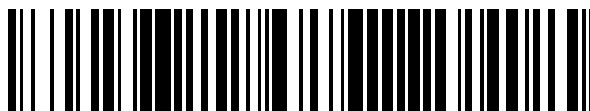


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 077**

51 Int. Cl.:

**B63H 21/17** (2006.01)

**B63H 21/21** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2017 PCT/EP2017/050826**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.07.2017 WO17125359**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2017 E 17700662 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3405388**

54 Título: **Sistema de gestión de energía eléctrica de un buque**

30 Prioridad:

**20.01.2016 EP 16152131**  
**04.05.2016 GB 201607785**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.11.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GJERPE, PAUL FREDRIK y**  
**VOSS, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 792 077 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de gestión de energía eléctrica de un buque

La presente invención hace referencia a un sistema y a un método para la gestión de la energía eléctrica de un buque, en particular para un buque marítimo, o de altura.

5 Las embarcaciones de todo tipo intentan reducir los costes operativos tanto como sea posible para ser competitivos. El motor principal opera de la forma más eficiente si tiene una demanda de potencia suficiente y sustancialmente constante, pero esto es difícil de lograr, aparte de en condiciones de calma. En estados de mares crecidos, la energía requerida para desplazar la embarcación varía entre las crestas y los valles de las olas, o marejada, a menudo de manera cíclica, de forma similar a una onda sinusoidal. La embarcación necesita tener la suficiente potencia para enfrentarse con el requerimiento de máxima potencia esperada, pero en otras partes del ciclo, esa potencia no se utiliza.

El documento US20100125383 describe un método de regulación de los dispositivos de producción de energía eléctrica, dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica, motores de accionamiento y hélices en un buque marítimo.

15 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se trata de un sistema para la gestión de la energía eléctrica de un buque, para controlar el suministro de potencia a y desde un sistema de propulsión de un buque, comprendiendo dicho sistema de propulsión del buque un eje, una hélice y un motor primario que hace girar el eje conectado a la hélice, comprendiendo el sistema de gestión de energía eléctrica un convertidor de frecuencias; una unidad de almacenamiento de energía eléctrica, un controlador y una unidad de motor/generador, estando la unidad de motor/generador acoplada en serie entre el motor primario y la hélice; en donde la unidad de motor/generador está adaptada para recibir potencia del motor primario de la embarcación y suministrar potencia a la hélice a través de la unidad de motor/generador y el eje, o extraer potencia del eje hacia la unidad de almacenamiento de energía eléctrica; en donde la unidad de almacenamiento de energía eléctrica comprende uno o más condensadores, súpercondensadores o ultracondensadores, un almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o un almacenamiento de energía por volante de inercia (batería inercial); en donde el controlador del sistema de gestión de energía eléctrica determina un requerimiento de potencia instantánea del sistema de propulsión y la potencia media generada por el motor primario; un comparador para comparar la potencia instantánea requerida y la potencia media; en donde si la potencia instantánea requerida excede la potencia media, la unidad de motor/generador recibe energía eléctrica de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica; y, en donde si la potencia instantánea requerida es menor que la potencia media, la unidad de motor/generador suministra potencia del motor primario a la unidad de almacenamiento de energía eléctrica.

El suavizado de las crestas y valles a demanda permite que el motor principal sea operado de forma más eficiente y reduce el desgaste debido al uso.

35 Preferiblemente, el sistema además comprende una entrada desde un cuadro principal de conexión de la embarcación, por la que si la potencia requerida excede la potencia media, la unidad de motor/generador recibe energía eléctrica de un generador auxiliar a través del cuadro principal de conexión, además de la energía eléctrica del motor primario, o la unidad de almacenamiento de energía eléctrica.

Si fuera necesario, puede suministrarse energía eléctrica adicional de los generadores auxiliares.

40 Preferiblemente, el sistema comprende además una entrada a un cuadro principal de conexión de la embarcación, por la que si el requerimiento de potencia del sistema de propulsión es menor que la potencia media, el cuadro principal de conexión recibe energía eléctrica del motor primario, o de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica, a través del sistema de gestión de energía eléctrica.

Si hay un exceso de energía del motor primario o la unidad de almacenamiento de energía eléctrica, entonces ésta puede suministrarse al cuadro principal de conexión.

45 Preferiblemente, la unidad de almacenamiento de energía eléctrica además comprende un troceador ("chopper") para controlar la tasa de carga y descarga de los condensadores, súpercondensadores o ultracondensadores, un almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o una batería inercial.

Preferiblemente, el sistema además comprende un embrague en el eje para desconectar la hélice si el motor primario está alimentando solo al cuadro principal de conexión.

50 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, un método de gestión de energía eléctrica de un buque para controlar el suministro de potencia a y desde un sistema de propulsión de un buque, comprendiendo el

5 sistema de propulsión del buque un motor primario que hace girar un eje conectado a una hélice, comprendiendo el buque un sistema de gestión de energía eléctrica que comprende un convertidor de frecuencia; una unidad de almacenamiento de energía eléctrica, un controlador y una unidad de motor/generador, la unidad de motor generador estando acoplada en serie entre el motor primario y la hélice; comprende recibir, en la unidad de motor/generador, potencia desde el motor primario del buque; y suministrar potencia a la hélice a través de la unidad de motor/generador y el eje, o extraer potencia del eje hacia la unidad de almacenamiento de energía eléctrica que determina un requerimiento de potencia del sistema de propulsión del buque; determinar la potencia media generada por el motor primario; comparar la potencia instantánea requerida y la potencia media; si la potencia requerida excede la potencia media, hacer que la unidad de motor/generador reciba energía eléctrica de los condensadores, 10 súpercondensadores o ultracondensadores, almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o baterías inerciales de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica; si la potencia requerida es menor que la potencia media, hacer que la unidad de motor/generador suministre potencia del motor primario a los condensadores, súpercondensadores, o ultracondensadores, almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o baterías inerciales de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica; monitorizar la potencia instantánea requerida y la potencia media en condiciones variantes del mar y adaptarlas en consecuencia. 15

Preferiblemente, el método además comprende recibir potencia en la unidad de motor/generador desde un generador auxiliar a través del cuadro principal de conexión del buque, si la potencia requerida excede la potencia media.

20 Si se necesita más energía por parte del sistema de propulsión que la que se encuentra disponible procedente del motor primario, o de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica, entonces el sistema de gestión de energía eléctrica puede alimentar potencia desde unos generadores auxiliares conectados al cuadro principal de conexión.

Preferiblemente, el método además comprende aportar potencia desde el motor primario hacia un cuadro principal de conexión del buque, si la potencia requerida es menor que la potencia media.

25 Si el requerimiento de energía del sistema de propulsión es menor que la potencia disponible procedente del motor primario, entonces el sistema de gestión de energía eléctrica puede alimentar potencia al cuadro principal de conexión, desde uno, o desde ambos, de entre el motor primario o la unidad de almacenamiento de energía eléctrica, para que el cuadro principal de conexión pueda alimentar a sus consumidores.

Preferiblemente, el método además comprende desconectar una hélice del sistema de propulsión y suministrar toda la potencia desde el motor primario al cuadro principal de conexión del buque.

30 Un ejemplo de un sistema de gestión de energía eléctrica de un buque de acuerdo con la presente invención se describirá a continuación en referencia a los dibujos anexos en los cuales:

La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra los principales elementos de generación y consumo para un buque marítimo que tiene un sistema de gestión de energía eléctrica de acuerdo con la invención;

35 La Figura 2 es un gráfico de cambio en la demanda de potencia en el tiempo para un buque convencional y para un buque con un sistema de gestión de energía eléctrica de acuerdo con la invención;

La Figura 3 es un esquema unifilar de una red para una primera realización de un sistema de gestión de energía eléctrica de acuerdo con la invención, para un barco de una hélice;

La Figura 4 muestra la realización de la Fig. 3 para un barco de dos hélices;

40 La Figura 5 es un esquema unifilar de una red para una segunda realización de un sistema de gestión de energía eléctrica de acuerdo con la invención;

La Figura 6 muestra la realización de la Fig.5 para un buque de dos hélices;

La Figura 7 ilustra más detalle del sistema de almacenamiento de energía eléctrica en las realizaciones de las Figs. 3 a 6 y,

45 La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método de acuerdo con la presente invención para controlar la potencia en un buque.

Son conocidos los ferris eléctricos que llevan baterías a bordo para almacenar energía eléctrica cuando se conectan a una alimentación desde tierra cuando están atracados, de manera que el ferry tenga una fuente de energía limpia y de bajo ruido durante su operativa. Habitualmente, también se encuentra previsto un generador a bordo, como un

refuerzo por si hay un requerimiento de potencia mayor de lo esperado, o para ayudar a la hora de cargar las baterías cuando la alimentación desde tierra es inadecuada. La batería se descarga a una tasa razonablemente constante, durante el transcurso del viaje, a continuación se carga nuevamente cuando el ferry atraca. Sin embargo, para buques de altura, que responden a la demanda de potencia según el ciclo de las olas que puede variar en varios megavatios en el espacio de menos de un minuto, utilizar baterías para suavizar la demanda no resulta práctico, ya que las baterías no responden bien a recibir grandes cantidades de carga y descargar una cantidad similar justo después, tal como se requiere en esta aplicación.

La Fig.1 es un diagrama de bloques que ilustra los elementos principales de generación y consumo de potencia para un buque marítimo que tiene un sistema de control de potencia de acuerdo con la invención. El motor 1 principal hace girar un eje 2 conectado a una hélice 3. Un sistema 4 de gestión de energía eléctrica, que comprende el eje 2, una unidad 5 de motor/generador, una única unidad que es capaz de actuar como un motor o como un generador, según el requerimiento, un convertidor 6 de frecuencia y una unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica, controla el suministro de potencia a la hélice 3 y el suministro de potencia a consumidores, a través de una conexión 13 con el cuadro 8 principal de conexión del buque, además de controlar el almacenamiento de potencia. El sistema de gestión de energía eléctrica incluye un controlador y un comparador (no se muestra). El cuadro 8 principal de conexión proporciona un sistema 9 de gestión de potencia para la potencia 10 de servicio y los generadores 11a, 11b, 11c de la embarcación que se conectan a motores auxiliares 12a, 12b, 12c respectivamente. La unidad 5 de motor/generador combinados puede montarse en el eje 2, o conectarse mediante engranajes, o conectarse directamente de manera que la energía pueda suministrarse a o extraerse del sistema de propulsión. La tensión alterna extraída a través de la unidad de motor/generador se alimenta al convertidor 6 de frecuencia. El convertidor 6 de frecuencia incluye un inversor, un troceador y un extremo frontal activo. El inversor y el extremo frontal activo pueden convertir la corriente alterna a corriente continua y viceversa. El troceador controla la energía eléctrica que se alimenta de ida y de vuelta a los condensadores, baterías, o a la batería inercial en la unidad de almacenamiento de energía eléctrica. La frecuencia de entrada de la unidad 5 de motor/generador es habitualmente del orden de 9 Hz de corriente alterna y se convierte a una frecuencia preferida a bordo de habitualmente 50 o 60HZ de corriente alterna, a continuación se transforma mediante un transformador (no se muestra) al nivel de tensión correcto para alimentar los consumidores 10, o se suministra a la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica.

En la presente invención, el consumo de combustible en los buques puede reducirse realizando ciclos de potencia entre el motor 1 principal y la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica. La unidad de almacenamiento de energía eléctrica comprende condensadores, o más preferiblemente, súpercondensadores o ultracondensadores, o puede comprender almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o baterías inerciales. La unidad de almacenamiento de energía eléctrica puede tener una capacidad de hasta 20MWs, pero por debajo de 10 MWs, y más habitualmente 6,6MWs puede ser suficiente para proporcionar el refuerzo o almacenamiento de energía eléctrica necesarios. El uso de condensadores significa que el exceso de energía se almacena sin una reacción química, lo que podría ser el caso con un almacenamiento en batería convencional, permitiendo de este modo una carga y descarga más rápidas para enfrentarse con la variación en la demanda de potencia a medida que el buque se desplaza por el agua. El uso de baterías permite una reducción significativa del coste. Los volantes de inercia tienen una buena vida útil y un requerimiento de mantenimiento relativamente bajo.

La Fig.2 ilustra el efecto de una operación 25 estándar de un buque sobre la demanda de potencia en el tiempo y lo compara con la demanda 23 suavizada lograda utilizando un método de acuerdo con la presente invención. El gráfico de potencia contra el tiempo indica que para un periodo 22 de olas en el que la embarcación se desplaza a través de una longitud de onda del agua, existe un periodo de tiempo dentro del ciclo, que es menor que el periodo de olas, en el cual el flujo de potencia requerido del motor principal es menor que el que se está produciendo, y otro periodo de tiempo, también menor que el periodo de olas, durante el cual el flujo de potencia demandado del motor principal es mayor que el que se está produciendo. El gráfico muestra que la profundidad de los valles y la altura de los picos de la potencia requerida del motor principal es mayor sin la gestión 25 de energía eléctrica que con la gestión 23 de energía eléctrica.

Debido a pérdidas en el sistema, la potencia 21a media real requerida en el ciclo es habitualmente un porcentaje un poco mayor que la potencia 21b media indicada por el nivel en el que la demanda cambia de negativa a positiva y viceversa. En un sistema bien optimizado estas pérdidas pueden reducirse a algo menos del 1%, pero siempre será una pequeña cantidad de pérdida. Aplicando el método de la presente invención, la profundidad de los valles de la potencia requerida del motor principal puede reducirse y la altura de los picos de potencia requeridos del motor principal puede reducirse. El área entre la gráfica 25 de operación estándar y el gráfico 23 de la demanda suavizada utilizando la presente invención es la potencia que puede almacenarse para un uso 20a, 20c, posterior o la potencia que puede extraerse de regreso desde el almacenamiento para aumentar 20b la potencia real del motor principal. La potencia 22a, 22b adicional extraída del motor principal en periodos de baja demanda se almacena en la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica tal como se ilustra en la sección inferior del gráfico. Durante periodos de mayor demanda que el suministro del motor 1 principal, la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica entrega energía eléctrica a la unidad 5 de motor/generador propulsar la hélice 3 tal como se indica mediante el área 24.

El sistema de gestión de energía eléctrica incluye un estimador de olas para estimar cuándo extraer potencia del eje y cuando proporcionar potencia al eje. Este proceso se coordina habitualmente con la energía suministrada desde el eje o de los motores 12a, 12b, 12c auxiliares al cuadro 8 principal de conexión y con el requerimiento de potencia 10 de servicio de la embarcación. Una manera de estimar el periodo de las olas y la altura de las olas es utilizar un filtro de Kalman que proporciona entonces una entrada al sistema de gestión de energía eléctrica para controlar los tiempos de extracción de potencia del eje o de suministrar potencia al eje.

Las Figs.3 a 6 ilustran un número de realizaciones de la invención. En la Fig. 3 se ilustra un ejemplo de un sistema de gestión de energía eléctrica para su instalación en un buque de una hélice de nueva construcción. Puede conectarse a un eje 2 un motor primario o motor 1 principal, en este ejemplo con un régimen nominal de 26 MW. El motor principal puede ser capaz de producir hasta 30 MW, pero un rango bajo-medio de unos 20 MW es habitual para un barco de una hélice. Una unidad 5 de motor/generador, en este ejemplo con un régimen nominal de 5MW, puede conectarse al eje 2. Para un motor principal de potencia inferior, puede reducirse adecuadamente el régimen nominal de la unidad de motor/generador. La conexión puede realizarse montando la unidad 5 de motor/generador en el eje 2 tal como se ilustra, o conectando directamente una unidad 30 de motor/generador al motor 1 principal. Otra opción es conectar la unidad 30 de motor/generador a través de una caja 70 de engranajes. Utilizar una caja de engranajes permite que la unidad 30 de motor/generador funcione a una tasa más alta que la velocidad del eje, que habitualmente gira bastante lentamente, por ejemplo a tan solo 80 rpm. Aunque no se muestra específicamente, en cada caso la unidad 5, 30 de motor/generador se conecta al convertidor 6 de frecuencia. Los ejemplos se proporcionan para un motor/generador montado en un eje, pero pueden sustituirse con alternativas según se requiera y esta descripción debe leerse entendiendo que cubre cualquiera de las opciones. Una hélice 3 es accionada por el eje. Opcionalmente, esto puede ocurrir mediante un embrague 31. La ubicación del embrague permite que la hélice se desacople mientras el motor principal está aún produciendo potencia que es desviada a los consumidores 10 o para cargar la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica.

Una potencia hasta el régimen nominal máximo de la unidad 5 de motor/generador, que puede ser de hasta 5,5 MW, más habitualmente 2,5 MW y en este ejemplo 5 MW, puede proporcionarse a, o extraerse del eje a través de la unidad 5 de motor/generador. En el caso de un suministro excesivo de energía al eje, la energía eléctrica de la unidad 5 de motor/generador, la frecuencia de la entrada de corriente alterna hacia el convertidor 6 de frecuencia se convierte en dicho convertidor 6 en una frecuencia adecuada para el cuadro 8 principal de conexión. La etapa inicial de rectificación de corriente alterna pone la entrada en una forma adecuada para suministrar a la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica, o de otro modo, después de realizar una conversión de nuevo a corriente alterna en la frecuencia apropiada, un transformador 32 transforma la salida en una tensión adecuada para el cuadro 8 principal de conexión. En el caso de un suministro insuficiente de energía eléctrica desde el motor 1 principal, el sistema 7 de almacenamiento de energía eléctrica entrega su energía eléctrica almacenada al bus de corriente continua en el convertidor, que convierte de nuevo a corriente alterna y aumenta la capacidad del motor principal a la hora de propulsar el eje. El sistema convertidor puede instalarse dentro del área del túnel del eje del buque. La unidad 5, 30 de motor/generador puede montarse en un eje en el eje 2 de propulsión, conectado mediante engranajes, o montado directamente en el eje 81 del motor primario.

Durante el ataque, el sistema de almacenamiento de energía eléctrica puede cargarse desde una conexión 33 en tierra, por ejemplo para proporcionar energía eléctrica para la puesta en marcha del motor principal, alimentar el consumo auxiliar, o como refuerzo durante las maniobras iniciales. Los motores 12a, 12b auxiliares y los correspondientes generadores 11a, 11b conectados al cuadro principal de conexión pueden también proporcionar potencia a través de un transformador 32 y un convertidor 6 de frecuencia a la unidad 5 de motor/generador en determinados modos de operación. Los motores auxiliares pueden ser motores de combustible dual, es decir capaces de operar con fuel oil marino, o biocombustible, o gas natural licuado.

Las interconexiones entre los diversos cuadros de conexión y el transformador 32, o para cuadros de conexión de baja tensión que operan a una tensión de acuerdo con el convertidor 6 de frecuencia, a continuación directamente conectados, más que a través del transformador, permiten que una variedad de consumidores sean alimentados desde sus cuadros de conexión, o que un motor y generador 34 de emergencia se conecte a un cuadro 35 de conexión de emergencia, o a cualquiera de los cuadros 36, 37 principales de conexión o cuadros secundarios. Los cuadros secundarios operan a diferentes tensiones y se conectan a otros cuadros de conexión mediante transformadores para transformar hacia arriba o hacia abajo correspondientemente. Los cuadros 38, 39 de conexión están a la misma tensión que el cuadro principal, en este ejemplo a 6,6kV, mientras que los cuadros 40, 41, 42, 43 de conexión auxiliares y el cuadro 35 de conexión de emergencia son un orden de magnitud inferior en cuanto a la tensión, en este ejemplo entre 690V y 440V. En este ejemplo, los cuadros 44, 45 de conexión auxiliares y el cuadro 46 de conexión de emergencia opera a 230V. Cada cuadro de conexión se separa del que se encuentra anexo mediante un disyuntor, para protegerlos contra fallos. La conexión de la unidad 5 de motor/generador y el sistema 7 de almacenamiento de energía eléctrica está en el cuadro de conexión principal de estribor en este ejemplo y se distribuye adicionalmente desde ahí. La tensión en particular en cada uno de los diferentes tipos de cuadro de conexión no se limita a los ejemplos proporcionados, sino que puede adaptarse al requerimiento del usuario.

En el ejemplo de la Fig. 4, también para un buque de nueva construcción, se utilizan los mismos números de referencia que en la Fig. 3 cuando los componentes y su función son los mismos y estos no se describen en más detalle. El ejemplo de la Fig. 4 difiere de la realización de la Fig. 3 en que es para un barco de dos hélices. En lugar de que toda la transferencia de potencia se realice entre el motor principal y el eje, y la potencia de servicio de la embarcación o los consumidores auxiliares sea a través de un cuadro principal de conexión (en el ejemplo de la Fig. 3, el cuadro de conexión de estribor), cada hélice tiene su propio motor primario, motor 1a, 1b principal y unidad 5a, 5b de motor/generador en su propio eje 2a, 2b. Habitualmente, un buque de dos hélices tiene dos motores más pequeños, que producen una cantidad similar de potencia al motor único del buque de una hélice. En este ejemplo, cada uno de los motores 1a, 1b produce 13MW de potencia. Esto significa que una unidad 5a, 5b de motor/generador más pequeña puede conectarse a cada eje. Al igual que el motor primario de la Fig. 4 se establece en un régimen nominal a la mitad de la potencia del motor primario en el ejemplo de una hélice de la Fig. 3, así la unidad 5a, 5b de motor/generador puede también establecerse en un régimen nominal para la mitad de potencia. Para este ejemplo se encuentra prevista una unidad de motor/generador de 2,5 MW en cada eje 2a, 2b. La potencia aparente en la entrada a cada transformador 32a, 32b queda reducida en una proporción similar y el transformador transforma a la tensión del cuadro principal de conexión igual que anteriormente. La opción de una operación sin transformador, tal como se ha mencionado anteriormente, con un cuadro de conexión que opera a una tensión que es de acuerdo con la tensión del convertidor de frecuencia, también es posible para el buque de dos hélices. Unas conexiones alternativas de las unidades 30a, 30b de motor/generador en la Fig. 4 se muestran directas al eje 81a, 81b del motor primario. Las interconexiones y las tensiones en cada uno de los cuadros de conexión son de otro modo las mismas que en el ejemplo de la Fig. 3.

Un ejemplo alternativo para actualizar la presente invención a un buque de una hélice se ilustra en la Fig. 5. Un motor primario en la forma de motor 51 principal se conecta a través de un embrague 50 a un eje 52. Al igual que antes, el uso de un embrague es opcional y podría encontrarse antes o después del motor de acuerdo con la finalidad principal. En este ejemplo, si el motor principal falla, el embrague permite que el eje puede aún funcionar dirigiendo energía desde la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica, o desde motores auxiliares conectados al cuadro principal de conexión. Si el embrague se encuentra después de la unidad de motor/generador, entonces éste permite que el motor principal actúe como un generador, sin hacer girar la hélice. En teoría, un embrague 50 podría instalarse en el eje 52 tanto antes como después del motor para permitir cualquier tipo de operación, pero el coste y la complejidad aumentan entonces. Una unidad 55 de motor/generador se conecta al eje y una hélice 53 se ajusta al eje. La unidad 55 de motor/generador se acopla al convertidor 56 de frecuencia y a través de éste a la unidad 57 de almacenamiento de energía eléctrica. Puede estar prevista una conexión 33 desde tierra. El exceso de potencia del eje 52 puede extraerse mediante la unidad 55 de motor/generador, someterse a cambio de frecuencia en el convertidor 56 y o bien almacenarse en la unidad 57 de almacenamiento de energía eléctrica o transformarse a la tensión del cuadro principal de conexión en el transformador 60 y suministrarse al cuadro 58, 59 principal de conexión a través de la conexión 13 y el cuadro 59 principal de conexión de estribor. En este ejemplo, se encuentra previsto un motor principal de 22MW con una unidad 55 de motor/generador que es capaz de extraer o suministrar hasta 5,5 MW. El cuadro principal de conexión es un cuadro de conexión de 3,3kV, de manera que el transformador 60 transforma de 690V a 3,3kV. Hay dos conexiones disponibles entre los cuadros 58, 59 de conexión de puerto y de estribor, con disyuntores en cada extremo. Se conecta una primera conexión 61, que sencillamente conecta el cuadro de conexión de puerto y de estribor cuando los disyuntores están cerrados y una segunda conexión 62, a la que se conecta una fuente de alimentación auxiliar, en este ejemplo un generador 63 diésel. La fuente 63 de alimentación auxiliar se conecta a través del generador 64 y está diseñada para poder cumplir la mayor parte de los requerimientos de potencia del cuadro principal de conexión. Además, cada uno de los cuadros de conexión de puerto y de estribor tiene un generador 12 y un motor 11 auxiliares de un tipo similar al de los ejemplos de la Fig. 3 y 4, discutidos anteriormente.

Un ejemplo adicional se ilustra en la Fig. 6. Este es similar al ejemplo de la Fig. 5, pero para un buque de dos hélices. Para cada hélice, se conecta un motor primario en forma de motor 51a, 51b principal al eje 52a, 52b. Una unidad 55a, 55b de motor/generador se conecta al eje y una hélice 53a, 53b se ajusta al eje, conectada a través de un embrague 65a, 65b. De manera alternativa, para los ejemplos tanto de la Fig. 5 como de la Fig. 6, una unidad 80, 80a, 80b de motor/generador puede conectarse directamente al motor 51, 51a, 51b, principal, o el motor generador 55, 55a, 55b, 80, 80a, 80b puede conectarse a través de una caja de engranajes. La unidad 55a, 55b de motor/generador se acopla a un convertidor 56a, 56b de frecuencia y a través de este a la unidad 57a, 57b de almacenamiento de energía eléctrica. Una conexión 33 con tierra puede estar prevista en un lado, en este caso únicamente para la hélice del lado de estribor. Añadir una conexión con tierra en ambos lados es posible, pero aumenta los costes. El exceso de potencia del eje 52a, 52b puede extraerse mediante la unidad 55a, 55b de motor/generador, someterse a conversión de frecuencia en el convertidor 56a, 56b y o bien almacenarse en la unidad 57a, 57b de almacenamiento de energía eléctrica o bien transformarse a la tensión del cuadro principal de conexión en el transformador 60a, 60b y suministrarse al cuadro principal 58, 59 de conexión. En este ejemplo, se suministra la potencia desde cada lado al cuadro 58, 58 principal de conexión, es decir, el transformador 60a de puerto se conecta al cuadro 58 principal de conexión de puerto a través de la conexión 13a y el transformador 60b de estribor se conecta al cuadro 59 principal de conexión de estribor a través de la conexión 13b. Para un buque de dos hélices de tamaño similar, en comparación con un buque de una hélice, cada motor principal tiene una potencia máxima inferior. Para este ejemplo, la potencia de cada motor es de 13MW, con una unidad 55a, 55b de

motor/generador que es capaz de extraer o suministrar hasta 2,5 MW. El cuadro principal de conexión es un cuadro de conexión de 3,3kV, de manera que el transformador 60a, 60b transforma de 690V a 3,3kV y las interconexiones entre los cuadros principales de conexión de puerto y de estribor, además de las fuentes de alimentación y generadores auxiliares son los mismos que en el ejemplo de la Fig. 5.

5 El sistema 4 de gestión de energía eléctrica es capaz de operar en una cantidad de modos diferentes. En el modo de nivelación de cargas punta, la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica se utiliza para reforzar con energía al eje 2 principal, o para descargar energía del eje principal, para asegurar una operación estable del motor 1 principal durante un desplazamiento sobre el mar. En modo propulsor, cuando se necesita más potencia de propulsión que la que se encuentra disponible del motor 1 principal, la unidad 5 de motor/generador actúa como un motor donde la potencia eléctrica requerida es generada por los motores 12a, 12b auxiliares que alimentan el cuadro principal de conexión. Por si no se utiliza la potencia completa, entonces el modo propulsor también incluye alguna funcionalidad de nivelación de cargas punta. El modo alternador se utiliza cuando hay más energía disponible de la propulsión principal de la que se necesita. El sistema 4 de gestión de energía eléctrica extrae potencia para alimentar uno o más cuadros 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 de conexión auxiliares. Nuevamente, si no se utiliza la potencia completa, entonces este modo también incluye alguna funcionalidad de nivelación de cargas punta.

El modo de emergencia se utiliza si el motor 1 principal está fuera de servicio por alguna razón. El sistema 4 de gestión de energía eléctrica utiliza los motores 12a, 12b, 12c para proporcionar potencia al sistema de gestión de energía eléctrica, de manera que aunque el buque tenga únicamente potencia limitada, aún tendrá alguna capacidad de maniobra. El sistema 4 de gestión de energía eléctrica puede también ser utilizado para arrancar el motor 1 principal en caso de fallo del sistema 30 de arranque primario. Un modo de alimentación auxiliar aborda la necesidad de que los generadores 12a, 12b, 63 funcionen a carga alta algunas veces. Si los motores auxiliares siempre funcionan a carga baja, entonces tenderán a acumular hollín, a ser ineficientes y a causar otros problemas. Por esta razón es deseable cargar el auxiliar a cerca de la carga completa. Esto puede conducir a una sobrecarga de potencia si la carga es fluctuante. El sistema de gestión de energía eléctrica puede trabajar como un refuerzo de potencia y un dispositivo de suavizado a corto plazo, hasta que se conecten nuevos equipos de generadores si fuera necesario. La unidad de almacenamiento de energía eléctrica puede también ayudar en una secuencia de arranque transitoria para consumidores de arranque pesado.

La Fig.7 ilustra un ejemplo de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica en más detalle. La unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica puede desconectarse del convertidor de frecuencia mediante el disyuntor 66. Un troceador 67 de corriente continua a corriente continua adapta la tensión de corriente continua del convertidor de frecuencia a la tensión del bus de corriente continua y controla el flujo de potencia del almacenamiento de energía eléctrica para evitar la sobrecarga de energía eléctrica o sobrecarga eléctrica de los condensadores. El troceador se conecta a uno o más condensadores, súpercondensadores o ultracondensadores 68 que son capaces de almacenar y liberar energía en grandes cantidades y en escalas de tiempo cortas, y controla la tensión y el flujo de potencia hacia y desde los condensadores, súpercondensadores o ultracondensadores. El circuito troceador puede también ser utilizado para controlar un almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o de tipo baterías inerciales.

La Fig.8 es un diagrama de flujo de un método de operación de un sistema de control de potencia de la presente invención. El sistema 4 de gestión de energía eléctrica y/o el sistema 9 de gestión de potencia determinan 71 la potencia requerida del motor principal para la propulsión en marcha. Si la potencia requerida para la propulsión es menor que la potencia generada por el motor principal, se desvía 72 potencia adicional a la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica, o a los consumidores 10. Si la unidad de almacenamiento de energía eléctrica se está utilizando, la tensión de corriente alterna generada desde la unidad de motor/generador, si se conecta directamente al eje del motor primario, montado en el eje de la hélice, o conectado a través de una caja de engranajes, se convierte 73 a tensión de corriente continua para la unidad de almacenamiento de energía eléctrica. Si la potencia requerida para la propulsión excede la potencia generada por el motor principal, se extrae potencia adicional 74 desde la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica, o se suministra mediante motores 12a, 12b auxiliares a través del cuadro principal de conexión. Si la unidad de almacenamiento de energía eléctrica está siendo utilizada, la tensión de corriente continua de la unidad 7 de almacenamiento de energía eléctrica se convierte 75 a tensión de corriente alterna para suministrar potencia a la unidad de motor/generador y el eje. Los sistemas 4, 9 de gestión de energía eléctrica y potencia continúan monitorizando 76 tanto el comportamiento de las olas predicho y las condiciones operativas especiales que pueden ocurrir a bordo del buque para adaptar el almacenamiento y la extracción de energía eléctrica en consecuencia. La operación del motor principal es más eficiente de lo que puede mantenerse generando una tasa sustancialmente constante lo que no significaría necesariamente funcionar a potencia completa, sino generalmente por debajo. En lugar de seguir cambiando la salida de potencia del motor para enfrentarse con los picos y valles de demanda en las mares agitador, el motor primario genera una salida fija, habitualmente elegida para que sea suficiente para proporcionar la potencia media requerida real y los picos y valles a demanda se gestionan mediante la unidad de almacenamiento de energía eléctrica almacenando la energía eléctrica generada por el motor primario que excede la potencia instantánea requerida y suministrando energía eléctrica al eje cuando la demanda de potencia instantánea excede la potencia generada por el motor primario.

Operar el sistema de la presente invención puede reducir el consumo y las emisiones de combustible; reducir el desgaste debido al uso en el equipo y de esta manera reducir el mantenimiento y el tiempo de parada, aumentando el tiempo de funcionamiento y el rendimiento. Optimizar el buque de esta manera puede reducir la potencia del motor instalado, proporcionando ahorros directos e indirectos, además de reduciendo los requerimientos de peso y espacio. Las interconexiones con las fuentes de energía eléctrica almacenada y potencia auxiliar mejoran la seguridad manteniendo la propulsión durante al menos un tiempo corto, en caso de pérdidas del motor principal. El sistema puede fabricarse de manera modular y elegirse los módulos adecuados sobre un rango de capacidades, habitualmente en el rango de hasta 5 MW de capacidad intermitente para entre 20MW y 30MW de capacidad total. El sistema es lo suficientemente flexible para proporcionar un refuerzo en el rendimiento de la potencia suministrada, por ejemplo para un arranque de carga pesada y suministrar dicho refuerzo en una escala corta de tiempo, del orden de milisegundos.



## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema (4) de gestión de energía eléctrica de un buque para controlar el suministro de potencia a y desde un sistema de propulsión de un buque, comprendiendo el sistema de propulsión del buque un eje (2), una hélice (3) y un motor (1) primario que hace girar el eje (2) conectado a la hélice (3), comprendiendo el sistema de gestión de energía eléctrica un convertidor (6) de frecuencia; una unidad (7) de almacenamiento de energía eléctrica, un controlador y una unidad (5) de motor/generador que está acoplada en serie entre el motor (1) primario y la hélice, en donde la unidad de motor/generador está adaptada para recibir potencia desde el motor primario del buque y suministrar potencia a la hélice a través de la unidad (5) de motor/generador y el eje (2), o extraer potencia del eje (2) hacia la unidad de almacenamiento de energía eléctrica; en donde la unidad de almacenamiento de energía eléctrica comprende uno o más condensadores, súpercondensadores o ultracondensadores, almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o baterías inerciales; en donde el controlador del sistema (4) de gestión de energía eléctrica determina un requerimiento de potencia instantáneo del sistema de propulsión y la potencia media generada por el motor primario; un comparador para comparar la potencia requerida instantánea y la potencia media; en donde si la potencia requerida instantánea excede la potencia media, la unidad de motor/generador recibe energía eléctrica de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica; y en donde si la potencia instantánea requerida es menor que la potencia media, la unidad (5) de motor/generador suministra potencia desde el motor (1) primario a la unidad (7) de almacenamiento de energía eléctrica.
- 10 2. Un sistema según la reivindicación 1, en donde el sistema (4) comprende además una entrada desde un cuadro principal de conexión del buque, por lo que si la potencia requerida excede la potencia media, la unidad (5) de motor/generador recibe energía eléctrica de un generador auxiliar a través el cuadro principal de conexión, además de energía eléctrica desde el motor primario, o energía eléctrica de la unidad de almacenamiento.
- 15 3. Un sistema según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde el sistema (4) además comprende una entrada a un cuadro principal de conexión del buque, por lo que si el requerimiento de potencia del sistema de propulsión es menor que la potencia media, el cuadro principal de conexión recibe energía eléctrica desde el motor (1) principal, o la unidad (7) de almacenamiento de energía eléctrica, a través del sistema de gestión de energía eléctrica.
- 20 4. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, en donde la unidad (7) de almacenamiento de energía eléctrica comprende además un troceador (67) para controlar la tasa de carga y descarga de los condensadores, súpercondensadores o ultracondensadores, o del almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o baterías inerciales.
- 25 5. Un sistema según cualquier reivindicación anterior, que además comprende un embrague (31) en el eje (2) para desconectar la hélice si el motor (1) primario está alimentando solo el cuadro principal de conexión.
- 30 6. Un método de gestión de energía eléctrica de un buque para controlar el suministro de potencia a y desde el sistema de propulsión de un buque, comprendiendo el sistema de propulsión del buque un motor (1) primario que hace girar un eje (2) conectado a una hélice (3), comprendiendo el buque un sistema (4) de gestión de energía eléctrica que comprende un convertidor (6) de frecuencia; una unidad (7) de almacenamiento de energía eléctrica, un controlador y una unidad (5) de motor/generador, la unidad de motor/generador estando acoplado en serie entre el motor (1) primario y la hélice; comprendiendo el método recibir en la unidad de motor/generador potencia desde el motor primario del buque; y suministrar potencia a la hélice a través de la unidad de motor/generador y el eje, o extrayendo potencia del eje hacia la unidad de almacenamiento de energía eléctrica que determina (71) un requerimiento de potencia del sistema de propulsión del buque; determinar la potencia media generada por el motor primario; comparar la potencia instantánea requerida y la potencia media; si la potencia requerida excede la potencia media, hacer (74, 75) que la unidad de motor/generador reciba energía eléctrica de los condensadores, súpercondensadores o ultracondensadores, de almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o de baterías inerciales, de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica; si la potencia requerida es menor que la potencia media, hacer (72, 73) que la unidad de motor/generador suministre potencia desde el motor primario a los condensadores, súpercondensadores, o ultracondensadores, almacenamiento químico de energía eléctrica, tal como baterías, o a baterías inerciales, de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica; monitorizar (76) la potencia instantánea requerida y la potencia media en las condiciones de mare variantes y adaptarla en consecuencia.
- 35 40 45 50 7. Un método según la reivindicación 6, que además comprende recibir potencia en la unidad (5) de motor/generador desde un generador (12a, 12b, 12c) auxiliar a través del cuadro principal de conexión del buque, si la potencia requerida excede la potencia media.
- 55 8. Un método según la reivindicación 6 o reivindicación 7, que además comprende introducir potencia desde el motor (1) primario a un cuadro principal de conexión del buque, si la potencia requerida es menor que la potencia media.

9. Un método según la reivindicación 8, que además comprende desconectar una hélice (2) del sistema de propulsión y suministrar toda la potencia del motor (1) primario al cuadro principal de conexión del buque.

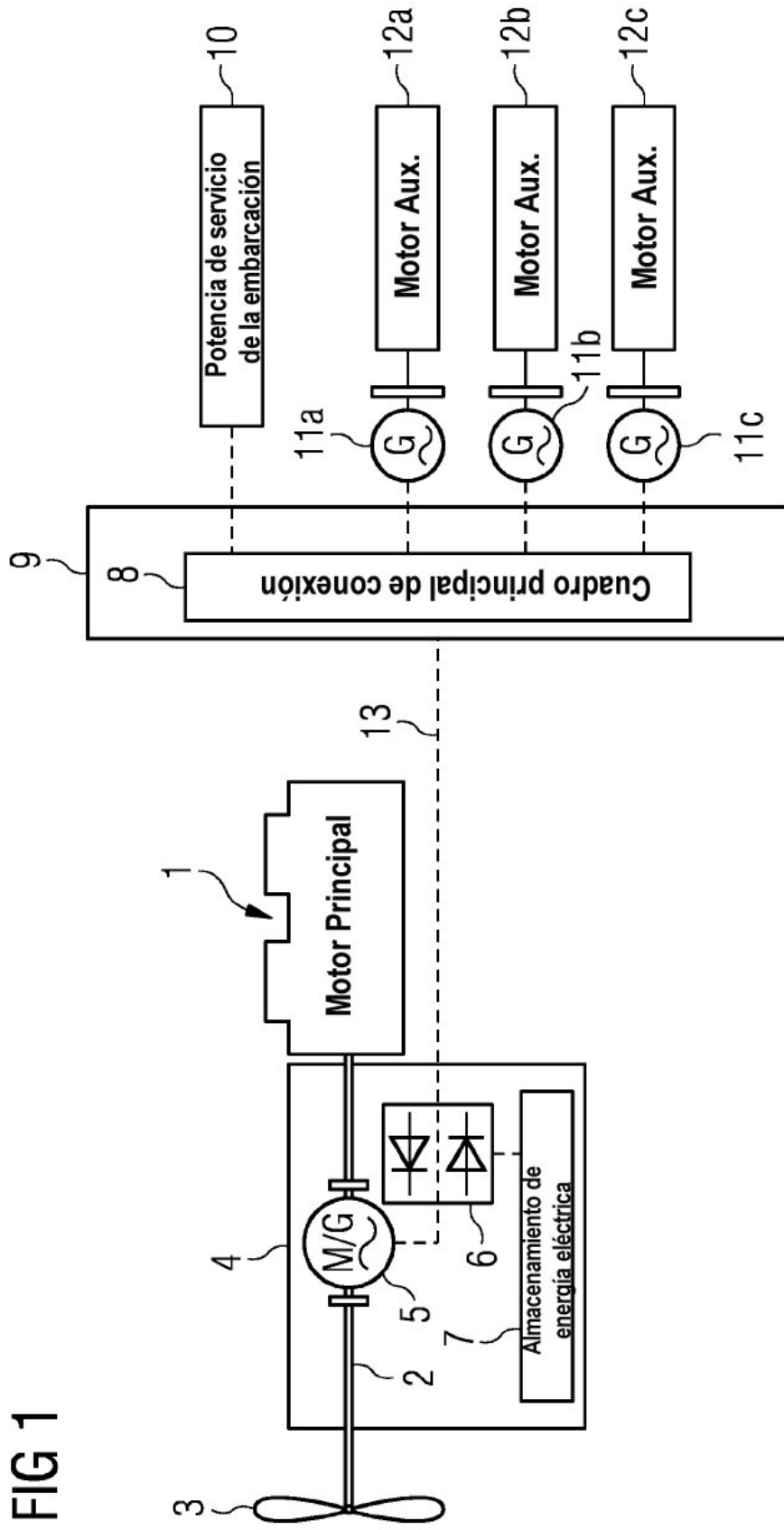


FIG 1

FIG 2

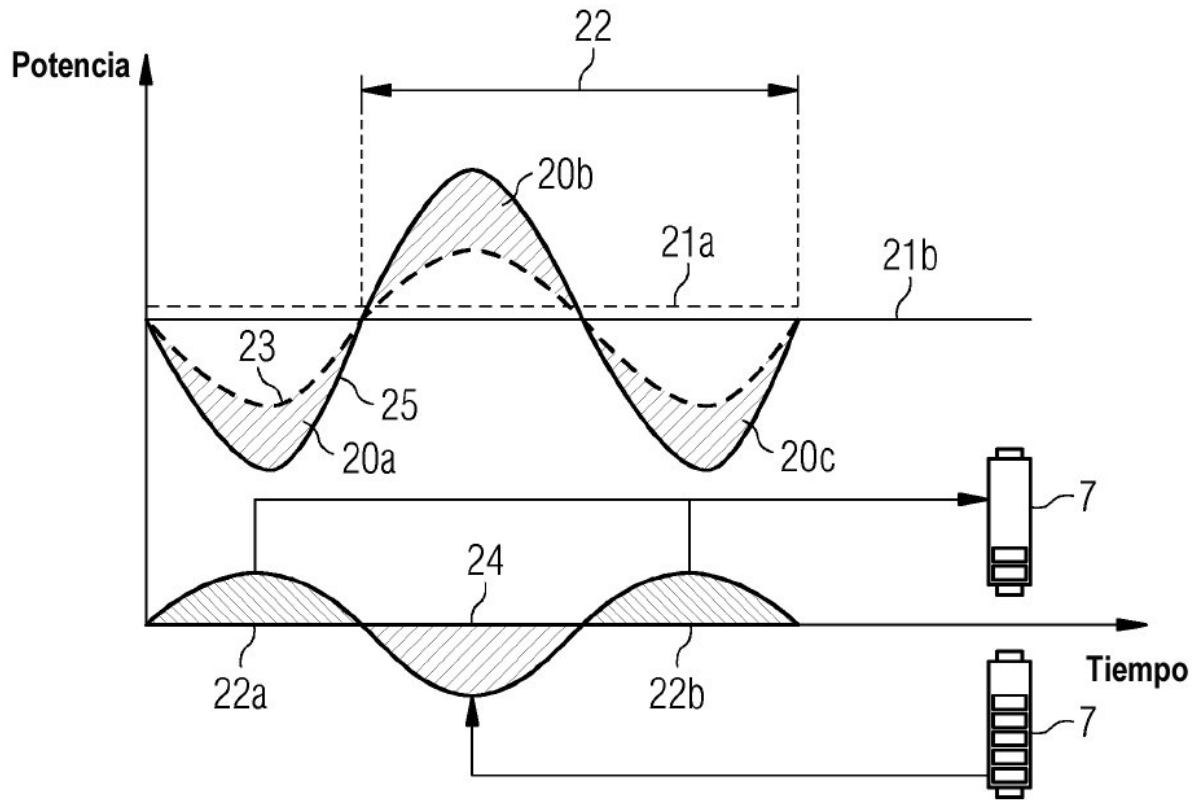


FIG 3

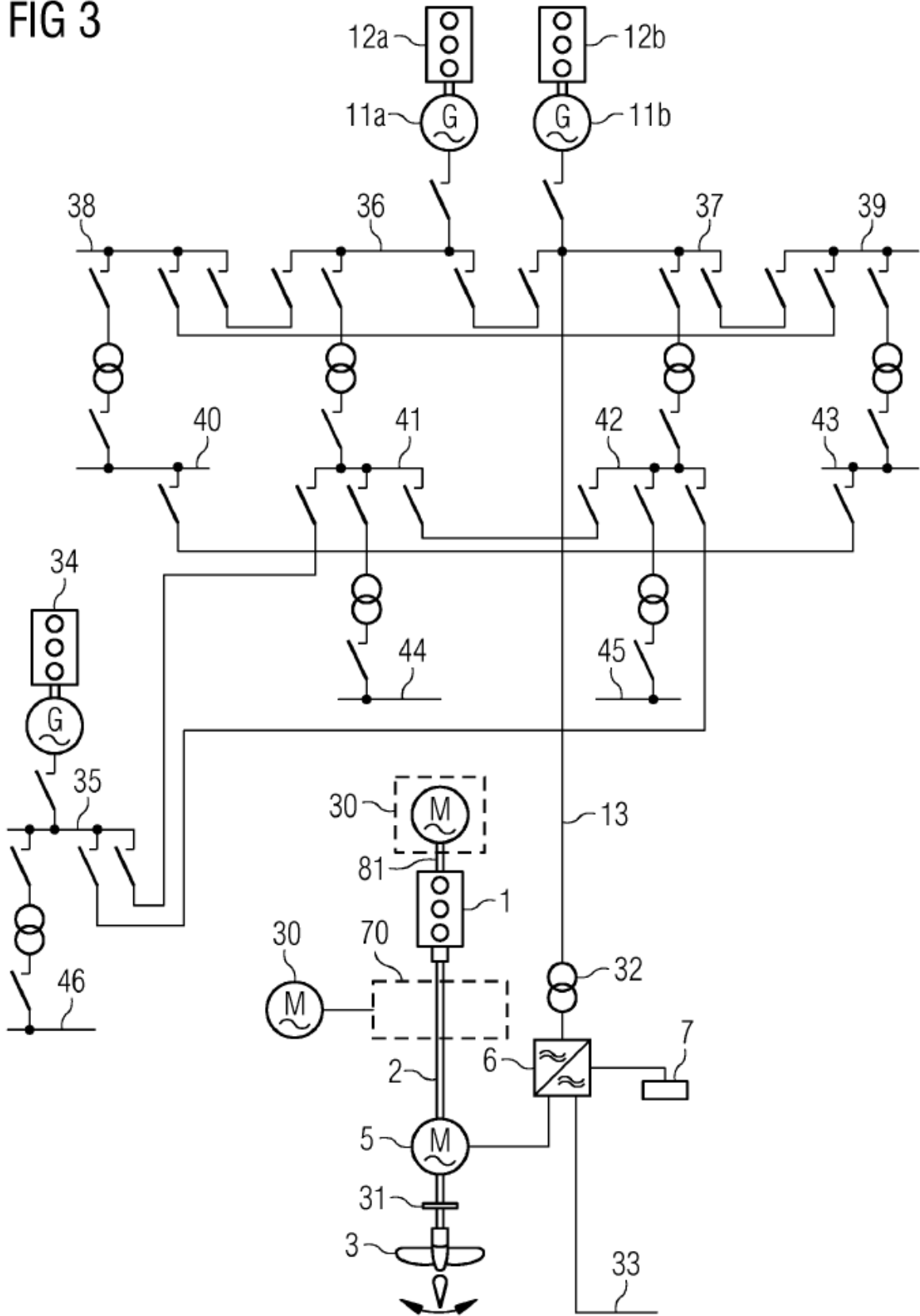


FIG 4

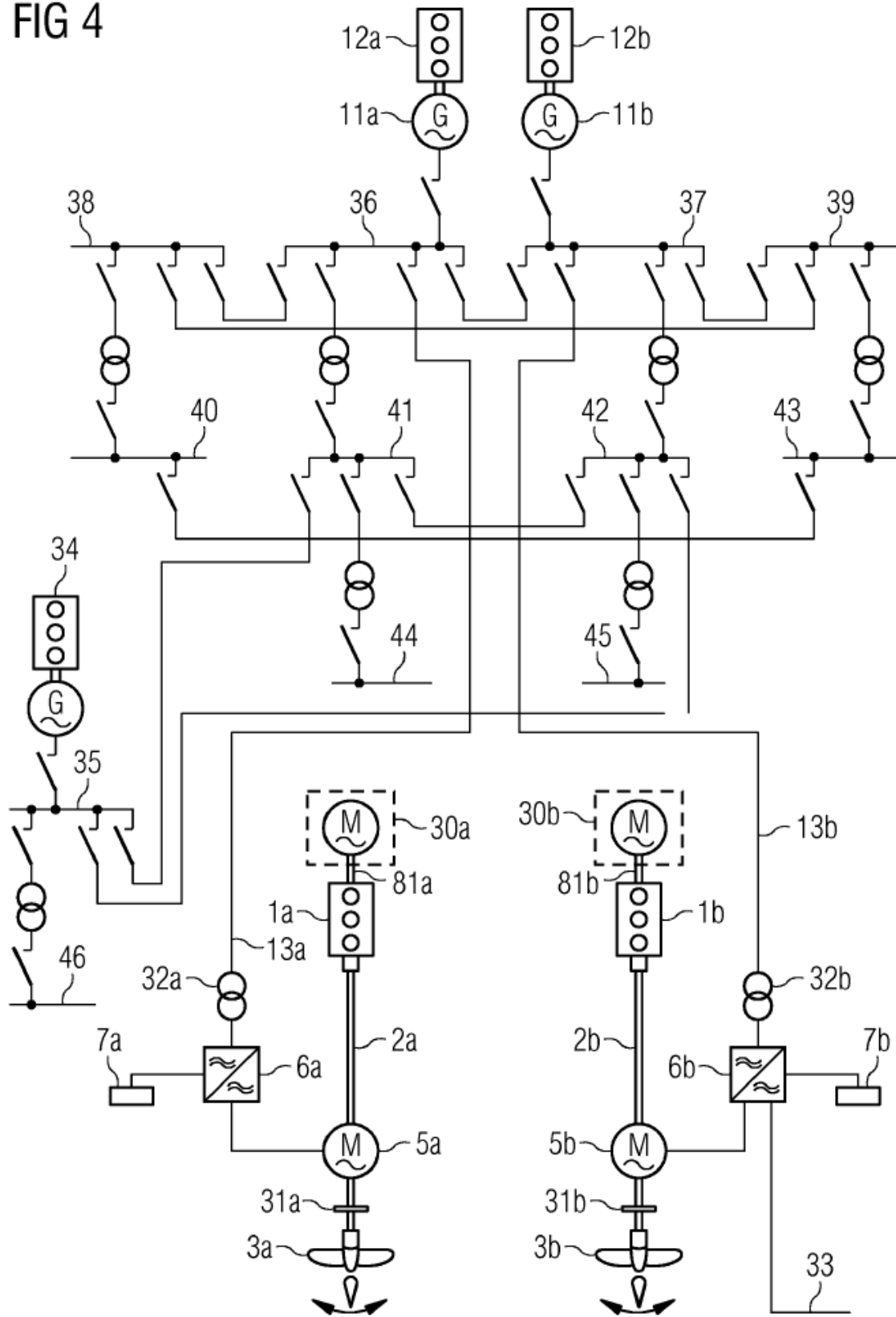


FIG 5

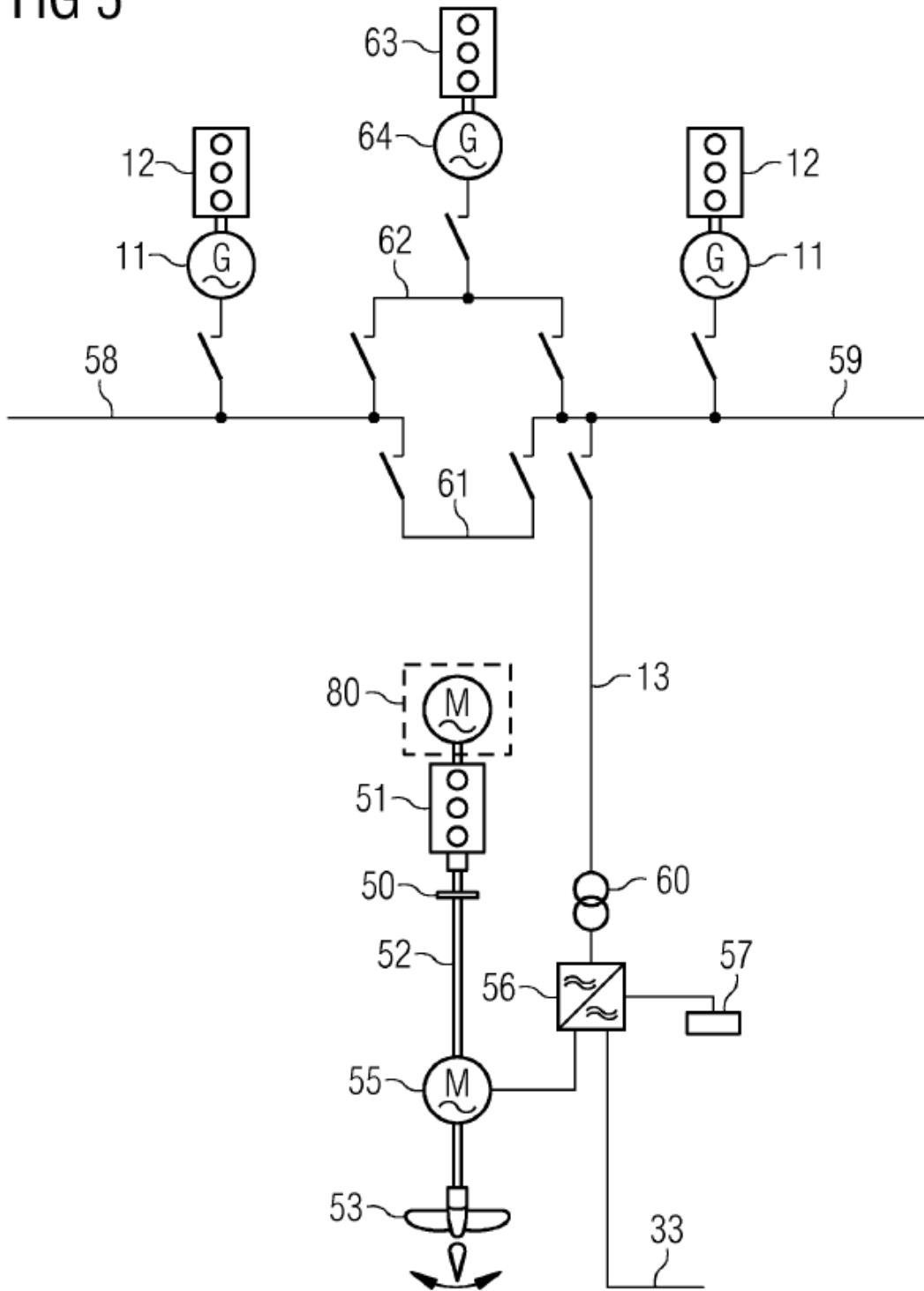
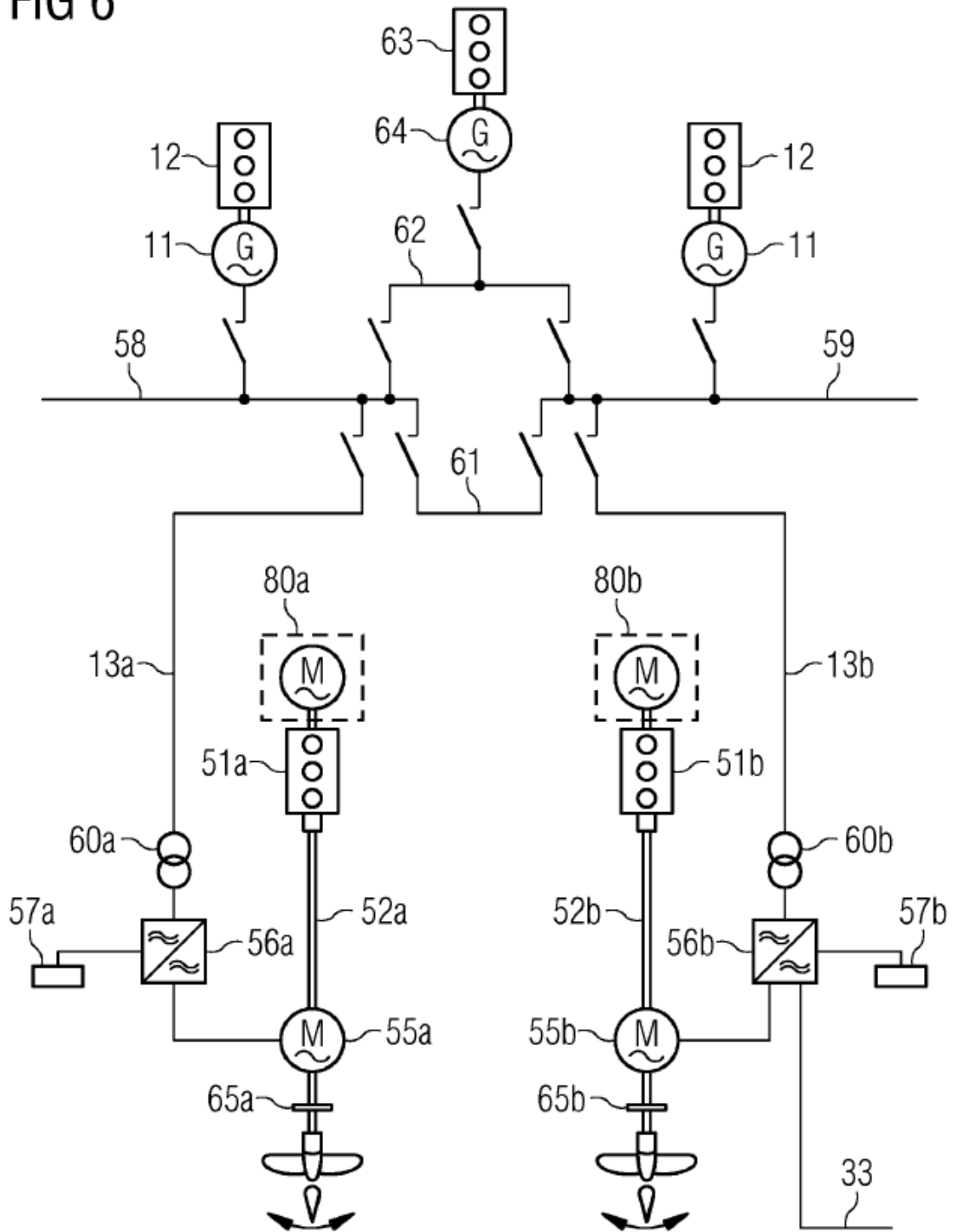
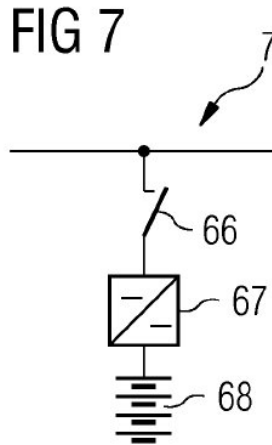


FIG 6







**FIG 8**

