

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 508**

51 Int. Cl.:

B63H 21/17

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.03.2013 PCT/EP2013/054611**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.09.2013 WO13135557**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2013 E 13708776 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016 EP 2809576**

54 Título: **Sistema de accionamiento en cascada para una embarcación**

30 Prioridad:

12.03.2012 DE 102012203820

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

03.11.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**HARTIG, RAINER;
SCHRÖDER, DIERK;
TIGGES, KAY y
WYCISK, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 588 508 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 accionamiento en cascada para una embarcación

La presente invención hace referencia a un método de accionamiento para un sistema de accionamiento con los siguientes pasos del método:

- 5 - funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento del sistema de accionamiento por debajo de una primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor según un primer estado de funcionamiento, a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento del sistema de accionamiento que se encuentra conectado a por lo menos un propulsor de accionamiento, mediante una primera tensión alterna,

- donde según el primer estado de funcionamiento al menos un inversor proporciona la primera tensión alterna,
- 10 - funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento por encima de la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor según un segundo estado de funcionamiento a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento mediante una segunda tensión alterna,

- donde según el segundo estado de funcionamiento, un primer motor de combustión interna acciona un primer generador que genera la segunda tensión alterna.
- 15 Además, la invención hace referencia a un controlador y a una máquina con al menos un sistema de accionamiento. Por último, la invención hace referencia a un programa informático y a un producto de un programa informático.

Para buques cuyo sistema de accionamiento, debido a su perfil de desplazamiento, debe ser diseñado y optimizado para varias velocidades, así como rangos de velocidad, se utilizan hasta el momento los así llamados sistemas de accionamiento totalmente eléctricos o híbridos. Los sistemas de accionamiento mencionados están compuestos generalmente por al menos dos motores de accionamiento que trabajan independientemente uno de otro. Dichos sistemas accionan la instalación de avance del buque, usualmente mediante una instalación de transmisión de potencia.

La instalación de transmisión de potencia puede comprender por ejemplo los siguientes componentes: una disposición de árboles con cojinetes correspondientes y un cojinete de empuje, un acoplamiento entre el motor de accionamiento y la disposición de árboles, así como un mecanismo de transmisión de reducción entre el motor de accionamiento y la disposición de árboles. La instalación de avance del buque puede comprender en particular un propulsor fijo o una disposición de propulsores de paso variable.

Los motores de tracción que se utilizan en los sistemas de accionamiento totalmente eléctricos o híbridos, en el estado del arte conocido, son alimentados con una red de accionamiento con tensión y frecuencia constante. Para controlar la velocidad de rotación de los motores de tracción eléctricos, los mismos son alimentados mediante un convertidor que transforma la tensión fija y la frecuencia fija en una tensión variable con frecuencia variable, la cual respectivamente se ubica entre casi cero y una tensión máxima, así como una frecuencia máxima. La consecuencia lógica de ello reside en el hecho de que la potencia de accionamiento en su totalidad debe ser puesta a disposición por convertidores y transformadores correspondientes. Los convertidores y los transformadores, sin embargo, representan un peso y volumen considerables, con la consecuencia de que, por ejemplo, los tipos de embarcaciones críticos en cuanto al peso, como los "buques ligeros" hasta el momento no pueden ser equipados con sistemas de accionamiento de esa clase.

De manera alternativa puede proporcionarse un sistema de la instalación de un buque que comprende al menos un generador y una red de accionamiento que acciona el buque mediante al menos un árbol eléctrico, donde el árbol eléctrico está conectado a la disposición de avance del buque y comprende al menos un motor de tracción. Como red de accionamiento se entiende aquella red eléctrica que proporciona la potencia de accionamiento del buque. Preferentemente se utilizan dos o más generadores, denominados también generadores de la red de accionamiento, los cuales son accionados por ejemplo a través de equipos auxiliares diesel o de turbinas de gas. El motor de tracción comprende por ejemplo un motor de reacción y un propulsor. Como árbol eléctrico se entiende un acoplamiento eléctrico fijo de generadores con motores de accionamiento, el cual está realizado de manera que un movimiento de rotación de los generadores provoca un movimiento de rotación correspondiente de los motores de accionamiento eléctricos. Con un árbol eléctrico de esa clase se imita el funcionamiento de un árbol mecánico. Los generadores de la red de accionamiento pueden estar conectados de forma eléctrica y están sincronizados en cuanto a número de polos y tensión con el motor de tracción, así como con los motores de tracción.

Los generadores pueden estar conectados tanto entre sí, como también con los motores de tracción, siempre que las respectivas tensiones y frecuencias estén sincronizadas. Además, a la red de accionamiento se encuentra conectado un transformador con al menos un convertidor que puede estar conectado tanto a la red de a bordo, como

también a un motor del propulsor, donde la red de a bordo representa el resto de la red eléctrica del buque, la cual por ejemplo suministra la potencia eléctrica para la iluminación, para los dispositivos de navegación y de control, y similares. Puesto que la red de a bordo generalmente dispone de una generación de energía propia, preferentemente para funcionamientos de emergencia y operaciones portuarias, y por ejemplo es alimentada mediante equipos auxiliares de combustión de carburantes múltiples y generadores conectados, de manera adicional es posible alimentar al motor de tracción también desde la red de a bordo hasta una velocidad de rotación determinada del motor de tracción. Para ello pueden utilizarse un inversor de la red de a bordo u otro inversor que convierte la tensión de la red de a bordo, una tensión alterna con frecuencia constante y amplitud constantes, en una tensión alterna de frecuencia variable y amplitud variable para el funcionamiento del motor de tracción. El inversor mencionado se conoce también como convertidor de inicio o convertidor de arranque y en principio también puede funcionar de modo inverso, de manera que la tensión alterna variable de la red de a bordo es transformada en la tensión de la red de a bordo.

La alimentación del motor de tracción desde la red de a bordo es necesario, ya que el árbol eléctrico, debido a la velocidad de rotación de marcha en vacío de los motores de combustión interna, no puede ser operado por debajo de una frecuencia determinada. Debido a ello, mediante un sistema de accionamiento que es alimentado exclusivamente a través de un árbol eléctrico, la instalación de avance no debe ser operada de forma continua en cuanto a su velocidad de rotación, desde el estado de detención hasta la velocidad de rotación de marcha en vacío del motor de combustión interna. Lo mencionado tiene como consecuencia que el par de rotación, en la velocidad de rotación de marcha en vacío, durante la conexión del árbol eléctrico, actúa sobre el propulsor del buque, de manera que la velocidad del buque, así como la capacidad de maniobra del buque, es insuficiente para un desplazamiento lento, por ejemplo durante una operación portuaria o al realizar una maniobra. Además, se considera deseable que el par de rotación actúe sin interrupciones sobre el propulsor del buque, lo cual hace referencia al momento de conmutación en el caso de la velocidad de rotación ascendente o descendente.

Por la solicitud WO2011092330A2 se conoce un sistema de instalación de un buque alternativo antes mencionado, donde se proporcionan varios árboles de accionamiento eléctricos, así como la alimentación de motores de accionamiento tiene lugar mediante los árboles eléctricos o mediante una red de a bordo.

En un estado de funcionamiento, un propulsor de accionamiento del buque puede ser accionado mediante al menos un árbol eléctrico que respectivamente comprende un motor de combustión interna y un generador, donde el motor de combustión interna y, por consiguiente, también el accionamiento del propulsor de accionamiento, presentan una velocidad de rotación mínima en ese estado de funcionamiento. En otro estado de funcionamiento, en el cual las velocidades de rotación del propulsor son menores que dicha velocidad de rotación mínima, el propulsor de accionamiento puede ser alimentado mediante la red de a bordo, en particular con una tensión alterna de frecuencia más reducida. Esto permite la utilización de un propulsor fijo también en el caso de velocidades del buque deseadas, más reducidas.

El objeto de la presente invención consiste en poder desplazar una embarcación desde el estado de detención hasta la velocidad máxima y de forma inversa, con un avance continuo y evitando variaciones bruscas del avance, al mismo tiempo con un funcionamiento económico de los componentes de accionamiento individuales.

En el caso de un método de accionamiento de la clase mencionada en la introducción, dicho objeto se alcanzará de manera que en el caso de un pasaje desde el primer estado de funcionamiento hacia el segundo estado de funcionamiento o de forma inversa, el primer motor de combustión interna es operado primero con una velocidad de rotación tal, que al menos un propulsor de accionamiento es operado con la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, y al menos un inversor sincroniza la primera tensión alterna con la segunda tensión alterna.

El objeto mencionado se alcanzará además a través de un controlador según la reivindicación 6, de una embarcación según la reivindicación 7, de un programa informático según la reivindicación 8 y de un producto de un programa informático según la reivindicación 9.

La existencia de varios estados de funcionamiento, en particular para diferentes rangos de velocidad, así como el pasaje entre los estados de funcionamiento se denominan aquí como sistema de accionamiento en cascada, ya que para el respectivo rango de velocidad la potencia de accionamiento se proporciona de diferente modo.

La sincronización de las tensiones alternas del primer y del segundo estado de funcionamiento, utilizadas para el accionamiento, permite una capacidad de maniobra óptima durante el pasaje desde un estado de funcionamiento a otro, en particular en el rango de velocidad reducido. Mientras que una precisión comparable en las maniobras en los accionamientos de buques se alcanza con frecuencia sólo a través de la utilización de propulsores de paso variable, mediante el método acorde a la invención la precisión en las maniobras es posible con propulsores fijos tradicionales, más económicos, donde ventajosamente se logra al mismo tiempo una redundancia adicional. Lo mencionado es interesante en particular en el caso de accionamientos de buques ya existentes con propulsores fijos, los cuales hasta el momento podrían maniobrarse comparativamente de forma imprecisa al atracar o partir en

el puerto, ya que en particular en el puerto debe lograrse un posicionamiento preciso a una velocidad reducida. A través del equipamiento posterior de una embarcación de esa clase con los medios necesarios para el método acorde a la invención, la capacidad de maniobra puede mejorarse también para embarcaciones más antiguas o para embarcaciones con propulsores fijos. En el método acorde a la invención se considera ventajoso en particular que se utilizan componentes de los que una embarcación dispone generalmente independientemente del sistema de accionamiento, donde sin embargo puede alcanzarse una mejora de la capacidad de maniobra.

De acuerdo con la invención se prevé operar la embarcación a velocidades muy reducidas según el primer estado de funcionamiento, es decir, utilizando al menos un inversor. De este modo, al menos un inversor puede extraer potencia, por ejemplo desde una red de a bordo y, con ello, por ejemplo utilizando un transformador, suministrar la primera tensión alterna, con la cual se alimenta al motor de accionamiento conectado por lo menos a un propulsor de accionamiento. La red de a bordo puede ser alimentada por ejemplo a través de un equipo auxiliar de combustión de carburantes múltiples, utilizando autogás (LPG) o gas natural licuado (LNG) y un generador de la red de a bordo conectado. En principio también es posible que varios motores de accionamiento accionen respectivamente al menos un propulsor de accionamiento. De este modo, es posible que la potencia de accionamiento total se distribuya en varios motores de accionamiento que respectivamente están asociados a un árbol eléctrico, pero también que en el rango de velocidad de rotación reducido sólo un motor sea accionado.

Puesto que al menos un inversor puede proporcionar tensiones alternas de frecuencia variable, al menos un propulsor de accionamiento puede ser desplazado desde el estado de detención con velocidades de rotación muy reducidas del propulsor. Las velocidades de rotación del propulsor pueden aumentar de forma continua y sin tirones hasta que se alcanza una primera velocidad de rotación predeterminable, donde del mismo modo puede lograrse una reducción de la velocidad de rotación del propulsor.

Esa primera velocidad de rotación predeterminable puede caracterizarse en particular por el alcance de una cierta potencia máxima que puede extraerse desde la red de a bordo, por la velocidad de rotación mínima del primer motor de combustión interna o por cualquier velocidad de rotación del primer motor de combustión interna. Por ejemplo, el motor de combustión interna puede estar realizado como motor diesel, como turbina de gas o similares. Los motores diesel, así como las turbinas de gas, generalmente presentan una velocidad de rotación mínima en un orden de magnitudes de 100 revoluciones, así como de 1000 revoluciones por minuto. Al seleccionarse la velocidad de rotación predeterminable puede considerarse eventualmente también una eficiencia dependiente de la velocidad de rotación, del motor de combustión interna.

En principio, la velocidad de rotación del propulsor y, con ello, la velocidad de la embarcación de un estado de funcionamiento, están limitadas por la potencia máxima de los respectivos componentes de funcionamiento, por ejemplo de motores de combustión interna y generadores o inversores correspondientes. A este respecto, también la potencia de la que puede prescindirse en la red de a bordo puede conducir a restricciones, de manera que esos parámetros deben ser considerados al realizar esa variante del método. Debido a su capacidad de sobrecarga, la utilización de turbinas de gas ofrece ventajas con respecto a la potencia máxima, en particular en casos de emergencia, en los cuales se requieren potencias elevadas o cuando fallan partes del sistema de accionamiento.

Para un pasaje desde el primer estado de funcionamiento hacia el segundo estado de funcionamiento primero es iniciado el primer motor de combustión interna y después es operado con una velocidad de rotación, de manera que puede alcanzarse la primera velocidad de rotación predeterminable. Por último, al menos un inversor ejecuta una sincronización, de manera que se mantiene la segunda tensión alterna que proporciona el primer generador, y la interconexión del primer motor de combustión interna y del primer generador actúa como maestro. En cambio, al menos un inversor actúa como esclavo, donde la primera tensión alterna de al menos un inversor se adecua a la segunda tensión alterna, por ejemplo en cuanto a frecuencia, ángulo de fases y amplitud de la tensión, dentro de un rango de tolerancia razonable, hasta que el primer generador y al menos un inversor generan una tensión alterna sincronizada. A continuación puede efectuarse un pasaje más suave del suministro de energía desde al menos un inversor al primer generador. Las magnitudes mencionadas de la segunda tensión alterna pueden variar en particular desde un nivel de salida del inversor que puede comprender semiconductores de potencia, los cuales en particular pueden ser activados de manera que se genera la forma deseada de la segunda tensión alterna.

Después del pasaje, la potencia de la red de a bordo puede ser adaptada, por ejemplo deteniendo los motores de la red de a bordo que suministran energía a la red de a bordo mediante generadores de la red de a bordo. Gracias a ello puede ahorrarse energía y los componentes individuales del sistema de accionamiento son operados casi en su estado de funcionamiento óptimo. En el primer estado de funcionamiento y cuando no se prevé un pasaje hacia el segundo estado de funcionamiento, el primer motor de combustión interna puede permanecer desconectado, para ahorrar combustible. Debido a que en el primer estado de funcionamiento los motores de combustión interna pueden permanecer desconectados puede realizarse una marcha lenta de la embarcación, donde la embarcación sólo presenta emisiones acústicas reducidas. De este modo, el inversor puede ser alimentado de energía por ejemplo a través de una disposición de baterías, de una instalación de celdas de combustible o de un equipo auxiliar bien aislado de la red de a bordo.

Además, el tiempo requerido para la sincronización durante el desarrollo del método puede ser considerado de manera que el primer motor de combustión interna es iniciado lo suficientemente pronto como para garantizar una velocidad de rotación del propulsor que puede aumentar de forma continua, aun cuando se desea una aceleración lo más rápida posible de la embarcación. El tiempo requerido es influenciado por ejemplo a través de una constante de tiempo del accionamiento, ya que una velocidad de rotación modificada del propulsor supone un cierto tiempo hasta que la misma puede ser transformada como empuje en el agua. De manera adicional debe considerarse también una constante de tiempo del sistema de generación de energía, ya que es importante también cuán rápido energía eléctrica puede ser suministrada desde al menos un inversor o desde el primer generador hacia al menos un motor de accionamiento. A modo de ejemplo, la puesta en marcha de un motor diesel demora unos 30 segundos y de una turbina de gas unos 10 segundos, donde en el caso de una turbina de gas se presupone un estado precalentado y prelubricado. Si la turbina de gas no se encuentra en ese estado, entonces se prolonga el tiempo hasta que la misma se encuentra disponible, donde eventualmente se prolonga de forma considerable. Por el contrario, la sincronización en un inversor puede realizarse de forma comparativamente rápida, generalmente dentro de pocos segundos. En particular en el caso de maniobras de emergencia, por ejemplo en el caso de una parada de emergencia o de una aceleración deseada lo más rápido posible, las constantes de tiempo mencionadas pueden utilizarse en gran medida para una sincronización a tiempo, de manera que el primer motor de combustión interna arranca a tiempo.

Después del pasaje hacia el segundo estado de funcionamiento, la potencia del sistema de accionamiento, así como la velocidad de rotación del propulsor, pueden aumentarse sin presentar tirones, donde la velocidad de rotación del primer motor de combustión interna se incrementa.

En el caso de un pasaje desde el segundo hacia el tercer estado de funcionamiento, la velocidad de rotación del propulsor aumenta hasta que el primer motor de combustión interna alcanza una velocidad de rotación que resulta en la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor. Al menos un inversor realiza entonces a su vez una sincronización como esclavo, de manera que la primera tensión alterna se adapta a la segunda tensión alterna, por ejemplo en cuanto a frecuencia, ángulo de fase y amplitud de la tensión. Después de finalizada la adaptación puede efectuarse un pasaje suave del suministro de energía desde el primer generador hacia al menos un inversor, y el primer motor de combustión interna eventualmente puede ser desconectado para ahorrar carburante.

El método puede ser utilizado por ejemplo en buques de pasajeros para aumentar el confort del viaje a bordo del buque. También es posible una aplicación en buques submarinos, lo cual permite una marcha lenta, ya que mediante el método pueden reducirse vibraciones y sacudidas innecesarias. A través del método, la embarcación puede ser acelerada de forma continua y sin tirones partiendo del estado de detención y puede ser desacelerada de forma continua y sin tirones desde una velocidad determinada, donde siempre la velocidad de rotación del propulsor y la potencia emitida por al menos un propulsor de accionamiento pueden ser seleccionadas sin interrupciones.

Preferentemente, el sistema de accionamiento de un buque es controlado por una o más palancas de marcha, de manera que un controlador con una gestión de potencia para cada velocidad del buque, así como velocidad de rotación del propulsor, selecciona un estado de funcionamiento óptimo. Las maniobras pueden ejecutarse en función de especificaciones de valores deseados a través de la palanca de marcha, considerando los pasos del método, de manera autónoma, a través de un sistema de regulación y de control. El estado de funcionamiento óptimo representa un modo de accionamiento óptimo, donde se determina una cantidad optimizada de motores de combustión interna y, con ello, de generadores accionados de la red de accionamiento, y de motores de accionamiento, donde se determina si se utiliza o no potencia adicional desde el inversor y desde la red de a bordo. La instalación de accionamiento eléctrica se encuentra adaptada a la instalación de avance del buque en cuanto a la velocidad de rotación máxima del propulsor y al par de rotación máximo posible que puede ser emitido. Los motores de accionamiento pueden emitir de forma continua cualquier velocidad de rotación y cualquier par de rotación por debajo de sus características de corte en el rango de la velocidad de rotación entre el estado de detención y la velocidad de rotación máxima. En el caso de maniobras de emergencia, las constantes de tiempo mencionadas pueden ser llevadas a los límites de la capacidad de carga de los componentes del sistema, lo cual puede producir un efecto en particular al utilizar máquinas síncronas superconductoras que presentan una curva característica de corriente - tensión comparativamente rígida.

Por lo general se considera ventajosa una aplicación en embarcaciones rápidas y ligeras, como por ejemplo en buques multicasco de alta velocidad, como catamaranes y trimaranes, ya que pueden ahorrarse inversores y transformadores de gran tamaño y de alto rendimiento, en particular para velocidades medias y más elevadas. Usualmente, los inversores y transformadores de esa clase necesitan comparativamente mucho espacio de construcción, son más bien costosos y comparativamente pesados, de manera que su ahorro ofrece ventajas financieras, permitiendo diseñar las embarcaciones más livianas y rápidas. Solamente al menos un inversor de la red de a bordo se utiliza adicionalmente con respecto a sus áreas de utilización habituales, también con el fin de un accionamiento. Debido a ello pueden evitarse velocidades de rotación reducidas de equipos auxiliares de la red de a bordo que accionan los generadores de la red de a bordo para generar energía, y los equipos auxiliares de la red de a bordo pueden ser operados cerca de su punto de funcionamiento óptimo, lo cual posibilita ahorros de energía.

Puesto que el accionamiento de la embarcación debe realizarse con la ayuda de la red de a bordo o mediante un árbol eléctrico, el sistema de accionamiento presenta una redundancia que mantiene a la embarcación con capacidad de maniobra también en el caso de problemas técnicos de uno de los componentes de generación de energía. La redundancia mencionada es particularmente ventajosa en casos de emergencia en los cuales fallan componentes del sistema de accionamiento. De este modo, equipos auxiliares de la red de a bordo, eventualmente presentes, pueden ser desconectados en particular en casos de emergencia o por ejemplo en el caso de velocidades más elevadas, ya que la red de a bordo puede ser alimentada mediante el motor de combustión de interna y el generador del árbol eléctrico. Otros ahorros energéticos pueden lograrse también, de manera que al retrasar la embarcación, al menos un propulsor de accionamiento acciona el motor de accionamiento, donde se encuentra presente un así llamado funcionamiento PTO ("power take out"), ya que el motor de accionamiento es operado de forma generativa. La energía obtenida de ese modo es suministrada a la red de a bordo mediante el inversor. A los equipos auxiliares de la red de a bordo para la alimentación de la red de a bordo se les puede entonces reducir la potencia o pueden ser desconectados por completo. Por el contrario, en los otros modos de funcionamiento se presenta un así llamado funcionamiento PTI ("power take in"), es decir que el motor de accionamiento es operado de forma motriz.

En una variante ventajosa de la invención se prevé el siguiente paso del método adicional:

- funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento por encima de una segunda velocidad de rotación predeterminable del propulsor, la cual es mayor que la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, según un tercer estado de funcionamiento, a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento, mediante una tercera tensión alterna,
- donde según el tercer estado de funcionamiento, la primera tensión alterna de al menos un inversor, en una combinación sincronizada con la segunda tensión alterna, produce la tercera tensión alterna,
- donde en el caso de un pasaje desde el segundo estado de funcionamiento hacia el tercer estado de funcionamiento, al menos un motor de accionamiento es operado mediante la tercera tensión alterna solamente cuando la primera tensión alterna, mediante al menos un inversor, está sincronizada con la segunda tensión alterna.

El pasaje desde el segundo estado de funcionamiento hacia el tercer estado de funcionamiento permite velocidades más elevadas, donde se garantiza un pasaje prácticamente sin tirones a través de la sincronización. La sincronización tiene lugar de forma análoga al pasaje desde el primer hacia el segundo estado de funcionamiento, con la diferencia de que durante el tercer estado de funcionamiento, la energía de accionamiento para al menos un propulsor de accionamiento proviene tanto de al menos un inversor, como también del primer generador. La tercera tensión alterna se produce en base a la superposición de las dos tensiones alternas al encontrarse adaptados la frecuencia, el ángulo de fase y la amplitud de tensión de la primera tensión alterna con respecto a la segunda tensión alterna.

En una variante ventajosa alternativa de la invención se prevé el siguiente paso del método alternativo:

- funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento por encima de una tercera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, la cual es mayor que la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, según un cuarto estado de funcionamiento, a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento, mediante una cuarta tensión alterna,
- donde según el cuarto estado de funcionamiento, al menos otro motor de combustión interna acciona al menos respectivamente otro generador que respectivamente genera otra tensión alterna, la cual, en una combinación sincronizada con la segunda tensión alterna, produce la cuarta tensión alterna,
- donde en el caso de un pasaje desde el segundo hacia el cuarto estado de funcionamiento, un respectivo ángulo de la rueda polar de al menos otro generador es sincronizado con un primer ángulo de la rueda polar del primer generador.

Puesto que cada árbol eléctrico puede ser realizado con un alto rendimiento, en particular en comparación con la potencia disponible en la red de a bordo, un sistema de accionamiento con varios motores de combustión interna y generadores respectivamente conectados, permite velocidades comparativamente elevadas. Esta forma de ejecución es particularmente interesante para embarcaciones rápidas, en particular para buques de pasajeros o buques submarinos, debido a su velocidad posible elevada y también debido a la conexión confortable, prácticamente sin tirones, de una potencia de accionamiento mayor.

De acuerdo con esta forma de ejecución del método se prevé sincronizar los generadores individuales, donde el primer generador es operado como maestro. El primer generador presenta un rotor, cuya posición se caracteriza por el ángulo de la rueda polar. También al menos un generador adicional presenta respectivamente un rotor con un

respectivo ángulo de la rueda polar. Suponiendo que los generadores respectivamente presentan la misma cantidad de pares polares, la sincronización de los generadores se logra gracias a que al menos un generador adicional, así como al menos un motor de combustión interna adicional, es operado con la misma velocidad de rotación que el primer generador o que el primer motor de combustión interna y, de manera adicional, el respectivo ángulo de la rueda polar coincide con la respectiva amplitud de la tensión de los generadores. Cuando es éste el caso, los generadores adicionales pueden ser conectados prácticamente sin tirones. Si los generadores deben presentar respectivamente diferentes cantidades de pares polares, el método a pesar de todo puede ejecutarse, siempre que se consideren las diferentes cantidades de pares polares en la respectiva frecuencia del generador y en el respectivo ángulo de la rueda polar. Para el pasaje hacia el cuarto estado de funcionamiento, al menos un motor de combustión interna adicional es operado con una velocidad de rotación comparativamente elevada. A continuación, potencia de accionamiento adicional se obtiene debido a que al menos uno de los motores de combustión interna intenta una aceleración a través de un suministro de combustible incrementado. El ángulo de la rueda polar del generador conectado a ese motor de combustión interna precedería levemente de ese modo a los ángulos de la rueda polar de los otros generadores. De este modo, cada motor de combustión interna asume una carga adicional y el sistema de accionamiento en su totalidad dispone de más potencia. Naturalmente, para ese fin, los motores de combustión interna también pueden arrancar lo más al mismo tiempo posible, hasta que finalmente los motores de combustión individuales alcanzan sus respectivos límites de potencia.

Un pasaje desde el cuarto estado de funcionamiento hacia el segundo estado de funcionamiento se alcanza a través de la reducción de la velocidad de rotación del propulsor y de la subsiguiente aplicación de solamente la segunda tensión alterna a por lo menos un motor de accionamiento.

De acuerdo con otra forma de ejecución del método se prevé además el siguiente paso del método:

- funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento por encima de una cuarta velocidad de rotación predeterminable del propulsor según un quinto estado de funcionamiento a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento mediante una quinta tensión alterna,

- donde según el quinto estado de funcionamiento, la primera tensión alterna de al menos un inversor, en una combinación sincronizada con la cuarta tensión alterna, produce la quinta tensión alterna,

- donde en el caso de un pasaje desde el cuarto estado de funcionamiento hacia el quinto estado de funcionamiento, al menos un motor de accionamiento es operado mediante la quinta tensión alterna solamente cuando la primera tensión alterna, mediante al menos un inversor, está sincronizada con la tercera tensión alterna.

A través de la combinación de las potencias del primer motor de combustión interna, de al menos un motor de combustión interna adicional y finalmente de al menos un inversor, al menos un propulsor de accionamiento puede ser operado hasta su velocidad de rotación máxima, de manera que la embarcación puede alcanzar su velocidad máxima. A través de la conexión sincronizada de la primera tensión alterna con respecto a la cuarta tensión alterna mediante el inversor operado como esclavo, el pasaje desde el cuarto estado de funcionamiento hacia el quinto estado de funcionamiento es posible prácticamente sin tirones.

El quinto estado de funcionamiento puede ser importante en particular en situaciones de emergencia, en las cuales debe alcanzarse la velocidad de rotación máxima del propulsor. De este modo, las constantes de tiempo antes mencionadas eventualmente son consideradas, de manera que la mayor potencia posible es transmitida lo más rápido posible a por lo menos un propulsor de accionamiento.

El pasaje desde el quinto estado de funcionamiento hacia el cuarto estado de funcionamiento, de manera preferente, es posible debido a que al menos un inversor reduce continuamente su potencia suministrada a por lo menos un motor de accionamiento, hasta que finalmente ya no se trasmite nada de potencia.

De acuerdo con otra forma de ejecución del método, durante el funcionamiento en uno de los estados de funcionamiento, en el caso de una falla de piezas del sistema de accionamiento requeridas para generar la respectiva tensión alterna, se pasa a otro estado de funcionamiento, donde una sincronización de la respectiva tensión alterna del otro estado de funcionamiento se efectúa considerando al menos la tensión alterna que se aplica a por lo menos un motor de accionamiento.

Del modo antes mencionado, la distribución de la potencia de accionamiento en varios componentes de generación de energía y por ejemplo varios propulsores de accionamiento y motores de accionamiento brinda la ventaja de redundancias que permiten mantener la embarcación con capacidad de maniobra también en el caso de problemas técnicos de uno de los componentes de accionamiento.

En el caso de una falla o de una potencia mínima condicionada desde el aspecto técnico, de uno de los motores de combustión interna o de uno de los generadores, a modo de ejemplo, otro motor de combustión interna y un

generador accionado por el mismo, o al menos un inversor, pueden ser conectados de forma sincronizada. Debido a las constantes de tiempo mencionadas, la conexión puede tener lugar normalmente después de la supresión de la potencia de los motores de combustión interna o del generador que presenta la falla. Tan pronto como se registra la falla se pone en marcha el motor de combustión interna adicional o eventualmente el equipo auxiliar de la red de a bordo que alimenta el inversor, para preparar el pasaje hacia otro estado de funcionamiento. El pasaje tiene lugar tan pronto como se alcanza el sincronismo de la tensión alterna generada por las piezas puestas en marcha del sistema de accionamiento, con respecto a por lo menos una tensión alterna que se aplica a un motor de accionamiento, donde se encuentra presente un sincronismo de las tensiones alternas cuando coinciden las respectivas frecuencias, amplitudes y ángulos de fase. En particular en el caso de que un motor de combustión interna de rendimiento elevado deba ser reemplazado por un equipo auxiliar de la red de a bordo con un rendimiento comparativamente menor, puede suceder que se encuentre disponible una potencia de accionamiento considerablemente más reducida. El pasaje para ese caso puede tener lugar en particular después de una fase de frenado del buque y eventualmente después de un funcionamiento de la turbina del propulsor de accionamiento y del motor de accionamiento, y se efectúa una vez que el inversor puede proporcionar una potencia lo suficientemente elevada, la cual resulta en una velocidad del propulsor adecuada. El traspaso de potencia desde el inversor hacia el motor de accionamiento puede tener lugar prácticamente sin tirones.

En el caso de una falla de un equipo auxiliar de la red de a bordo o de un inversor, en el caso de un funcionamiento en el primer estado de funcionamiento, eventualmente sólo es posible reemplazar las piezas averiadas del sistema de accionamiento por un motor de combustión interna y por el generador accionado con el mismo. Cuando la velocidad de rotación del propulsor es comparativamente reducida, entonces, de manera ventajosa, es conectado el motor de combustión interna de menor rendimiento, de manera que puede tener lugar un pasaje lo más suave posible. La velocidad de rotación del propulsor se considera de manera que un pasaje sincronizado tiene lugar por encima de una velocidad de rotación determinada, predeterminable, del propulsor. Por debajo de la velocidad de rotación determinada, predeterminable, del propulsor, debe tener lugar una liberación especial para el pasaje, ya que debido a la velocidad de rotación mínima del motor de combustión interna sólo puede tener lugar un pasaje que comparativamente presenta tirones, utilizando el motor de combustión interna y el generador accionado con el mismo, como maestro.

Además, para los generadores y/o los motores de accionamiento pueden utilizarse bobinados superconductores de alta temperatura (HTSL). Esto ofrece la ventaja de que el sistema de accionamiento presenta una densidad de potencia más elevada. De este modo, con el mismo espacio de construcción puede alcanzarse una potencia más elevada, así como en el caso de la misma potencia se requiere menos espacio de construcción. De manera adicional, la utilización de máquinas HTSL ofrece la ventaja de que pueden reducirse armónicos en el sistema de accionamiento eléctrico.

El bobinado superconductor puede consistir en un bobinado del estator o en un bobinado del rotor giratorio del generador. El generador con un bobinado superconductor presenta además, por lo general, un entrehierro magnético esencialmente más grande entre el rotor y el estator, en comparación con un generador convencional sin bobinado superconductor. Esto sucede ante todo debido a que el superconductor es enfriado a través de un criostato de vacío o de un dispositivo de refrigeración similar, cuya pared se extiende en el entrehierro. El entrehierro magnético relativamente grande conduce a que el generador presente una reactancia síncrona esencialmente más reducida que un generador convencional. Esto conduce a que, en el caso de la misma potencia eléctrica, un generador HTSL presente una curva característica de corriente - tensión claramente más rígida en comparación con un generador convencional. De este modo, en el caso de impactos o golpes de carga no se produce una interrupción de la tensión generada por el generador, lo cual se considera particularmente ventajoso en situaciones de emergencia con requerimientos de potencia extremos. Debido a ello, las variaciones de tensión y de frecuencia pueden reducirse en el árbol eléctrico. Gracias a esto, no se necesita ninguna regulación costosa para el árbol eléctrico, para estabilizar la tensión del árbol de accionamiento y la velocidad de rotación de los motores de accionamiento, así como de la unidad de avance.

A continuación, la invención se describe y explica en detalle mediante los ejemplos de ejecución representados en las figuras. Las figuras muestran:

Figura 1: un primer ejemplo de ejecución de un sistema de accionamiento de una embarcación acorde a la invención; y

Figura 2: un desarrollo a modo de ejemplo de un sistema de accionamiento en cascada en función de una velocidad de rotación relativa del propulsor.

La figura 1 muestra un primer ejemplo de ejecución de un sistema de accionamiento de una embarcación acorde a la invención. El sistema de accionamiento comprende tres árboles de accionamiento eléctricos 11, 12, 13 para accionar respectivamente un propulsor de accionamiento 2.

El primer árbol de accionamiento 11 comprende un generador 4 variable en cuanto a la velocidad de rotación, accionado por un primer motor de combustión interna 3, para generar una tensión del motor con amplitud variable y frecuencia variable, y un motor de accionamiento 5, variable en cuanto a la velocidad de rotación, alimentado con una tensión del motor de esa clase, acoplado a un propulsor de accionamiento 2.

El segundo árbol de accionamiento 12 y el tercer árbol de accionamiento 13 comprenden respectivamente otro generador 34 variable en cuanto a la velocidad de rotación, accionado respectivamente por otro motor de combustión interna 6, para generar una tensión del motor con amplitud variable y frecuencia variable, y un motor de accionamiento 5, variable en cuanto a la velocidad de rotación, alimentado con una tensión del motor de esa clase, acoplado a un propulsor de accionamiento 2. El primer motor de combustión interna 3 y los otros motores de combustión interna 6 pueden estar realizados respectivamente como una turbina de gas o como un motor diesel.

En los árboles de accionamiento 11, 12, 13; respectivamente un generador 4, 34 y un motor de accionamiento 5 pueden estar conectados eléctricamente uno con otro mediante un conductor colector 7. La conexión de los generadores 4, 34 y de los motores de accionamiento 5 en el conductor colector 7 tiene lugar mediante respectivamente un interruptor 9. El conductor colector 7 y el interruptor 9 forman parte de una instalación de conmutación 8. El conductor colector 7 del primer árbol de accionamiento puede ser conectado al conductor colector 7 del segundo árbol de accionamiento 12 mediante una conexión de línea 14 y, mediante una conexión de línea 15, puede estar conectado al conductor colector 7 del tercer árbol de accionamiento 13. La conexión de las conexiones de línea 14, 15 a los conductores colectores 7 tiene lugar respectivamente mediante un interruptor 16.

El primer árbol de accionamiento 11, mediante las conexiones de línea 14, 15 y el interruptor 16, puede acoplarse de modo opcional al segundo y/o al tercer árbol de accionamiento 12, 13. Entre uno de los generadores 4, 34 y uno de los motores de combustión interna 3, 6 puede conectarse adicionalmente también un mecanismo de transmisión mecánico. Esto es posible también entre uno de los propulsores de accionamiento 2 y uno de los motores de accionamiento 5. Asimismo, los árboles de accionamiento 11, 12, 13, en lugar de sólo respectivamente un único generador 4 y un motor de accionamiento 5, pueden comprender también varios generadores y/o motores de accionamiento.

Con la tensión de amplitud variable y frecuencia variable generada por los generadores 34 de los árboles de accionamiento eléctricos 12, 13, mediante un transformador 21, puede ser operado respectivamente de forma adicional un inversor 22 que transforma esa tensión variable en una tensión con amplitud constante y frecuencia constante para respectivamente una red de a bordo parcial 20. Desde la red de a bordo parcial 20 son alimentados consumidores de baja tensión del buque, los cuales no se representan en detalle (por ejemplo dispositivos de navegación y de control, equipos de sonorización, iluminación). La red de a bordo parcial 20 posee generalmente una tensión nominal de 400V en el caso de una frecuencia nominal de 50 Hz o 440V a 60 Hz. Las dos redes de a bordo parciales 20 pueden acoplarse una a otra mediante interruptores 23, de manera que el suministro de las dos redes de a bordo parciales 20 es posible también en el caso de una falla o de una desconexión de uno de los dos árboles de accionamiento 12, 13.

Respectivamente un generador portuario 25 adicional, accionado por un equipo auxiliar de la red de a bordo 24, preferentemente mediante un inversor conectado aguas abajo, no representado en detalle, se utiliza para alimentar a una red de a bordo parcial 20 o a redes de a bordo parciales 20 acopladas una con otra, de una tensión con amplitud constante y frecuencia constante en el caso de encontrarse desconectados los árboles eléctricos 12, 13. Ese caso se presenta cuando el buque se encuentra en el puerto y no se requiere una potencia de accionamiento, o cuando toda la potencia de los generadores 4, 34 se requiere para el accionamiento. De manera complementaria o alternativa, las redes de a bordo parciales 20 pueden ser alimentadas también por una batería, por celdas de combustible o por una disposición de baterías, en lugar de a través del generador portuario 25. También es posible que toda la potencia de accionamiento se distribuya en los tres motores de accionamiento 5 de los tres árboles eléctricos 11, 12, 13.

En un primer estado de funcionamiento los interruptores 26 están cerrados y potencia de accionamiento puede ser transmitida desde los equipos auxiliares de la red de a bordo 24 hacia el conductor colector 7, mediante el inversor 22 y respectivamente un transformador 21. En el caso de una conmutación adecuada, el motor de accionamiento 5 del primer árbol eléctrico 11 puede ser accionado con esa potencia.

En un segundo estado de funcionamiento, el motor de accionamiento 5 del primer árbol eléctrico 11 ya no es alimentado mediante el inversor 22, sino mediante el primer motor de combustión interna 3 y el generador 4 acoplado al mismo. De este modo, los interruptores 9 del primer árbol eléctrico 11 están cerrados y, a modo de ejemplo, las conexiones de línea 14 y 15 están abiertas.

En un tercer estado de funcionamiento, las conexiones de línea 14 y 15 se encuentran cerradas, de manera que los inversores 22 pueden transmitir potencia al motor de accionamiento 5 del primer árbol eléctrico 11. De manera adicional, tal como en el segundo estado de funcionamiento, el primer árbol eléctrico se encuentra activo, de manera que también el primer motor de combustión interna 3 y el generador 4 acoplado alimentan al motor de accionamiento

5. Lo mencionado es posible gracias a que el inversor 22 actúa como esclavo y su tensión alterna inicial se adapta a la tensión alterna del generador 5.

En un cuarto estado de funcionamiento, las conexiones de línea 14 y 15 están cerradas, pero los interruptores 26 se encuentran abiertos. Los inversores 22 no contribuyen de este modo a la potencia de accionamiento. Los interruptores 9 de los dos árboles de accionamiento eléctricos 12 y 13 están cerrados, de manera que los otros motores de combustión interna 6, mediante los generadores 34, pueden transferir potencia de accionamiento a través del conductor colector 7, hacia el motor de accionamiento 5 del primer árbol eléctrico 11. Debido a ello son posibles velocidades de rotación elevadas del propulsor con un par de rotación elevado.

Para el quinto caso de funcionamiento, partiendo desde el cuarto estado de funcionamiento, los interruptores 26 aún se encuentran cerrados, de manera que también los inversores 22 transmiten potencia eléctrica a los conductores colectores 7.

La figura 2 muestra un desarrollo a modo de ejemplo de un sistema de accionamiento en cascada en función de una velocidad de rotación relativa del propulsor. En el caso de un incremento de la velocidad de rotación del propulsor aumenta de forma continua la potencia del propulsor 10, requerida para ello, en función de la velocidad de rotación, donde tanto la velocidad de rotación del propulsor, como también la potencia del propulsor, se consideran relacionadas con una magnitud variable respectivamente máxima. De este modo, en el caso de la velocidad de rotación máxima del propulsor de 100%, también la potencia del propulsor es máxima y supone el valor del 100%, donde se hace referencia a las magnitudes máximas en el caso de un funcionamiento continuo. En particular a través de turbinas de gas, sin embargo, es posible también un funcionamiento más breve con más del 100%, lo cual se basa en su capacidad de sobrecarga y puede utilizarse en el caso de maniobras de emergencia.

El sistema de accionamiento en cascada consiste en utilizar para velocidades de rotación del propulsor inferiores al 40% solamente la potencia 17 disponible comparativamente más reducida de un inversor, la cual puede alcanzar hasta el 20% de la potencia máxima del propulsor. Las unidades de accionamiento de mayor rendimiento, como turbinas de gas o motores diesel de gran tamaño, pueden permanecer desconectadas, de manera que los respectivos componentes pueden ser operados cerca de su punto de funcionamiento óptimo, ahorrando energía.

Para velocidades de rotación medias del propulsor en el rango de 45% a 70% de la velocidad de rotación máxima del propulsor, un primer árbol eléctrico que puede comprender por ejemplo una turbina de gas, tiene a disposición la potencia disponible 18. El inversor entonces puede ser desconectado o puede ser operado completamente en correspondencia con las necesidades de la red de a bordo, ya que sólo el primer árbol eléctrico puede producir hasta el 50% de la potencia máxima del propulsor. De manera correspondiente, la potencia disponible 17 del inversor, en el caso de velocidades de rotación medias del propulsor, puede retornar a cero.

Finalmente, varios árboles eléctricos se utilizan para velocidades de rotación elevadas del propulsor, a partir del 65% de la velocidad de rotación máxima del propulsor. La potencia disponible 19 de los árboles eléctricos es lo suficientemente grande como para poder provocar la velocidad de rotación máxima del propulsor.

Tal como puede observarse con claridad, durante la conmutación al aumentar la velocidad de rotación del propulsor, el o los varios árboles eléctricos inician lo suficientemente pronto como para considerar las constantes de tiempo ya mencionadas. También en el caso de una reducción de la velocidad de rotación del propulsor tiene lugar una sincronización a tiempo, por ejemplo cuando el inversor aumenta a tiempo su potencia disponible 17. De este modo queda tiempo suficiente para la sincronización de la potencia de accionamiento y de la tensión alterna, lo cual posibilita un desarrollo de aceleración, así como de desaceleración continuo, prácticamente sin tirones. Lo mencionado se considera ventajoso durante la realización de maniobras con velocidades reducidas.

De manera adicional con respecto a los sistemas de accionamiento en cascada mostrados pueden realizarse otros niveles, conectando un árbol eléctrico del inversor, para posibilitar una velocidad de rotación media del propulsor más elevada. Además, el inversor puede ser conectado también a varios árboles eléctricos para alcanzar una potencia máxima aún más elevada del sistema de accionamiento. Esto puede ofrecer grandes ventajas especialmente en situaciones de emergencia en donde debe acelerarse o desacelerarse lo más rápido posible.

A modo de resumen, la presente invención hace referencia a un método de accionamiento para un sistema de accionamiento que prevé

- operar al menos un propulsor de accionamiento del sistema de accionamiento por debajo de una primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor según un primer estado de funcionamiento, donde al menos un motor de accionamiento del sistema de accionamiento, conectado a por lo menos un propulsor de accionamiento, es operado mediante una primera tensión alterna, donde según el primer estado de funcionamiento al menos un inversor proporciona la primera tensión alterna,

- operar al menos un propulsor de accionamiento por encima de la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor según un segundo estado de funcionamiento, donde al menos un motor de accionamiento es operado mediante una segunda tensión alterna, donde según el segundo estado de funcionamiento un primer motor de combustión interna acciona un primer generador que genera la segunda tensión alterna.

- 5 Para poder desplazar una embarcación desde el estado de detención hasta la velocidad máxima y de forma inversa, en el caso de un avance continuo, evitando modificaciones de avance con tirones, al mismo tiempo con un funcionamiento económico de los componentes de accionamiento individuales, se sugiere que, en el caso de un pasaje desde el primer estado de funcionamiento hacia el segundo estado de funcionamiento o de forma inversa, el primer motor de combustión interna sea operado primero con una velocidad de rotación tal, que al menos un
- 10 propulsor de accionamiento sea operado con la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, sincronizando mediante al menos un inversor la primera tensión alterna con la segunda tensión alterna.

REIVINDICACIONES

1. Método de accionamiento para un sistema de accionamiento con los siguientes pasos del método:

- funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento (2) del sistema de accionamiento por debajo de una primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor según un primer estado de funcionamiento, a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento (5) del sistema de accionamiento que se encuentra conectado a por lo menos un propulsor de accionamiento (2), mediante una primera tensión alterna,

- donde según el primer estado de funcionamiento al menos un inversor (22) proporciona la primera tensión alterna,

- funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento (2) por encima de la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor según un segundo estado de funcionamiento a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento (5) mediante una segunda tensión alterna,

- donde según el segundo estado de funcionamiento, un primer motor de combustión interna (3) acciona un primer generador (4) que genera la segunda tensión alterna,

caracterizado porque

- en el caso de un pasaje desde el primer estado de funcionamiento hacia el segundo estado de funcionamiento o de forma inversa, el primer motor de combustión interna (3) es operado primero con una velocidad de rotación tal, que al menos un propulsor de accionamiento (2) es operado con la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, y al menos un inversor (22) sincroniza la primera tensión alterna con la segunda tensión alterna.

2. Método de accionamiento según la reivindicación 1 con el siguiente paso del método adicional:

- funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento (2) por encima de una segunda velocidad de rotación predeterminable del propulsor, la cual es mayor que la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, según un tercer estado de funcionamiento, a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento (5), mediante una tercera tensión alterna,

- donde según el tercer estado de funcionamiento, la primera tensión alterna de al menos un inversor (22), en una combinación sincronizada con la segunda tensión alterna, produce la tercera tensión alterna,

- donde en el caso de un pasaje desde el segundo estado de funcionamiento hacia el tercer estado de funcionamiento, al menos un motor de accionamiento (5) es operado mediante la tercera tensión alterna solamente cuando la primera tensión alterna, mediante al menos un inversor (22), está sincronizada con la segunda tensión alterna.

3. Método de accionamiento según la reivindicación 1 con el siguiente paso del método adicional:

- funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento (2) por encima de una tercera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, la cual es mayor que la primera velocidad de rotación predeterminable del propulsor, según un cuarto estado de funcionamiento, a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento (5), mediante una cuarta tensión alterna,

- donde según el cuarto estado de funcionamiento, al menos otro motor de combustión interna (6) acciona al menos respectivamente otro generador (34) que respectivamente genera otra tensión alterna, la cual, en una combinación sincronizada con la segunda tensión alterna, produce la cuarta tensión alterna,

- donde en el caso de un pasaje desde el segundo hacia el cuarto estado de funcionamiento, un respectivo ángulo de la rueda polar de al menos otro generador (34) es sincronizado con un primer ángulo de la rueda polar del primer generador (4).

4. Método de accionamiento según la reivindicación 3 con el siguiente paso del método adicional:

- funcionamiento de al menos un propulsor de accionamiento (2) por encima de una cuarta velocidad de rotación predeterminable del propulsor según un quinto estado de funcionamiento a través del funcionamiento de al menos un motor de accionamiento (5) mediante una quinta tensión alterna,

- donde según el quinto estado de funcionamiento, la primera tensión alterna de al menos un inversor (22), en una combinación sincronizada con la cuarta tensión alterna, produce la quinta tensión alterna,

- donde en el caso de un pasaje desde el cuarto estado de funcionamiento hacia el quinto estado de funcionamiento, al menos un motor de accionamiento (5) es operado mediante la quinta tensión alterna solamente cuando la primera tensión alterna, mediante al menos un inversor (22), está sincronizada con la tercera tensión alterna.

5 5. Método de accionamiento según una de las reivindicaciones precedentes, donde durante el funcionamiento en uno de los estados de funcionamiento, en el caso de una falla de piezas del sistema de accionamiento requeridas para generar la respectiva tensión alterna, se pasa a otro estado de funcionamiento, donde una sincronización de la respectiva tensión alterna del otro estado de funcionamiento se efectúa considerando al menos la tensión alterna que se aplica a por lo menos un motor de accionamiento.

10 6. Controlador para una embarcación con al menos un sistema de accionamiento, donde el controlador presenta medios para ejecutar un método según una de las reivindicaciones 1 - 5.

7. Embarcación con

- al menos un sistema de accionamiento,
- un controlador realizado según la reivindicación 6.

15 8. Programa informático para ejecutar el método según una de las reivindicaciones 1 - 5 cuando se desarrolla en un controlador según la reivindicación 6.

9. Producto de programa informático en el cual se almacena un programa informático según la reivindicación 8.

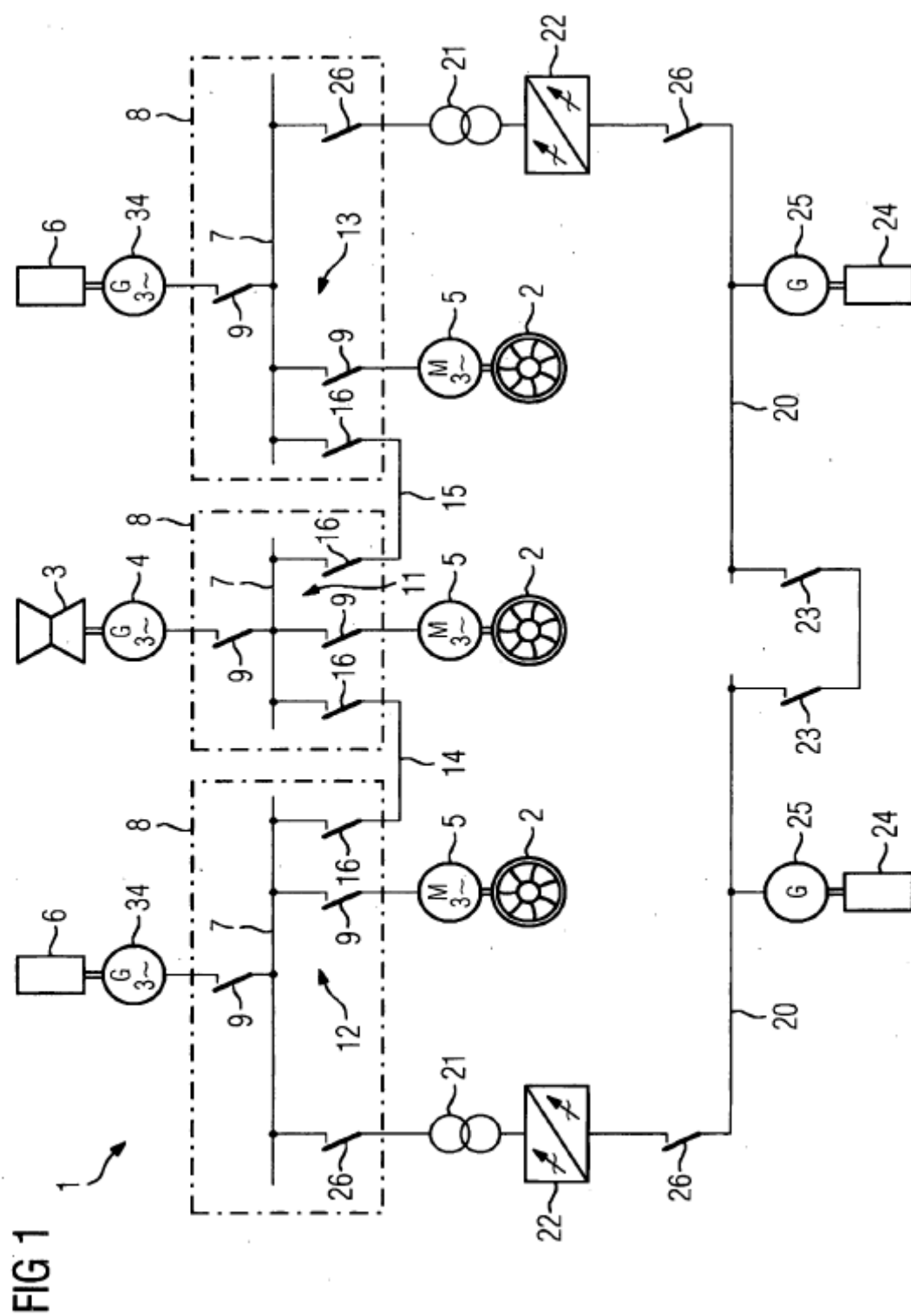


FIG 2

