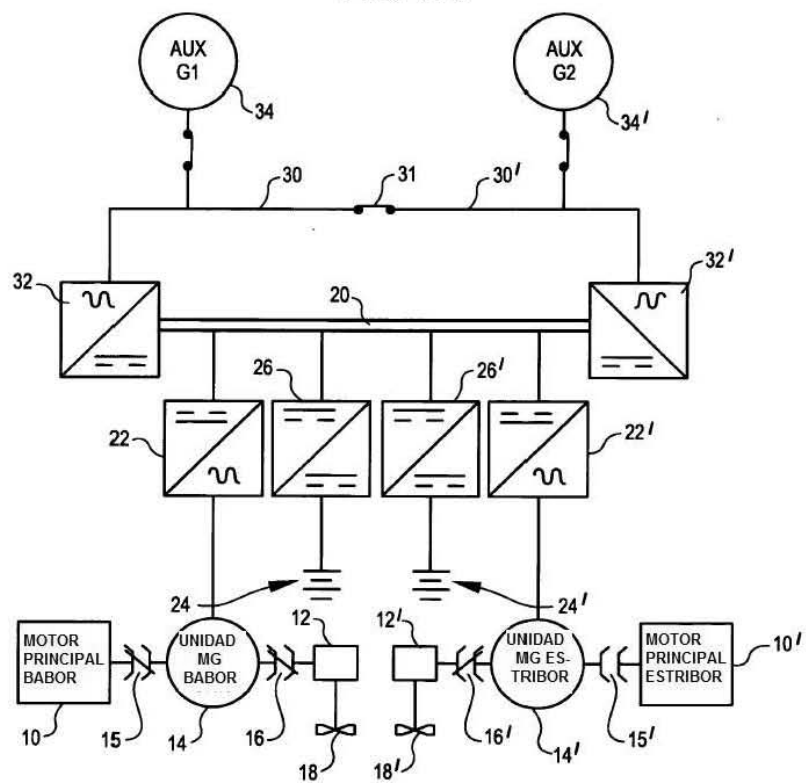


FIG. 3B

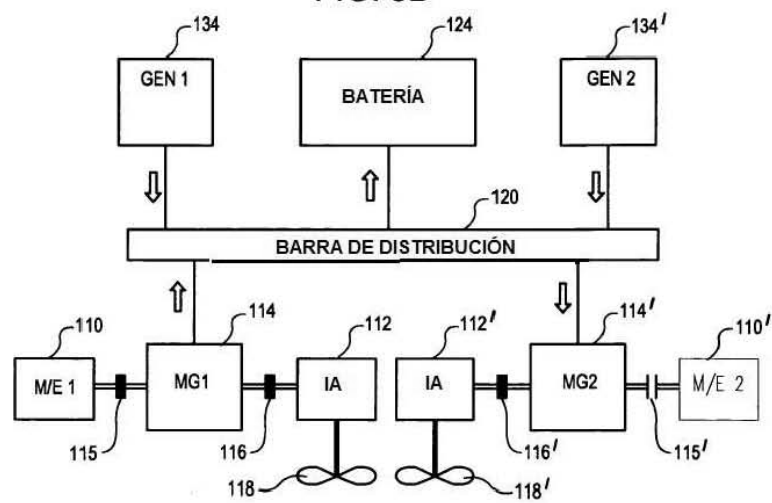


FIG. 4A

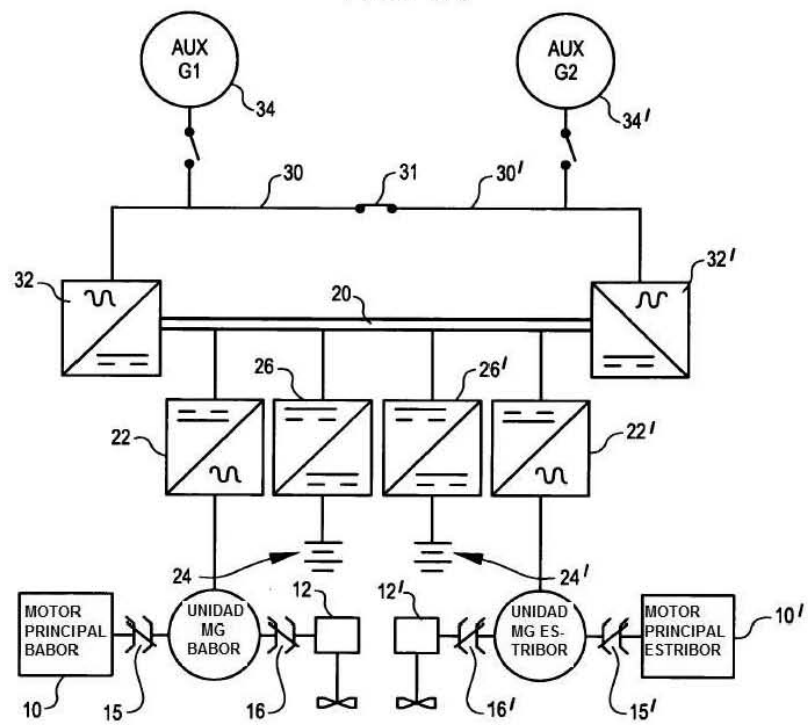


FIG. 4B

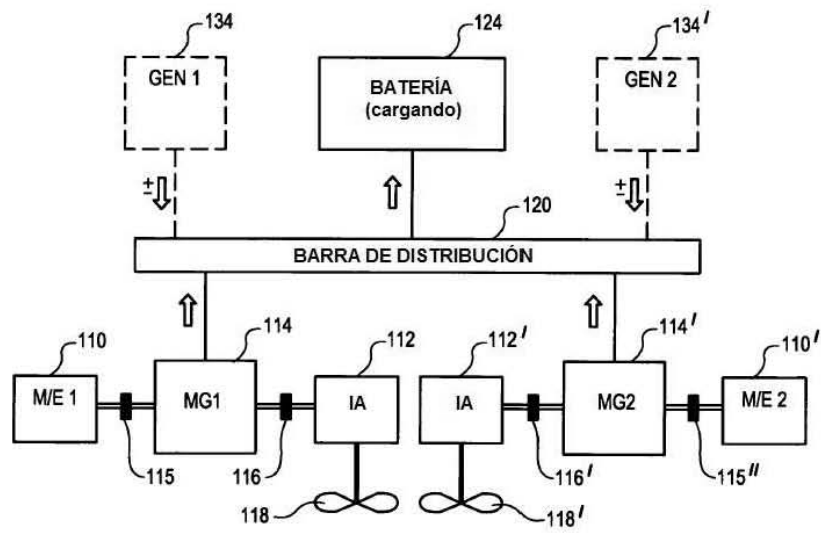


FIG. 5A

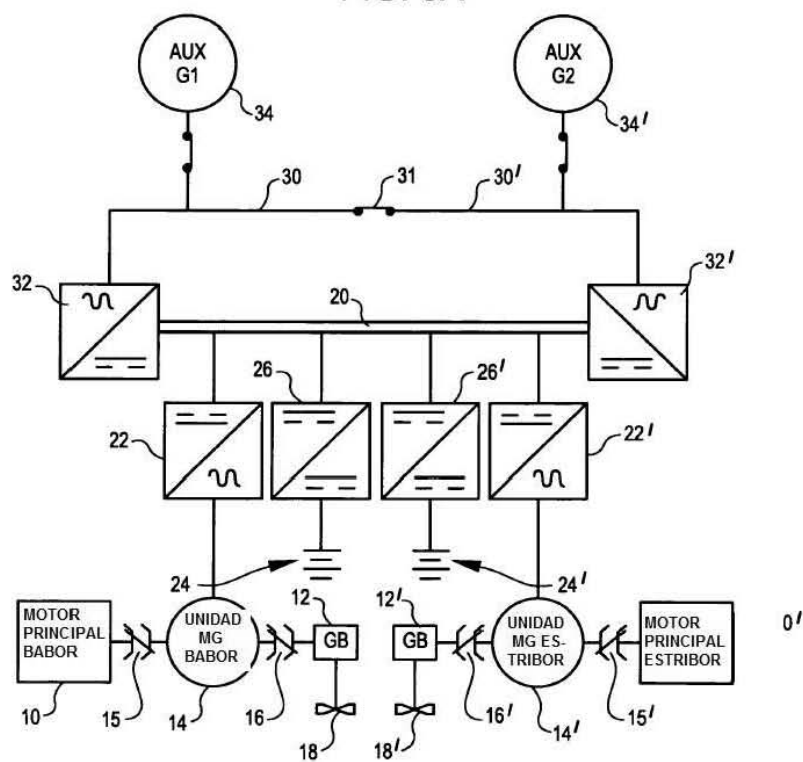


FIG. 5B

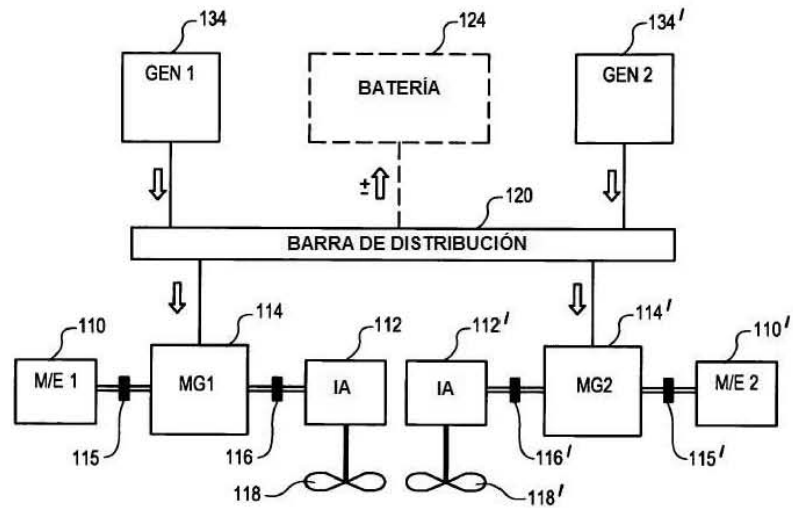


FIG. 5C

