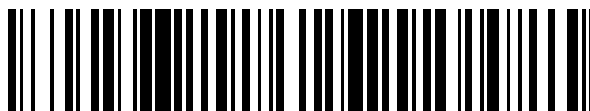


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 465 016**

51 Int. Cl.:

H02J 4/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2009** **E 09006693 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2014** **EP 2128957**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una red eléctrica de a bordo**

30 Prioridad:

30.05.2008 DE 102008026246

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

04.06.2014

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP MARINE SYSTEMS GMBH
(100.0%)**

**Werftstrasse 112-114
24143 KIEL, DE**

72 Inventor/es:

DANNENBERG, NORBERT DIPL.-ING.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 465 016 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

Procedimiento para el funcionamiento de una red eléctrica de a bordo

La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una red eléctrica de a bordo de un submarino alimentada por pilas de combustible, así como a una red eléctrica de a bordo de un submarino.

5 Pertenece al estado de la técnica abastecer de energía eléctrica a la red eléctrica de a bordo de un submarino mediante una instalación de pilas de combustible. En el funcionamiento normal están conectados a la red eléctrica de a bordo acumuladores de energía adicionales, por ejemplo en forma de una batería principal. Mediante estos acumuladores de energía puede evitarse que la carga de la instalación de pilas de combustible suba bruscamente. Así, en caso de que la carga de red se incremente fuertemente la red eléctrica de a bordo puede abastecerse
10 adicionalmente con energía eléctrica procedente de los acumuladores de energía. El documento EP-A-1498997 da a conocer una red de a bordo según el estado de la técnica.

Pero si los acumuladores de energía eléctrica, por ejemplo baterías principales y baterías tampón, se agotan o fallan, entonces la instalación de pilas de combustible debe asumir ella sola el abastecimiento de energía. El submarino se mueve entonces generalmente a marcha lenta. Para ello, no obstante, la carga de la instalación de
15 pilas de combustible debe ser controlada manualmente para garantizar un abastecimiento de energía suficiente. En particular deben evitarse por intervención manual variaciones de carga grandes. Sin embargo puede ser posible o necesario que se enciendan automáticamente determinados grupos conectados a la red eléctrica de a bordo y pongan en peligro un funcionamiento estable de la instalación.

Una carga de la instalación de pilas de combustible que aumente de forma rápida o fuerte tendría como
20 consecuencia un abastecimiento de energía inestable y propenso a fallos. Así, en caso de un incremento rápido de la carga se acumulan en las pilas de combustible de la instalación productos de combustión, como por ejemplo agua, que no pueden ser evacuados de las pilas con suficiente rapidez. Esto puede conducir a una interrupción de las tensiones de las pilas individuales, de manera que toda la instalación para el abastecimiento de corriente se dañe o incluso se averíe.

Ante esta situación el objeto de la invención es, por tanto, conseguir un procedimiento mejorado para el funcionamiento de una red eléctrica de a bordo de un submarino alimentada por pilas de combustible que permita por un lado un funcionamiento estable y seguro frente a fallos de la instalación de pilas de combustible, así como una carga de red alta al menos a corto plazo. También es un objeto de la invención conseguir un dispositivo para la realización de este procedimiento.

30 Este objeto se lleva a cabo según la invención por un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 1, así como por un dispositivo con las características indicadas en la reivindicación 5. Realizaciones ventajosas están indicadas en las reivindicaciones subordinadas, la siguiente descripción y los dibujos.

En el procedimiento según la invención para el funcionamiento de una red eléctrica de a bordo de un submarino alimentada por pilas de combustible cuando la carga de red sube por encima de un valor límite predeterminado o el
35 incremento de la carga de red sobrepasa una velocidad determinada se reduce correspondientemente o se desconecta la carga de red provocada por el motor de hélice o el motor de hélice es operado como generador.

El motor de hélice que está conectado a la red eléctrica de a bordo para el funcionamiento del submarino sirve así como carga ajustable. Por un lado la carga de red provocada por el motor de hélice puede ser reducida o desconectada por completo. Además el motor de hélice puede sin embargo funcionar también temporalmente como
40 fuente de energía. Tanto el rotor del motor de hélice como el submarino que se mueve a través del agua contienen una alta cantidad de energía de movimiento. Una parte de esta energía de movimiento puede ser alimentada como energía eléctrica de vuelta a la red eléctrica de a bordo del submarino cuando el motor de hélice es operado como generador. De esta forma la carga de red provocada por el motor de hélice puede ser ajustada a través de un intervalo amplio. Así esta carga de red puede reducirse, desconectarse o incluso ser negativa. Mediante esta carga
45 ajustable pueden también ser compensados los incrementos de la carga de red cuando no se dispone de un acumulador eléctrico adicional en la red eléctrica de a bordo.

Convenientemente la compensación del incremento de carga de red por la carga de red ajustable provocada por el motor de hélice es realizada de manera que la carga de las pilas de combustible o la velocidad del incremento de carga de las pilas de combustible garanticen un funcionamiento seguro frente a fallos y estable de la instalación de
50 pilas de combustible. El procedimiento según la invención posibilita por tanto una alimentación estable y segura frente a fallos de una red eléctrica de a bordo sin necesidad de otro acumulador eléctrico adicional por medio de una instalación de pilas de combustible. Otra ventaja del procedimiento según la invención consiste en que se puede automatizar empleando circuitos de conmutación de la técnica de control y regulación. Esto en particular en el funcionamiento de emergencia no implica recursos personales para el funcionamiento de la instalación de pilas de combustible.

El funcionamiento como generador del motor de hélice reduce la propulsión del submarino solo de forma no esencial, ya que el motor de hélice por regla general en un tiempo relativamente corto tras el funcionamiento como

generador alcanza de nuevo el número de revoluciones ajustado anteriormente. De todos modos el submarino en caso de abastecimiento de energía solo por la instalación de pilas de combustible se desplaza típicamente a marcha lenta.

Fluctuaciones de carga suficientemente pequeñas, sin embargo, pueden ser cubiertas sin perturbaciones por una instalación de pilas de combustible. Por ello preferentemente la descarga de la instalación de pilas de combustible por el motor de hélice no es acometida hasta una fluctuación de carga que puede ser determinada según el tipo de construcción de la instalación de pilas de combustible empleada. De esta forma se garantiza un funcionamiento uniforme del motor de hélice. Además ventajosamente el procedimiento según la invención puede emplearse también en redes eléctricas de a bordo ya existentes. Estas pueden ser, por tanto, fácilmente reequipadas para el empleo de este procedimiento. En particular en una instalación de pilas de combustible tal que la pila de combustible esté conectada directamente al carril de rodadura se puede emplear el procedimiento de forma ventajosa también en las transiciones de la pila de combustible entre el funcionamiento normal, el funcionamiento de marcha en vacío y el funcionamiento en carga, incluso aunque la pila de combustible en ese momento sea operada sin acumulador eléctrico tampón. Como complemento pueden ser usados en el procedimiento según la invención también otros consumidores que puedan ser controlados en su consumo de potencia, y así no perjudicar significativamente el funcionamiento de la instalación, para la reducción de la carga de red o para la reducción de la velocidad del incremento de la carga de red.

Preferiblemente en el procedimiento la carga de red provocada por el motor de hélice es reducida de tal modo o elevado de tal modo el abastecimiento de red provocado por el motor de hélice funcionando como generador que la carga de red o la velocidad del incremento de carga de red es descendido al valor límite o a un valor menor. Por ejemplo, la carga de red provocada por el motor de hélice puede ser reducida de manera que la carga de red o la velocidad del incremento de carga de red desciendan a un valor teórico que sea menor o igual que el valor límite. Pero también el abastecimiento de red provocado por el motor de hélice funcionando como generador puede ser elevado correspondientemente para la regulación a este valor teórico.

En otra realización preferida en el procedimiento se emplea la energía almacenada en capacidades eléctricas de la red eléctrica de a bordo para la compensación de cargas de red que sobrepasan el valor límite cuando para la compensación la carga de red provocada por el motor de hélice no puede ser reducida suficientemente o desconectada debido al tiempo de respuesta del motor de hélice o el motor de hélice no puede ser operado como generador con suficiente rapidez.

Las redes eléctricas de a bordo comunes de submarinos alimentadas por instalaciones de pilas de combustible presentan normalmente una pluralidad de piezas de circuito que actúan de forma capacitiva, en particular condensadores. Por ejemplo, se encuentran capacidades en convertidores de redes de a bordo, onduladores o reguladores de corriente de la pila de combustible o del motor de hélice. Estas capacidades presentes de cualquier modo en la red eléctrica de a bordo de un submarino pueden ser empleadas como acumuladores de energía adicionales para la compensación rápida de cargas de red que sobrepasen un valor límite cuando no pueda ser realizada suficientemente rápida una compensación por variaciones adecuadas de la carga de red provocada por la hélice. Por ejemplo puede suceder que se produzcan variaciones de la carga de red tan rápidamente que por la carga de red o por la velocidad del incremento de la carga de red se sobrepase el valor límite ya en un lapso de tiempo en el que aún es determinada la carga de red actual o la velocidad del incremento de red actual. También en un caso individual el tiempo de respuesta del motor de hélice puede impedir una compensación suficientemente rápida de las cargas de red que sobrepasan el valor límite. En tales casos las capacidades de la red de a bordo proporcionan a corto plazo la energía necesaria para la compensación, alimentando su energía almacenada a la red eléctrica de a bordo.

Ventajosamente el valor límite es adaptado para la carga de red y/o la velocidad de la variación de la carga de red en base a parámetros de funcionamiento de la pila de combustible. En esta realización pueden por tanto ser tenidas en cuenta o compensadas también perturbaciones internas de las pilas de combustible. Ventajosamente con ello se eleva aún más la fiabilidad de la instalación.

La red eléctrica de a bordo de un submarino según la invención para la realización del procedimiento según la invención presenta pilas de combustible para la alimentación de la red, así como medios de control. Estos medios de control están realizados para la reducción de la carga de red provocada por el funcionamiento del motor de hélice para el caso de sobrepasarse un valor límite determinado para la carga de red y/o la velocidad del incremento de carga de red. Más preferiblemente están previstos en la red eléctrica de a bordo medios de control que están realizados para desconectar la carga de red provocada por el funcionamiento del motor de hélice en caso de sobrepasarse el valor límite. Más preferiblemente están previstos en la red eléctrica de a bordo medios de control que están realizados para el funcionamiento del motor de hélice como generador en caso de sobrepasarse el valor límite.

Preferiblemente en la red eléctrica de a bordo están previstos medios de medición para detectar de forma continua la carga de red, en particular medios de medición para detectar de forma continua las corrientes de consumo y tensiones. En una realización de este tipo se puede reaccionar de forma correspondientemente rápida a un incremento brusco de la carga de red por variación de la carga de red provocada por el motor de hélice.

En una forma de realización preferida de la red eléctrica de a bordo están previstos medios de medición para detectar los parámetros de funcionamiento de la pila de combustible, así como una unidad de evaluación y control para la determinación continuada de un valor límite para la carga de red y/o la velocidad del incremento de carga de red debido a los parámetros de funcionamiento detectados. Más preferiblemente están previstos medios de medición con los que puede ser detectada la potencia de abastecimiento de la pila de combustible alimentada a la red eléctrica de a bordo.

La invención se explicará en detalle a continuación en virtud de ejemplos de realización representados en los dibujos. Muestran:

Fig. 1, un diagrama de circuito del principio de una red eléctrica de a bordo de un submarino alimentada por pilas de combustible, y

Fig. 2, un diagrama de circuito del principio de una red eléctrica de a bordo de un submarino alimentada por pilas de combustible alternativa.

La red eléctrica de a bordo 5 de un submarino representada en la Fig. 1 es alimentada con energía eléctrica por una instalación de pilas de combustible 10. Como acumulador eléctrico sirve esencialmente una batería de accionamiento 15 de la batería principal de un submarino que sin embargo en la situación representada en la Fig. 1 está desacoplada eléctricamente de la red de corriente de a bordo 5, lo que en el dibujo está ilustrado por el interruptor eléctrico 20 abierto en la conexión entre la batería de accionamiento 15 y la red eléctrica de a bordo 5. Por tanto la red eléctrica de a bordo no dispone de baterías de almacenamiento de electricidad para la compensación de fluctuaciones de potencia.

La red eléctrica de a bordo 5 abastece de energía eléctrica a un consumidor 25 de red de a bordo. Por otra parte está conectado a la red eléctrica de a bordo 5 también un motor de hélice 30 como otra carga. En esta realización la instalación de pilas de combustible 10 está unida a la red eléctrica de a bordo 5 mediante un regulador de corriente continua 32 que adapta adecuadamente la tensión de salida de la instalación de pilas de combustible 10 a la red eléctrica de a bordo 5. Para la determinación de la potencia alimentada por la instalación de pilas de combustible 10 a la red eléctrica de a bordo 5 están conectados en las salidas del regulador de corriente continua 32 unidas a la red eléctrica de a bordo 5 un amperímetro 35 y un voltímetro 40. Los valores de corriente y tensión determinados por el amperímetro 35 y por el voltímetro 40 son alimentados como señales de entrada a un bus de medida y control 45. Una unidad de evaluación y control (no representada en el dibujo) determina la diferencia de la potencia eléctrica suministrada o suministrable por la pila de combustible 10 y la potencia eléctrica requerida por los consumidores 25 de red de a bordo y la carga provocada por el motor de hélice 30. Mientras que la carga a través de los consumidores 25 de red eléctrica de a bordo no cambie muy fuertemente o lo haga solo de forma muy lenta, esta diferencia desaparece esencialmente ya que la magnitud de la reactancia de la instalación de pilas de combustible 10, así como la carga de la instalación de pilas de combustible 10, son adaptadas a la carga total 25, 30 mediante el regulador de corriente continua 32 por el bus de medición y control 45.

Pero si la carga de la red eléctrica de a bordo 5 aumenta fuertemente o de forma rápida por variaciones de carga de los consumidores 25 de red de a bordo, de manera que la potencia de abastecimiento de la instalación de pilas de combustible 10 no puede ser adaptada a la carga de red de forma estable y segura frente a fallos, entonces la unidad de evaluación y control controla a través del bus de medida y control 45 el ondulator o el regulador de corriente de inducido y excitado 48 del motor de hélice 30. De esta forma es adaptada de forma adecuada la carga de red completa formada por el motor de hélice 30. Para ello la carga de red provocada por el motor de hélice 30 se reduce precisamente hasta el punto que la carga de red provocada por los consumidores 25 de red de a bordo y por el motor de hélice 30 corresponda precisamente a la potencia de abastecimiento de la instalación de pilas de combustible 10 que varía solo lentamente. Si la carga provocada por los consumidores 25 de red de a bordo mantiene un valor alto de forma duradera, entonces la unidad de evaluación y control regula a través del bus de medición y control 45 la potencia de abastecimiento de la instalación de pilas de combustible 10 por el control de la magnitud de la reactancia y la toma de potencia a través del regulador de corriente continua 32 de la instalación de pilas de combustible 10.

Para ello la potencia de abastecimiento de la instalación de pilas de combustible 10 es aumentada de tal modo que pueden ser suministradas la carga elevada por los consumidores 25 de red de a bordo y la carga de red provocada originalmente por el motor de hélice 30. Así en el seguimiento de la instalación de pilas de combustible 10 la carga del motor de hélice 30 reducida por el bus de medida y control 45 puede ser elevada de nuevo, de manera que corresponda a su carga original. Por tanto, el motor de hélice 30 debe compensar solo temporalmente el salto de carga provocado por los consumidores 25 de red de a bordo. Tras esta compensación, esto es cuando la instalación de pilas de combustible 10 con su potencia de abastecimiento ha sido seguida de un incremento de la carga de red, el motor de hélice 30 puede ser operado con su carga original.

Para la compensación rápida de un incremento de la carga provocado por los consumidores 25 de red de a bordo en el ejemplo de realización mostrado el motor de hélice 30 no solo puede ser reducido únicamente en su carga de red, sino que en caso necesario puede funcionar también como generador. Así el submarino continúa en movimiento debido a la inercia de su gran masa. El agua alrededor fluye por tanto también en torno a la hélice del submarino.

Este flujo hace que la hélice gire. La potencia mecánica de la hélice así recibida es transformada en este caso en potencia eléctrica por el motor de hélice 30 y almacenada en la red eléctrica de a bordo 5. Por tanto, con el motor de hélice 30 pueden también ser compensados aumentos de carga muy fuertes. Las potencias de carga o abastecimiento del motor de hélice 30 pueden así variar notablemente de forma más rápida que la potencia de abastecimiento de la instalación de pilas de combustible 10.

Aumentos de la carga por los consumidores 25 de red de a bordo que se realizan tan rápidamente que no pueden ser compensados por una reducción de la carga o elevación de la potencia de abastecimiento del motor de hélice 30 son compensados por una pluralidad de capacidades existentes en la red eléctrica de a bordo 5. Tales capacidades se encuentran por ejemplo en forma de condensadores 50 en el ondulator o regulador de corriente de inducido y excitado 48 del motor de hélice 30, en el convertidor 55 de red de a bordo de la red eléctrica de a bordo 5 y en el regulador de corriente continua 32 unido a la instalación de pilas de combustible 10. Para la compensación de estos incrementos especialmente rápidos de la carga de red los condensadores se encuentran en estado cargado. En este ejemplo de realización puede ser empleada una amplitud de tensión entre dos tensiones límite, entre las que pueda funcionar la red eléctrica de a bordo 5. Así la red eléctrica de a bordo 5 representada puede funcionar con tensiones entre aproximadamente el 50 % y el 100 % de la tensión de funcionamiento nominal. Convenientemente se opera la red eléctrica de a bordo 5 con una tensión muy alta en el rango de la tensión de funcionamiento nominal. Para ello las capacidades se encuentran en primer lugar en su estado de carga máximo compatible con el rango de tensión de la red eléctrica de a bordo 5. La amplitud de la tensión que existe entre aproximadamente el 50% y el 100 % de la tensión de funcionamiento nominal y la diferencia de energía que lleva consigo de la energía almacenada en los condensadores está disponible para una compensación rápida de la potencia.

La red eléctrica de a bordo de un submarino representada en la Fig. 2 es abastecida con energía eléctrica igualmente por una instalación de pilas de combustible 10. El acumulador eléctrico en forma de una batería de accionamiento 15 de una batería principal de un submarino también en este ejemplo de realización está desacoplado de la red eléctrica de a bordo 5 como está representado por el interruptor eléctrico 20 abierto.

La red eléctrica de a bordo 5 abastece de energía eléctrica a los consumidores 25 de red de a bordo, así como al motor de hélice 30. También en este ejemplo de realización la carga 25 de la red eléctrica de a bordo puede provocar asimismo incrementos fuertes y rápidos de la carga de red. Para detectar la potencia alimentada en la red eléctrica de a bordo por la instalación de pilas de combustible 10 en las salidas de la instalación de pilas de combustible 10 unidas directamente a la red eléctrica de a bordo 5 están conectados un amperímetro 35 y un voltímetro 40. Los valores de corriente y tensión detectados por el amperímetro 35 y el voltímetro 40 son transmitidos al bus de medida y control 45. De esta forma una unidad de evaluación y control (no representada en el dibujo) puede determinar la diferencia de la potencia alimentada por la instalación de pilas de combustible 10 a la red eléctrica de a bordo 5 y la carga de red provocada por la carga 25 de la red eléctrica de a bordo y por el motor de hélice 30.

Si aumenta la carga de red debido a los consumidores 25 de red eléctrica de a bordo tan fuerte o tan rápidamente que la potencia de abastecimiento de la instalación de pilas de combustible 10 no pueda ser adaptada de forma estable y segura frente a fallos a la carga de red aumentada, entonces a través del bus de medida y control 45 es controlado correspondientemente el ondulator o el regulador de corriente de inducido y excitado 48 del motor de hélice 30, de manera que la carga de red provocada por el motor de hélice 30 sea reducida para compensar. En caso de que sea necesario para la compensación del incremento de carga de red, la carga de red provocada por el motor de hélice 30 puede también ser desconectada o el motor de hélice 30 funcionar como generador.

Para adicionalmente a esta compensación rápida adaptar la potencia de abastecimiento de la instalación de pilas de combustible 10 de forma duradera a una carga de red incrementada, la magnitud de la reactancia es reajustada adecuadamente mediante el bus de medida y control 45. Además la alimentación de red de la instalación de pilas de combustible 10 es adaptada de modo que un regulador de corriente continua 52, mediante el cual está conectada una batería tampón 54 a la instalación de pilas de combustible 10, controla de forma adecuada la carga de la instalación de pilas de combustible 10. También en esta realización mostrada, en particular en caso de fallo del regulador de corriente continua 52 y/o de la batería tampón 54, la reducción de la carga de red provocada por el motor de hélice 30 compensa un incremento rápido de la carga por los consumidores 25 de la red eléctrica de a bordo, mientras que se realiza una adaptación de la potencia duradera mediante un seguimiento de la instalación de pilas de combustible 10. Para ello el motor de hélice 30 puede ser operado de manera que la carga de red provocada por el motor de hélice 30 se reduzca o desconecte o la potencia de abastecimiento provocada por un motor de hélice 30 que funciona como generador sea alimentada o elevada en la red eléctrica de a bordo 5.

Además la red eléctrica de a bordo 5 presenta una pluralidad de elementos capacitivos que afrontan incrementos rápidos o fuertes de la carga de red que no pueden ser compensados por variaciones de la carga de red o potencia de abastecimiento provocadas por el motor de hélice 30. Para ello se pueden emplear condensadores 50 en el convertidor 55 de red de a bordo, el ondulator o el regulador de corriente de inducido y excitado 48 del motor eléctrico 30, así como de la batería tampón 54.

Lista de símbolos de referencia

	5	Red eléctrica de a bordo
	10	Instalación de pilas de combustible
	15	Batería de accionamiento (Batería principal)
5	20	Interruptor
	25	Consumidor de red de a bordo
	30	Motor de hélice
	32	Regulador de corriente continua (instalación de pilas de combustible)
	35	Amperímetro
10	40	Voltímetro
	45	Bus de medida y control
	48	Ondulador o regulador de corriente de inducido y excitado
	50	Capacidades de salida/entrada
	52	Regulador de corriente continua (Batería tampón)
15	54	Batería tampón
	55	Convertidor de red de a bordo

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el funcionamiento de una red eléctrica de a bordo (5) de un submarino alimentada por pilas de combustible (10), en el que cuando la carga de red se incrementa por encima de un determinado valor límite y/o el incremento de la carga de red sobrepasa una velocidad determinada, reduce correspondientemente o desconecta la carga de red provocada por el motor de hélice (30) o el motor de hélice (30) funciona como generador.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la carga de red provocada por el motor de hélice (30) es reducida o incrementado el suministro de red provocado por el motor de hélice (30) que funciona como generador, de tal modo que la carga de red o la velocidad del incremento de la carga de red es reducida al menos temporalmente al valor límite o a un valor menor.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que la energía almacenada en las capacidades eléctricas (50) de la red eléctrica de a bordo (5) es usada para la compensación de cargas de red que sobrepasan un valor límite si la carga de red provocada por el motor de hélice (30) no puede ser reducida o desconectada de forma suficientemente rápida para la compensación debido al tiempo de respuesta del motor de hélice (30), o el motor de hélice (30) no puede ser operado como generador de forma suficientemente rápida.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que un valor límite superior para la carga de red y/o la velocidad del incremento de la carga de red es adaptado en base a los parámetros de funcionamiento de la pila de combustible (10).
5. Red eléctrica de a bordo (5) de un submarino para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores que presenta pilas de combustible (10) para la alimentación de la red y en la que están previstos medios de control (45) que están diseñados para reducir la carga de red provocada por el funcionamiento del motor de hélice (30) en caso de sobrepasarse un valor límite determinado para la carga de red y/o la velocidad del incremento de carga de red.
6. Red eléctrica de a bordo (5) según la reivindicación 5, en la que están previstos medios de control (45) que están diseñados para desconectar la carga de red provocada por el funcionamiento del motor de hélice (30) en caso de sobrepasarse un valor límite determinado para la carga de red y/o la velocidad del incremento de carga de red.
7. Red eléctrica de a bordo (5) según la reivindicación 5 ó 6, en la que están previstos medios de control (45) que están diseñados para el funcionamiento del motor de hélice (30) como generador en caso de sobrepasarse un valor límite determinado para la carga de red y/o la velocidad del incremento de carga de red.
8. Red eléctrica de a bordo (5) según una de las reivindicaciones 5 a 7, en la que están previstos medios de medición (35, 40) para la detección de los parámetros de funcionamiento de la pila de combustible (10) y en la que está prevista una unidad de evaluación para la determinación continua de un valor límite para la carga de red y/o la velocidad del incremento de carga de red debido a los parámetros de funcionamiento detectados.

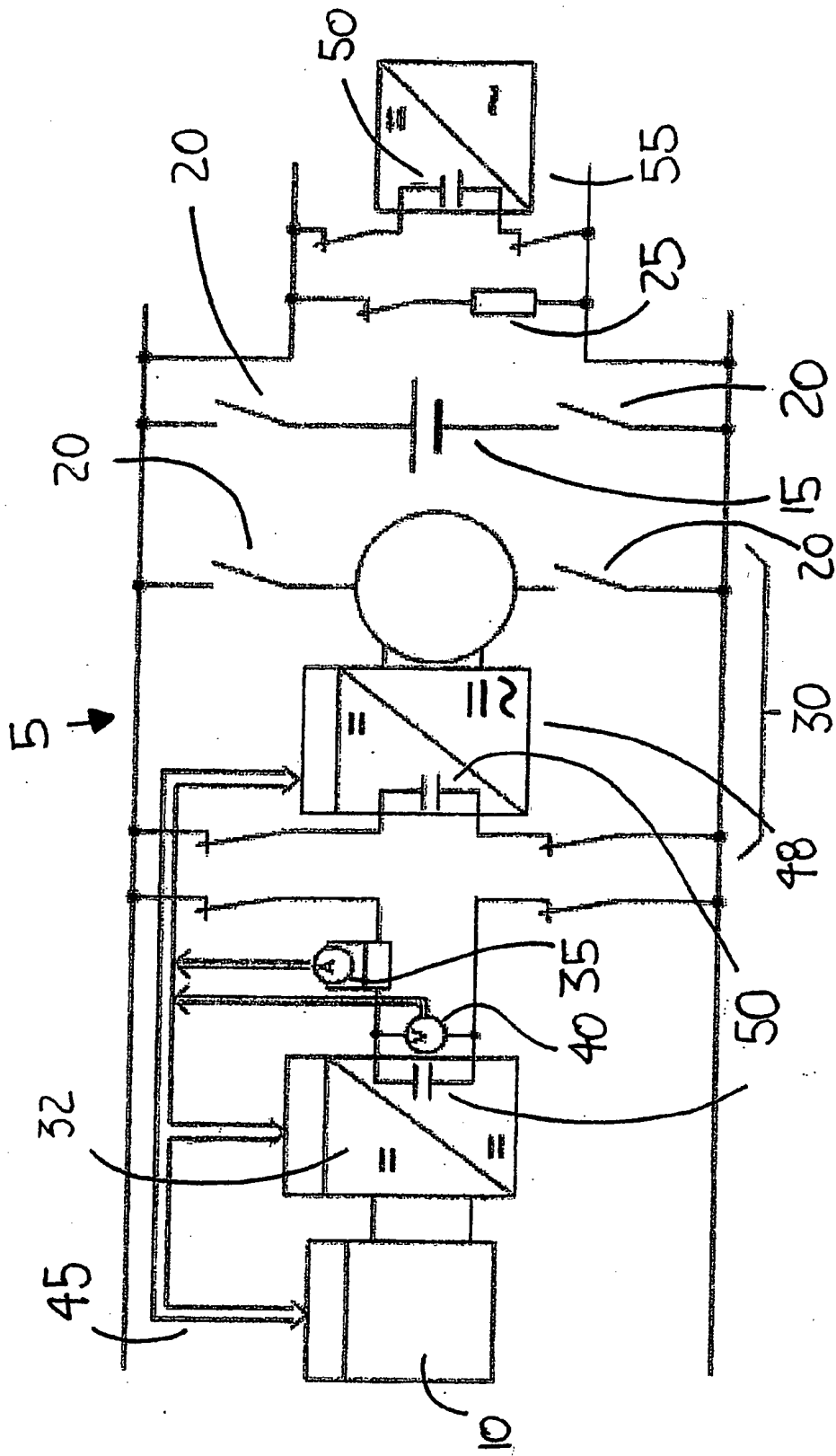


FIG 1

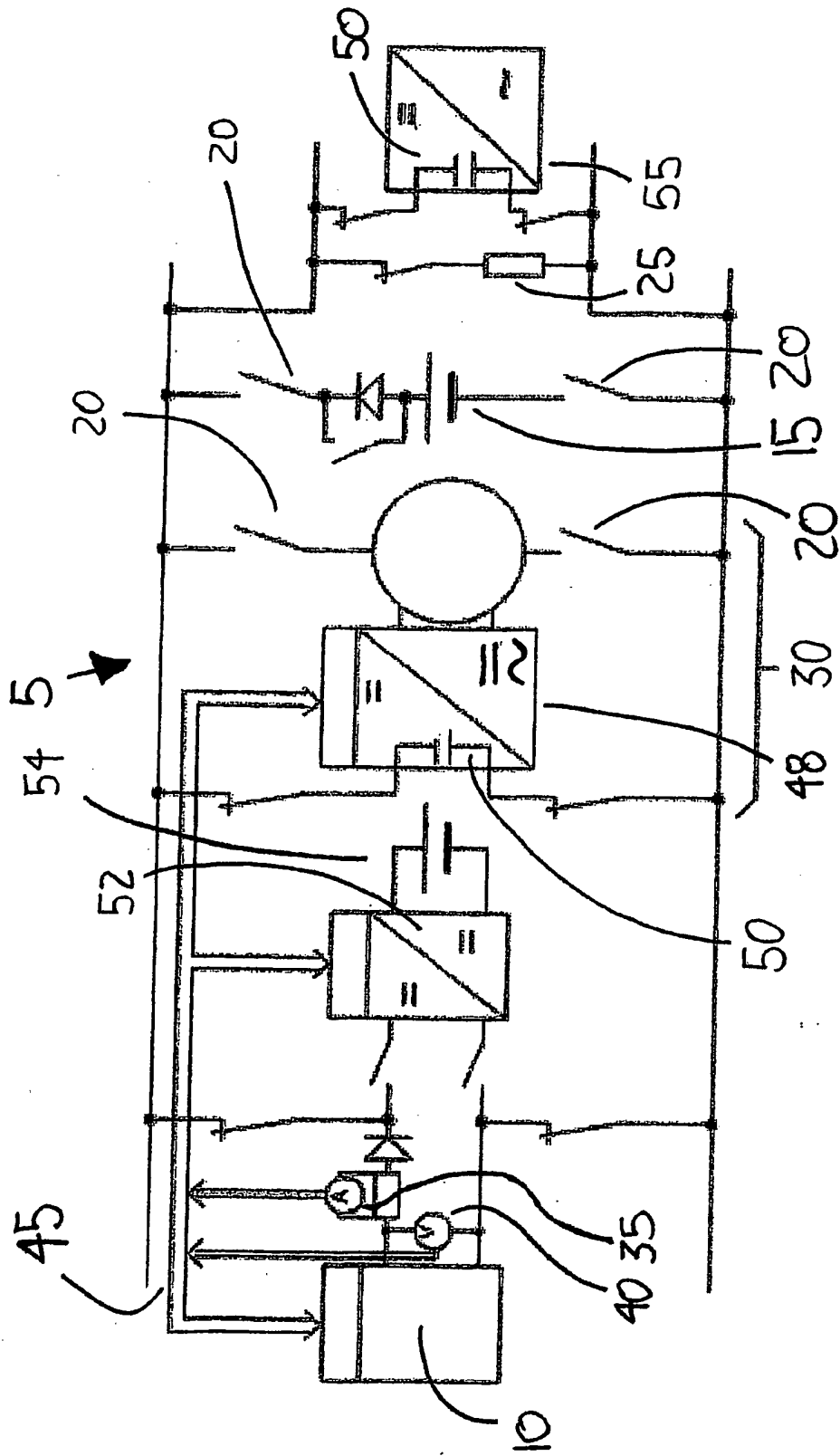


FIG 2