

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 776**

51 Int. Cl.:

**B63H 21/20** (2006.01)

**B63H 23/24** (2006.01)

**B63J 3/02** (2006.01)

**H02J 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.08.2007 E 07114450 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.12.2015 EP 1894836**

54 Título: **Buque con accionamiento eléctrico y accionamiento adicional de motores de combustión interna**

30 Prioridad:

**01.09.2006 DE 102006041032**

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

**28.01.2016**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
WITTELSBACHERPLATZ 2  
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:

**HARTIG, RAINER;  
RZADKI, WOLFGANG;  
SCHMITZER, RICHARD;  
SCHULZE HORN, HANNES y  
WIETOSKA, JENS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 557 776 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**

Buque con accionamiento eléctrico y accionamiento adicional de motores de combustión interna

La presente invención hace referencia a un buque con un accionamiento eléctrico y un accionamiento adicional de motores de combustión interna según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Los buques con un sistema de accionamiento compuesto por un accionamiento eléctrico y un accionamiento adicional de los motores de combustión interna se utilizarán en el futuro en particular principalmente en el área de la marina, para corbetas y fragatas. De este modo, uno o varios motores eléctricos se utilizan como máquinas principales para el accionamiento del buque, para un rango de velocidad inferior (por ejemplo hasta la velocidad de crucero) y al menos un motor de combustión interna, por ejemplo una turbina de gas o uno o varios motores diesel,  
10 solos o con el (los) motor(es) eléctrico(s), se utilizan como accionamiento adicional para un rango de velocidad más elevado (por ejemplo velocidades superiores a la velocidad de crucero), hasta la velocidad máxima.

El sistema de accionamiento debe diferenciarse de los sistemas de accionamiento utilizados en buques de carga de gran tamaño, en particular en buques contenedores de gran tamaño, con un motor de combustión interna, habitualmente con un motor diesel de gran tamaño, como máquina principal para el accionamiento del buque, y un  
15 motor de ejes eléctrico (denominado con frecuencia como "booster" en las publicaciones específicas) como accionamiento adicional eléctrico para alcanzar la velocidad máxima del buque, o como accionamiento de emergencia en el caso de una falla del motor de combustión interna.

Un ejemplo de un sistema de accionamiento, en donde dos motores eléctricos se utilizan como máquinas principales para el accionamiento del buque y una turbina de gas se utiliza como accionamiento adicional para los motores de combustión interna, es el sistema de accionamiento denominado como CODLAG (COMbined Diesel Electric And Gas) en las publicaciones específicas. Un sistema de accionamiento CODLAGA puede utilizarse por ejemplo para la nueva clase de fragatas F 125 de la marina alemana (véase por ejemplo el artículo "Fregatte Klasse F 125" de T. Becker en "Marineforum" 11-2005). Hasta la velocidad de crucero de aproximadamente 20 kn, dos motores eléctricos accionan respectivamente un eje propulsor directamente sin una reducción de la transmisión. Un  
20 accionamiento mecánico de turbina de gas se conecta a los dos ejes propulsores para alcanzar la velocidad máxima de aproximadamente 26 kn.

La generación de corriente para los motores eléctricos y para la red de a bordo del buque tiene lugar generalmente a través de varios equipos auxiliares para la generación de corriente, los cuales respectivamente se componen de un generador de corriente y de una maquinaria auxiliar que acciona dicho generador, como por ejemplo un motor diesel de velocidad media. Debido a la generación de energía a través de un cantidad mayor de equipos auxiliares para la generación de energía, independientes unos de otros y dispuestos en distintos lugares en el buque, y de su conexión en red en común, es posible alcanzar una seguridad de funcionamiento ya muy elevada. A pesar de ello, es posible que en el caso de una falla de uno o de varios de los equipos auxiliares para la generación de energía puedan producirse fallos en la red de a bordo hasta provocar un apagón.

35 Por tanto, es objeto de la presente invención aumentar aún más la seguridad de funcionamiento en un buque según el preámbulo de la reivindicación 1.

Este objeto se alcanzará gracias a que al menos un motor eléctrico puede ser operado también como generador, donde el mismo, durante el funcionamiento de generador, puede ser conectado a la red de a bordo para suministrar energía eléctrica a la red de a bordo, mediante una línea eléctrica. Debido a ello es posible establecer un flujo de energía desde el motor eléctrico hacia la red de a bordo. De este modo, energía mecánica liberada en el sistema de ejes por al menos un motor de combustión interna puede ser convertida en energía eléctrica con la ayuda del motor eléctrico en el funcionamiento de generador, donde la misma puede ser suministrada a la red de a bordo. En el caso de una falla de un equipo auxiliar de generación de corriente, a través del paso del motor eléctrico de funcionamiento de motor a funcionamiento de generador, la red de a bordo eléctrica puede ser respaldada y pueden evitarse averías  
40 en la red de a bordo, hasta inclusive un apagón.

A través de la invención puede mejorarse aún más en conjunto la flexibilidad de la distribución de energía en una interacción de la generación de energía para el accionamiento del buque y la generación de energía para la red de a bordo. En el caso de reservas de energía en el accionamiento existe una pluralidad de nuevas posibilidades para su utilización: junto con el suministro de consumidores de la red de a bordo en el caso de una falla de un equipo auxiliar para la generación de energía, antes mencionado, en el caso de una falla en la transmisión de fuerza desde el motor de combustión interna hacia un sistema de ejes (por ejemplo en el caso de una falla en la transmisión) existe también la posibilidad de suministrar energía adicional al motor eléctrico acoplado a ese sistema de ejes, supliendo al menos parcialmente el fallo de la transmisión de fuerza del motor de combustión interna a través de una potencia de accionamiento elevada del motor eléctrico, proporcionando la misma potencia de accionamiento para todos los propulsores. En el caso de reservas de energía en la red de a bordo, la energía adicional requerida para el motor  
55

eléctrico puede ser proporcionada también por los generadores de corriente de la red de a bordo. En conjunto, de este modo puede aumentarse aún más la seguridad de funcionamiento del sistema de accionamiento y de la red de a bordo.

5 Además, con la ayuda de un flujo de energía desde el motor de combustión interna hacia la red de a bordo, puede optimizarse el punto de funcionamiento del sistema en su totalidad, compuesto por el motor de combustión interna y máquinas auxiliares para el accionamiento de los generadores de corriente, por ejemplo en cuanto a un consumo de fuerza/carburantes mínimo, emisiones mínimas o tiempos de ejecución óptimos.

10 De acuerdo con una variante especialmente ventajosa de la invención, el buque presenta un convertidor que se encuentra conectado en la línea eléctrica, el cual suministra al motor eléctrico energía eléctrica generada por los generadores durante el funcionamiento de motor y convierte la corriente eléctrica generada por el motor eléctrico durante el funcionamiento de generador en una corriente con la frecuencia de la red de a bordo. Gracias a ello, el flujo de energía entre el motor eléctrico y la red de a bordo puede controlarse de forma precisa en cuanto a su dirección y magnitud, de manera que el suministro de energía hacia el motor eléctrico durante el funcionamiento de motor, así como hacia la red de a bordo en el funcionamiento de generador, tienen lugar conforme a la necesidad.

15 Para aumentar aún más la seguridad de funcionamiento, el convertidor puede presentar un sistema de control y de regulación a través del cual el motor eléctrico, mediante el convertidor, puede pasar tan rápidamente desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de generador que en el caso de una falla de un generador, la energía eléctrica de la red de a bordo puede ser mantenida sin un apagón en la red de a bordo, preferentemente sin interrupciones.

20 Para evitar caídas de la red de forma segura, puede proporcionarse una fuente de energía adicional que, durante el cambio del motor eléctrico del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador, suministra energía eléctrica a la red de a bordo para mantener la energía de la red de a bordo.

25 Se considera preferente que el tiempo utilizado para el cambio del motor eléctrico desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de generador y el dimensionamiento de la fuente de energía con respecto a la energía que puede suministrarse a la red de a bordo en el tiempo utilizado para el cambio estén adaptados el uno al otro, de manera que, debido a la energía suministrada a la red de a bordo durante el cambio, la tensión y la frecuencia de la red de a bordo no puedan ubicarse por debajo de un valor límite respectivamente predeterminado. Seleccionando un valor límite adecuado para la tensión y la frecuencia de la red de a bordo pueden evitarse de forma segura averías en la red. En particular, puede garantizarse de forma conveniente el buen funcionamiento del buque en cuanto a consumidores críticos a bordo del buque, evitando con ello un apagón del buque.

35 De acuerdo con una variante ventajosa, el convertidor está diseñado como un convertidor de circuito intermedio de corriente continua y la fuente de energía es un compensador rotativo de potencia reactiva para generar potencia reactiva para la red de a bordo. De este modo, el compensador de potencia reactiva, necesario habitualmente para generar potencia reactiva en el caso de un convertidor de esa clase, se utiliza como soporte de la red de a bordo. Se evita con ello una necesidad de espacio adicional para otras fuentes de energía adicionales.

40 De acuerdo con una variante alternativa, el convertidor está diseñado como un convertidor de circuito intermedio de tensión continua y la fuente de energía es un condensador de circuito intermedio del circuito intermedio de tensión continua. También en este caso el condensador de circuito intermedio que ya se encuentra presente, necesario para el funcionamiento del convertidor, en particular también para su emisión de potencia reactiva, se utiliza como soporte de la red de a bordo en el caso de un fallo de un equipo auxiliar de generación de corriente. Se evita con ello una necesidad de espacio adicional para otras fuentes de energía adicionales.

45 Un cambio particularmente rápido del motor eléctrico del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador es posible gracias a que el convertidor presenta un convertidor de corriente del lado de la red y un convertidor de corriente del lado del motor, respectivamente con válvulas controlables del convertidor de corriente y el sistema de control y regulación pasa el motor eléctrico desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de generador a través de la modificación de la duración del cambio de las válvulas del convertidor de corriente.

50 De manera preferente, el motor eléctrico, el convertidor y el sistema de control y regulación del convertidor están diseñados de manera que el motor eléctrico puede pasar del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador dentro de menos de 1 segundo. Preferentemente, el cambio es posible incluso dentro de menos de 500 ms, ya que generalmente después de 500 ms se abren los conmutadores de potencia.

A continuación, la invención y otras variantes ventajosas de la invención, conforme a las características de las reivindicaciones dependientes, se explican en detalle en las figuras a través de ejemplos de ejecución. Las figuras muestran:

Figura 1: una representación esquemática de un buque según una primera variante ventajosa de la invención;

Figura 2: un ejemplo de una estructura del sistema de control y de regulación de la figura 1;

Figura 3: un ejemplo de un desarrollo del procedimiento para pasar un motor eléctrico del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador; y

5 Figura 4: una representación esquemática de un buque según una segunda variante ventajosa de la invención.

Un buque 1 mostrado en la figura 1, por ejemplo una fragata o una corbeta, presenta un sistema de accionamiento con dos motores eléctricos 2, de los cuales cada uno, sin una transmisión interconectada, acciona directamente un eje del propulsor 3, el cual a su vez se encuentra acoplado a un propulsor regulable del buque 4. Los motores eléctricos 2 sirven como accionamiento principal para la propulsión del buque 1 en el rango de velocidad inferior (por ejemplo velocidades hasta la velocidad de crucero inclusive). Una turbina de gas 5, sola o con el motor eléctrico 2, se utiliza como accionamiento adicional para el rango de velocidad más elevado (por ejemplo velocidades superiores a la velocidad de crucero), hasta alcanzar la velocidad máxima. La turbina de gas 5, en caso necesario, puede ser acoplada mecánicamente a los ejes del propulsor 3, mediante una unidad de transmisión/acoplamiento 6.

10 Una red de a bordo 10 sirve para suministrar energía eléctrica a los motores eléctricos 2, así como a otros consumidores eléctricos 20 (por ejemplo deflectores de chorro transversal, iluminación, sistemas de navegación). Con el fin de una mayor claridad, en la figura 1 se representan solamente algunos pocos consumidores eléctricos 20; en la práctica una cantidad mayor de consumidores de ese tipo 20, parcialmente también mediante otras redes de a bordo, son abastecidos con energía eléctrica desde la red de a bordo 10.

15 La generación de la energía eléctrica para la red de a bordo 10 y, con ello, también para los motores eléctricos 2, tiene lugar a través de varios equipos auxiliares para la generación de energía 7, los cuales respectivamente están compuestos por un motor diesel 8 y un generador de corriente 9 accionado por el motor diesel 8. Como motores diesel 8 se utilizan por ejemplo motores diesel de cuatro tiempos de velocidad media.

20 De manera alternativa, los motores eléctricos 2 pueden ser abastecidos directamente con energía eléctrica también por uno o varios de los equipos auxiliares para la generación de energía 7, en lugar de que esto suceda mediante la red de a bordo 10.

25 En el caso de una fragata, a modo de ejemplo, la potencia de los equipos auxiliares para la generación de energía 7 asciende respectivamente a aproximadamente 3 MW, de manera que en total se dispone de una potencia del generador de 12 MW para los consumidores eléctricos 20 y los motores eléctricos 2. La necesidad de potencia de los consumidores eléctricos asciende aproximadamente a 1 MW. Los motores eléctricos 2 están diseñados en una potencia de respectivamente unos 4,5 MW, de manera que la potencia total del accionamiento eléctrico asciende a 9 MW. La turbina de gas 5 generalmente posee una potencia de 20 MW. Puesto que la potencia máxima de la turbina de gas 5 se exige solamente en el rango de la velocidad máxima, la cual se utiliza más bien en pocas ocasiones, en el caso de las velocidades que se emplean con más frecuencia, hasta la velocidad de crucero inclusive, se dispone de reservas de potencia elevadas en el lado de accionamiento debido a las grandes reservas de potencia de la turbina de gas 5 que aún se encuentran presentes. A través de la utilización de las reservas de potencia mencionadas resulta la ventaja adicional de que la turbina de gas puede ser operada con un mejor grado de efectividad.

30 Cada uno de los motores eléctricos 2 puede ser operado tanto en el funcionamiento de motor, como también en el funcionamiento de generador. Además, cada uno de los motores eléctricos 2 puede ser conectado a la red de a bordo 10 mediante una línea eléctrica 11 y respectivamente un convertidor 12 y un transformador 18 conectados en la línea 11. En el funcionamiento de motor, el convertidor 12 suministra al motor eléctrico 2 energía eléctrica de velocidad variable desde la red de a bordo 10. Se trata por tanto de un accionamiento denominado como "variable speed drive" (accionamiento de velocidad variable) en las publicaciones específicas. En el funcionamiento de generador, el convertidor 12 transforma la corriente generada por el motor eléctrico 2 en corriente con la frecuencia de la red de a bordo 10.

35 De este modo, mediante el convertidor 12 puede controlarse en cuanto a su dirección y magnitud el flujo de energía eléctrica entre el motor eléctrico 2, suministrando así al motor eléctrico en el funcionamiento de motor energía eléctrica desde la red de a bordo 10, de acuerdo con la necesidad, así como suministrando energía eléctrica generada por el motor eléctrico en el funcionamiento de generador, de acuerdo con la necesidad, a esa red de a bordo 10. Por tanto, en el funcionamiento de motor de un motor eléctrico, energía eléctrica proveniente de la red de a bordo 10 se convierte en energía mecánica de velocidad variable para el accionamiento del respectivo propulsor del buque 4. Las reservas de potencia en la red de a bordo pueden utilizarse para aumentar la potencia de accionamiento del buque, debido a lo cual aumenta la velocidad del buque o, en el caso de una velocidad invariable del buque, puede ser reducida la carga de la turbina de gas 5. En el funcionamiento de generador, la energía

mecánica del eje del propulsor 3 puede ser transformada en energía eléctrica para la red de a bordo 10. De este modo pueden utilizarse reservas de potencia de la turbina de gas 5 para generar energía para la red de a bordo 10 o de otro motor eléctrico para el accionamiento del buque (por ejemplo en el caso de un fallo de la transmisión).

5 El convertidor 13 está diseñado como un convertidor de circuito intermedio de corriente continua y se compone de un convertidor de corriente 13 del lado del motor, de un convertidor de corriente 14 del lado de la red y de un circuito intermedio de corriente continua 15 interconectado.

Una corriente magnetizante eventualmente necesaria para el motor eléctrico 2 igualmente puede derivarse de la red de a bordo 10 y ser controlada y regulada por un convertidor de corriente magnetizante que se encuentra conectado a la red de a bordo eléctrica, el cual no se representa en detalle.

10 El control y la regulación de los motores eléctricos 2 mediante el convertidor 12 tienen lugar a través de respectivamente un sistema de control y regulación 16, preferentemente realizado en tecnología digital. Los convertidores de corriente 13 y 14 pueden ser controlados y regulados de forma independiente unos de otros a través de los respectivos sistemas de control y regulación 16. De este modo, cada uno de los sistemas de control y regulación 16, mediante dispositivos de medición que no se representan en detalle, detecta la velocidad del respectivo generador/motor eléctrico, la tensión del motor, la frecuencia del motor y la corriente de circuito intermedio del respectivo convertidor 12, así como la tensión de la red de a bordo y la frecuencia de la red de a bordo. Los convertidores de corriente 13, 14 presentan respectivamente válvulas controlables del convertidor de corriente, y el sistema de control y regulación 16 pasa el motor eléctrico 2 desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de motor a través de la modificación de la duración del cambio de las válvulas del convertidor de corriente.

Puesto que un convertidor de circuito intermedio de corriente continua sólo puede suministrar potencia activa a la red de a bordo 10, la demanda de potencia reactiva de la red de a bordo 10 es cubierta por un compensador de potencia reactiva 17 diseñado como un generador síncrono. El compensador de potencia reactiva 17, en el funcionamiento normal, trabaja sólo como desfasador y no suministra potencia activa a la red 10.

25 Un fallo imprevisto de uno o de varios de los equipos auxiliares para la generación de corriente 7 podría conducir a una caída de la tensión y la frecuencia de la red de a bordo 5, con la consecuencia de una desconexión de seguridad de los consumidores eléctricos 20, hasta provocar un apagón del buque 1. También en el caso de que se encuentren presentes equipos auxiliares de reserva para la generación de corriente, toma algunos segundos hasta que éstos arrancan y se encuentran disponibles para suministrar energía a la red de a bordo 10.

30 Para evitar caídas de la red de a bordo, el motor eléctrico 2, a través del sistema de control y regulación 16, puede cambiar del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador tan rápidamente que la energía de la red de a bordo puede ser mantenida sin un apagón de la red de a bordo 10, preferentemente incluso sin interrupciones. Durante el cambio del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador, el compensador de potencia reactiva 17 suministra energía eléctrica a la red de a bordo 10 para mantener la energía de la red de a bordo. De este modo, la demanda de energía de la red 10 es cubierta en base a la energía de rotación cinética del compensador de potencia reactiva 17.

40 El tiempo utilizado para el cambio del motor eléctrico desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de generador y el dimensionamiento del compensador de potencia reactiva 17 con respecto a la energía que puede suministrarse a la red de a bordo 10 en el tiempo utilizado para el cambio están adaptados el uno al otro, de manera que, debido a la energía suministrada a la red de a bordo 10 durante el cambio, la tensión y la frecuencia de la red de a bordo 10 no puedan ubicarse por debajo de un valor límite respectivamente predeterminado. Los valores límite se seleccionan de manera que se evita una desconexión de seguridad de consumidores del buque 20 críticos, los cuales podrían provocar un apagón del buque 1.

45 De manera preferente, el motor eléctrico 2, el convertidor 12 y el sistema de control y regulación 16 del convertidor 12 están diseñados de manera que el motor eléctrico 2 puede pasar del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador dentro de menos de 1 segundo. Debido a ello, la demanda de energía del compensador de potencia reactiva 17 puede ser mantenida tan reducida que, en el caso de un dimensionamiento normal del compensador de potencia reactiva 17, orientado a la generación de potencia reactiva, se encuentra disponible también energía de rotación suficiente para respaldar la red de a bordo 10.

50 Para detectar un fallo de uno o de varios equipos auxiliares para la generación de energía 7 se proporciona un dispositivo de monitoreo 19 que detecta fallos mediante líneas de señalización 22, de las cuales se representa una a modo de ejemplo, donde en el caso de un fallo se da una orden de conmutación al dispositivo de control y regulación 16 mediante líneas de control 21. Preferentemente, el dispositivo de monitoreo 19 está diseñado para hardware, para evitar demoras temporales en el procesamiento de la señal.

En el caso de un funcionamiento de motor de los motores eléctricos 2 no sería necesario un funcionamiento del compensador de potencia reactiva 17 y el mismo podría ser desconectado. Sin embargo, de este modo, su energía de rotación cinética tampoco se encontraría disponible para el respaldo de la red de a bordo 10 en el caso de una falla de uno o de varios de los equipos auxiliares para la generación de energía 7. Por consiguiente, el compensador de potencia reactiva 17 es operado también en el funcionamiento de motor de los motores eléctricos 2.

Es posible alcanzar un tiempo de cambio breve gracias a que la activación de los convertidores de corriente 13, 14 durante el cambio del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador tiene lugar sin una interrupción de los pulsos, es decir, sin una modificación de los puntos de cambio y, con ello, de la duración del cambio de las válvulas del convertidor. Al utilizar tiristores como válvulas del convertidor de corriente, se controlan generalmente sólo los puntos de cambio mediante los así llamados ángulos de control  $\alpha$ . Al utilizarse GTOs, IGBTs o IGCTs pueden controlarse tanto los puntos de conexión como también los puntos de desconexión.

Una activación de esa clase de las válvulas del convertidor de corriente, sin una interrupción de los pulsos, es posible debido a que se encuentra presente un sistema de control y regulación en común para el funcionamiento de motor y el funcionamiento de generador. Gracias a ello pueden evitarse interrupciones de los pulsos en el paso del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador y, con ello, las demoras asociadas que serían necesarias en el caso de sistemas de regulación diferentes para el funcionamiento de motor y el funcionamiento de generador.

De manera ventajosa, el motor eléctrico 2 es regulado por la velocidad en el funcionamiento de motor cuando no se encuentra conectado ningún accionamiento adicional del motor de combustión interna, es decir, cuando la turbina de gas 5 no se encuentra acoplada al eje del propulsor 3. Por el contrario, si en el funcionamiento de motor se encuentra conectado el accionamiento adicional del motor de combustión interna, es decir si la turbina de gas 3 se encuentra acoplada al eje del propulsor, entonces el motor eléctrico 2 es regulado por el par de rotación y la turbina de gas 5 por la velocidad. También en el funcionamiento de generador el motor eléctrico 2 es regulado por el par de rotación. De acuerdo con la figura 2, el sistema de control y regulación 16 presenta un componente de regulación 23 para generar un valor deseado del par de rotación  $M_G$  en el funcionamiento de generador, un componente de regulación 24 para generar un valor deseado de la velocidad  $M_M$  para el funcionamiento de motor con accionamiento adicional del motor de combustión interna y un componente de regulación 25 para generar un valor deseado de la velocidad  $n_M$  para el funcionamiento de motor sin accionamiento adicional del motor de combustión interna, donde a través de una conmutación 26 se asegura que sólo uno de los tres valores deseados se encuentre conmutado en un componente de control subsiguiente 27 para la activación del convertidor 12 en el funcionamiento de generador y en el funcionamiento de motor. Los componentes de regulación 23, 24, 25, la conmutación 26 y el componente de control 27, de manera preferente, se encuentran realizados como módulos de funcionamiento en un software.

Haciendo referencia a la figura 3 se explica a continuación un posible proceso de conmutación de funcionamiento de motor a funcionamiento de generador en el caso de que en los convertidores de corriente 13 y 14 se utilicen tiristores como válvulas del convertidor de corriente. Las duraciones del cambio de las válvulas del convertidor de corriente 13 y 14 y, con ello, la conmutación de funcionamiento de motor a funcionamiento de generador, son controladas por los respectivos ángulos de control  $\alpha_M$  y  $\alpha_N$  (véase la figura 2). El flujo de corriente a través de los tiristores depende de sus momentos de ignición. El ángulo de control indica en cuantos grados se ha desplazado el momento de ignición real del tiristor en comparación con una ignición en el punto de conmutación natural de la tensión. A través del control del ángulo de control, el flujo de corriente puede ser controlado mediante el convertidor de corriente y, con ello, pueden controlarse la corriente y la tensión en el lado de salida del convertidor de corriente.

Se considera como punto de partida un funcionamiento del buque en un rango de velocidad más elevado, es decir que los ejes de los propulsores 3 son accionados tanto por la turbina de gas 5 como también a través de los motores eléctricos 2 operados a través del funcionamiento de motor. Los motores eléctricos 2 son regulados por el par de rotación a través de los sistemas de control y regulación 16, y la turbina de gas 5 es regulada por la velocidad a través de un sistema de regulación y control que no se encuentra representado en detalle. Si se produce una situación de fallo 30, por ejemplo una avería de uno o de varios de los equipos auxiliares para generar corriente 7, entonces, en un primer paso 31, el fallo es detectado por el dispositivo de monitoreo 19 y, a través del dispositivo de monitoreo 19, pasando por alto un sistema de gestión de potencia, la demanda de potencia de la red de a bordo 10 es reducida a través de la desconexión de consumidores 20 no críticos. Por otra parte, mediante las líneas de control 21, el dispositivo de monitoreo 19, a través de señales, indica al sistema de control y regulación 16 una conmutación de los motores eléctricos 2, desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de generador.

Para la conmutación, en un paso 32, el respectivo convertidor de corriente 14 correspondiente del lado de la red es activado por cada uno de los sistemas de control y regulación 16, de manera que el flujo de corriente desde la red 10 hacia el convertidor de corriente 14 se impide lo más rápido posible, reduciéndose aún más también con ello la demanda de potencia eléctrica desde la red de a bordo 10. Para ello, el componente de regulación 24 para el funcionamiento de motor, reduce instantáneamente a cero el valor deseado del par  $M_M$ , debido a lo cual el ángulo de control  $\alpha_N$  es ampliado como máximo hasta  $90^\circ$  para la activación de las válvulas del convertidor de corriente 14.

En conjunto, a través de estas medidas se reduce a un valor mínimo la demanda de potencia de la red de a bordo 10. Además, el valor momentáneo de la frecuencia de la red se almacena en el sistema de control y regulación 16 como valor deseado para el funcionamiento de generador posterior.

5 En el caso de que el motor eléctrico 2 en el funcionamiento de motor no haya sido operado en el rango de debilidad del campo, la tensión del motor ya es lo suficientemente reducida para evitar un disparo del inversor en el convertidor 12.

10 En el caso de que el motor eléctrico 2 en el funcionamiento de motor haya sido operado en el rango de debilidad del campo, en un siguiente paso 33, a través de un accionamiento adecuado del convertidor de corriente magnetizante, el cual no se encuentra representado en detalle, la tensión del motor es reducida mediante la corriente magnetizante, de manera que se evita el peligro de un disparo del inversor, de los tiristores del convertidor 12. El tiempo hasta la excitación del motor eléctrico 2, reducido al valor pretendido para el funcionamiento de motor, puede reducirse debido a que el convertidor de corriente magnetizante es activado de manera que la corriente magnetizante es reducida primero a un valor que es menor al valor pretendido de manera efectiva para el funcionamiento de generador, y a continuación es elevado al valor pretendido.

15 En un siguiente paso 34, el convertidor de corriente 13 del lado del motor es activado a través del sistema de control y de regulación 16, de manera que a través del convertidor de corriente 13 se invierte la dirección del flujo de energía, es decir que el convertidor de corriente 13 absorbe energía desde el motor eléctrico 2, convierte dicha energía en corriente continua y la suministra al circuito intermedio de corriente continua del convertidor 12. Esto tiene lugar a través de la reducción del ángulo de control  $\alpha_M$  para la activación de las válvulas del convertidor de corriente 13. El motor eléctrico 2 pasa entonces del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador.

20 En un siguiente paso 35, el convertidor de corriente 14 del lado de la red es activado a través del sistema de control y regulación 16, de manera que el mismo transforma la energía suministrada al circuito intermedio de corriente continua 15 por el convertidor 13 en una corriente con la frecuencia de la red de a bordo 5 y la suministra a la red 10. Esto sucede debido a que el ángulo de control  $\alpha_M$  es ampliado para la activación de las válvulas del convertidor de corriente 14.

30 El convertidor 12 convierte entonces la corriente del lado del motor con la frecuencia que depende de la velocidad de la turbina de gas 5, así como del eje del propulsor 3, diferenciándose con ello de la frecuencia de la red de a bordo, en una corriente con la frecuencia de la red de a bordo 10. La frecuencia de la tensión de la red es regulada por el sistema de control y regulación 16 a su valor momentáneo en la red de a bordo 10, antes del inicio de la conmutación. De este modo se alcanza el final 36 del proceso de conmutación.

En lugar de un convertidor intermedio de corriente continua 12 puede utilizarse en principio también un convertidor intermedio de tensión continua. En ese caso, la demanda de potencia reactiva de la red de a bordo 10 es cubierta por el propio convertidor, de manera que no es necesario un compensador de potencia reactiva separado.

35 La figura 4 muestra un buque 40 que corresponde al buque 1 de la figura 1, con la excepción de que el convertidor intermedio de corriente continua fue reemplazado por un convertidor intermedio de tensión continua 41 con un circuito intermedio de tensión continua 42, con un condensador del circuito intermedio 43; donde se ha omitido el compensador de potencia reactiva. Además, como accionamiento adicional, se encuentran presentes ahora dos motores diesel 44 en lugar de una turbina de gas, de los cuales respectivamente uno puede acoplarse a uno de los ejes del propulsor 3.

40 Durante la conmutación del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador, el condensador del circuito intermedio 43 se encuentra disponible como acumulador de energía y el convertidor 41 suministra energía eléctrica a la red de a bordo, de manera que la tensión y la frecuencia de la red de a bordo 10 no se ubican por debajo de los valores límite respectivamente predeterminados. Para ello, el tiempo para la conmutación del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador y el dimensionamiento del condensador del circuito intermedio 43 con respecto a la energía que puede suministrarse a la red de a bordo en el tiempo utilizado para el cambio están adaptados el uno al otro.

En el caso explicado de convertidores de corriente con válvulas del convertidor de corriente de tiristor y su control mediante el ángulo de control  $\alpha$  pueden lograrse tiempos de conmutación de menos de 1 segundo.

50 Si se utilizan válvulas del convertidor de corriente regulables, por ejemplo válvulas del convertidor de corriente IGBT tanto en cuanto a la conexión, así como también en cuanto a la desconexión, su control puede efectuarse mediante el ángulo de control a través de un patrón de pulsos (modulación PWM). En ese caso, el bloqueo del flujo de corriente tiene lugar desde la red hacia el convertidor de corriente del lado de la red, la inversión de la dirección de la energía tiene lugar en el convertidor de corriente del lado del motor y el suministro de energía hacia la red de a bordo con la frecuencia de la red tiene lugar a través del convertidor del lado de la red, respectivamente a través de

modificaciones del patrón de pulsos de los convertidores. Gracias a ello son posibles incluso tiempos de conmutación en el rango de claramente menos de 1 segundo.

**REIVINDICACIONES**

1. Buque (1) con:

- 5 - al menos un motor eléctrico (2) como máquina principal para accionar el buque, donde el motor eléctrico (2) acciona un sistema de ejes (3) que se encuentra acoplado a un propulsor del buque (3),
  - al menos un motor de combustión (5) que puede acoplarse al sistema de ejes (3), en particular una turbina de gas o uno o varios motores diesel, como accionamiento adicional para alcanzar la velocidad máxima del buque (1),
  - una red de a bordo (10) para suministrar energía eléctrica a los consumidores eléctricos (20) del buque, y
  - generadores (9) para generar energía eléctrica para al menos un motor eléctrico (2) y para la red de a bordo (10)
- 10 caracterizado porque al menos un motor eléctrico (2) puede ser operado también como generador, donde el mismo, durante el funcionamiento de generador, puede ser conectado a la red de a bordo (10) para suministrar energía eléctrica a la red de a bordo, mediante una línea eléctrica (11).

15 2. Buque (1) según la reivindicación 1, caracterizado por un convertidor (12) que se encuentra conectado en la línea eléctrica (11), el cual suministra al motor eléctrico (2) energía eléctrica generada por los generadores (9) durante el funcionamiento de motor y convierte la corriente eléctrica generada por el motor eléctrico (2) durante el funcionamiento de generador en una corriente con la frecuencia de la red de a bordo (10).

20 3. Buque (1) según la reivindicación 2, caracterizado porque el convertidor (12) presenta un sistema de control y regulación (16) a través del cual el motor eléctrico (2), mediante el convertidor (12), puede pasar tan rápidamente desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de generador que en el caso de una falla de un generador (9), la energía eléctrica de la red de a bordo puede ser mantenida sin un apagón en la red de a bordo (10), preferentemente sin interrupciones.

4. Buque (1) según la reivindicación 3, caracterizado por una fuente de energía adicional (17) que, durante el cambio del motor eléctrico (2) del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador, suministra energía eléctrica a la red de a bordo (10) para mantener la energía de la red de a bordo.

25 5. Buque (1) según la reivindicación 4, caracterizado porque el tiempo utilizado para el cambio del motor eléctrico (2) desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de generador y el dimensionamiento de la fuente de energía (17) con respecto a la energía que puede suministrarse a la red de a bordo (10) en el tiempo utilizado para el cambio están adaptados el uno al otro, de manera que, debido a la energía suministrada a la red de a bordo (10) durante el cambio, la tensión y la frecuencia de la red de a bordo (10) no pueden ubicarse por debajo de un valor límite respectivamente predeterminado.

30 6. Buque (1) según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque el convertidor está diseñado como un convertidor de circuito intermedio de corriente continua (12) y la fuente de energía es un compensador rotativo de potencia reactiva (17) para generar potencia reactiva para la red de a bordo (10).

35 7. Buque (1) según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque el convertidor está diseñado como un convertidor de circuito intermedio de tensión continua (41) y la fuente de energía es un condensador de circuito intermedio (43) del circuito intermedio de tensión continua (42).

40 8. Buque (1) según una de las reivindicaciones 2 a 7, caracterizado porque el convertidor (12) presenta un convertidor de corriente del lado de la red y un convertidor de corriente del lado del motor (13, 14), respectivamente con válvulas controlables del convertidor de corriente y el sistema de control y regulación (16) pasa el motor eléctrico (2) desde el funcionamiento de motor al funcionamiento de generador a través de la modificación de la duración del cambio de las válvulas del convertidor de corriente.

9. Buque (1) según una de las reivindicaciones 3 a 8, caracterizado porque el mismo presenta un sistema de control y regulación (16) en común para el funcionamiento de motor y el funcionamiento de generador del motor eléctrico (2).

45 10. Buque (1) según una de las reivindicaciones 3 a 9, caracterizado porque el motor eléctrico (2), el convertidor (12) y el sistema de control y regulación (16) del convertidor (12) están diseñados de manera que el motor eléctrico (2)

puede pasar del funcionamiento de motor al funcionamiento de generador dentro de menos de 1 segundo, preferentemente dentro de menos de 500 ms.

11. Buque (1) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el mismo está diseñado como fragata o corbeta.

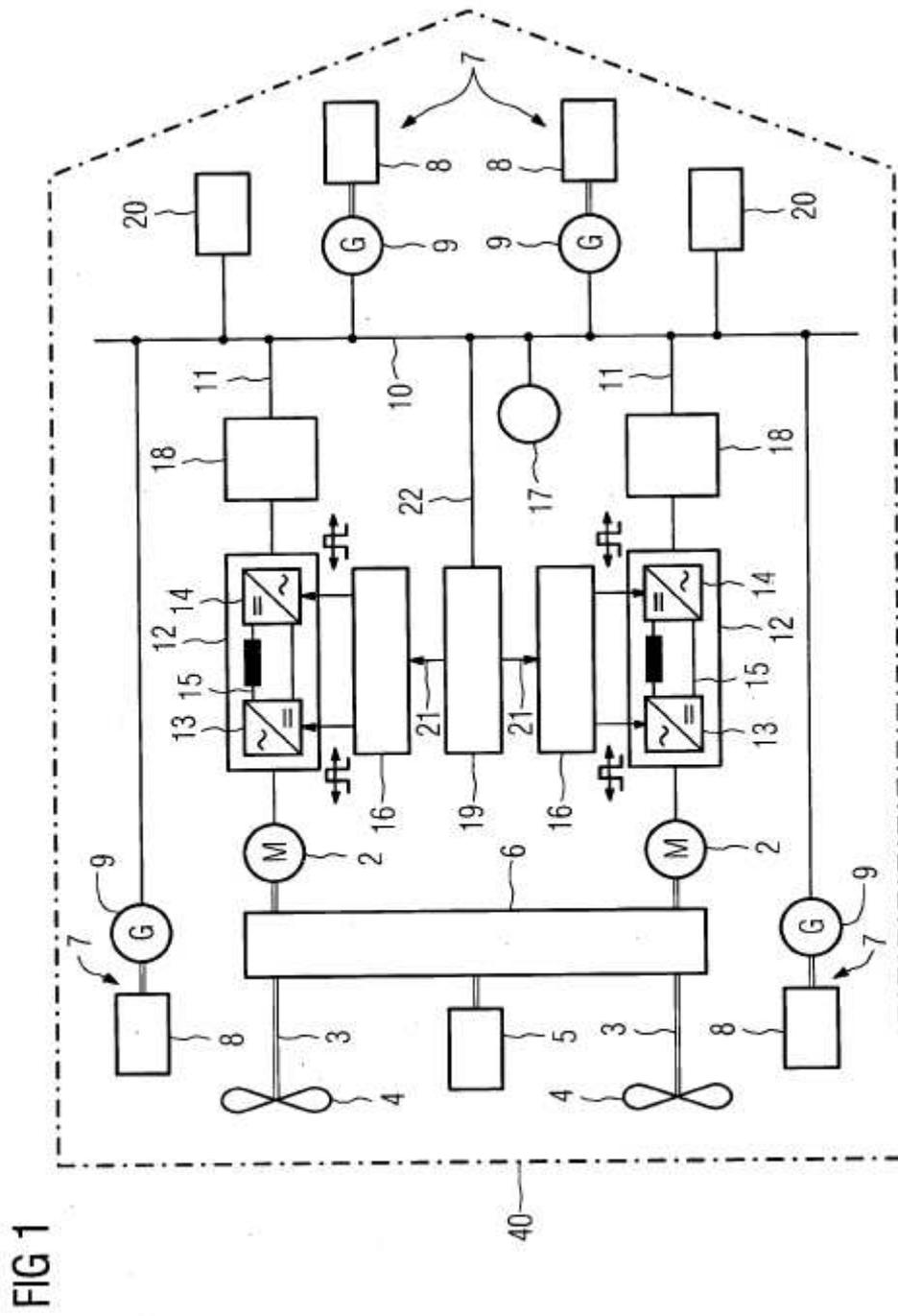


FIG 1

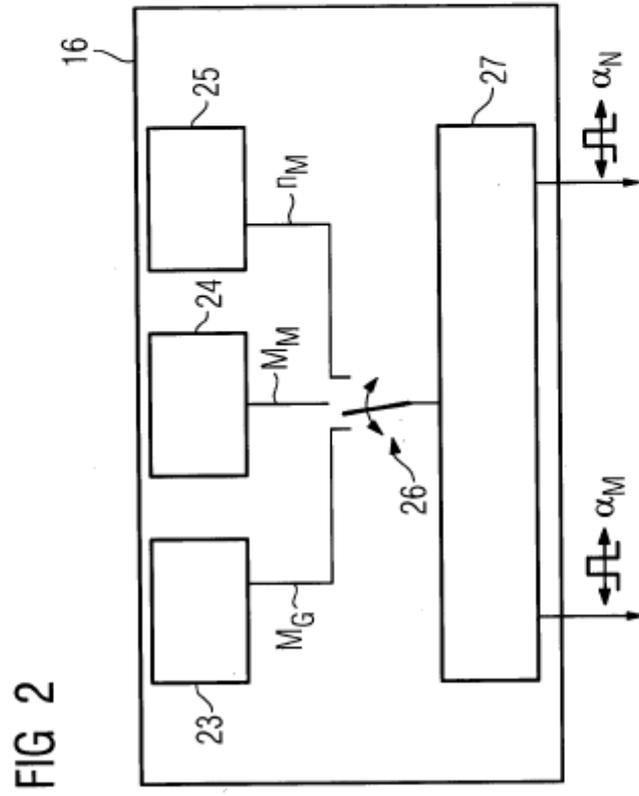
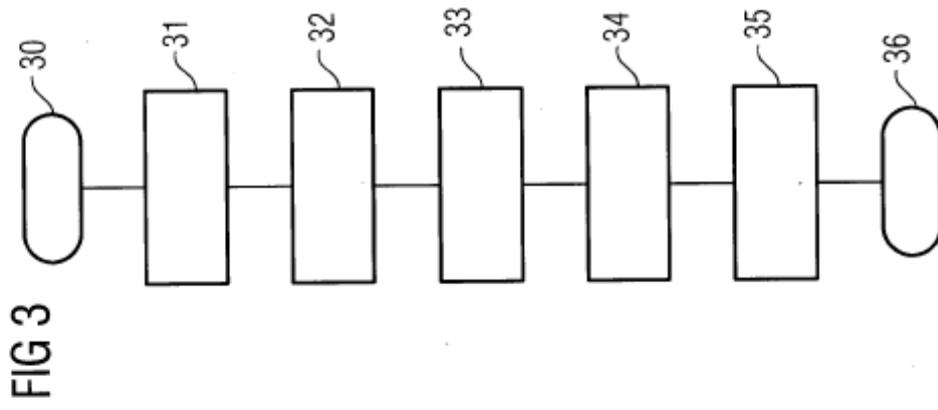


FIG 4

