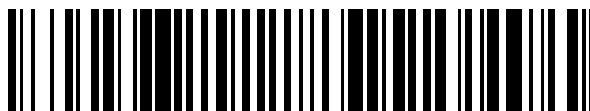


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 030**

51 Int. Cl.:

**H01M 8/04** (2006.01)

**H01M 8/06** (2006.01)

**H01M 16/00** (2006.01)

**H01M 8/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2009 E 09004434 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 2112707**

54 Título: **Procedimiento para el suministro de energía a un submarino**

30 Prioridad:

**24.04.2008 DE 102008020418**

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

**05.04.2013**

73 Titular/es:

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

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

72 Inventor/es:

**MECHSNER, ALFRED, DIPL.-ING. y  
DANNENBERG, NORBERT, DIPL.-ING**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 400 030 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 suministro de energía a un submarino.

La invención se refiere a un procedimiento para el suministro de energía a un submarino, en el que a una red eléctrica se le suministra energía mediante una pila de combustible.

5 En el caso de los submarinos, así como en otras numerosas aplicaciones, está dentro del estado actual de la técnica suministrar energía eléctrica a una red eléctrica, por ejemplo una red de a bordo, por medio de una instalación de pila de combustible. En tal instalación de pila de combustible, por ejemplo, es quemado hidrógeno con oxígeno catalíticamente formando agua, de modo que la energía de combustión que se forma es transformada en energía eléctrica. Para el funcionamiento de una instalación de pila de combustible es necesario, por tanto, alimentar  
10 carburante, por ejemplo hidrógeno, a la pila de combustible. Los acumuladores de hidruro metálico necesarios para el almacenamiento de hidrógeno son pesados y caros. Además, la carga y descarga de los acumuladores requieren mucho tiempo y gasto.

Está dentro del estado de la técnica suministrar combustible a la pila de combustible o una a varias baterías de pilas de combustible mediante un reformador. No obstante, los reformadores sólo pueden reaccionar a oscilaciones y saltos de carga en la red eléctrica que se va a abastecer con retardos de varios segundos en la producción del combustible. Pero puesto que para un funcionamiento estable debe ser evitado un suministro excesivo o insuficiente de la pila de combustible hay que prever típicamente grandes volúmenes para almacenamiento intermedio en el suministro de combustible de la pila de combustible. El empleo de tal acumulador intermedio es conocido, por ejemplo, por el documento US-A-5,401,589. En numerosas aplicaciones, no obstante, por ejemplo para el suministro de energía de una red eléctrica de a bordo en un submarino, el volumen que debe proporcionarse a un dispositivo de suministro de energía es muy limitado. Además, el reformador durante el almacenamiento intermedio del combustible sufre grandes saltos de carga. Esto menoscaba la posibilidad de regulación interna del reformador y dificulta un funcionamiento estable y seguro. En particular en caso de empleo de hidrógeno como combustible los acumuladores intermedios grandes representan además un riesgo para la seguridad.

25 Con estos antecedentes el objeto de la invención es, por tanto, conseguir un procedimiento mejorado para el suministro de energía de una red eléctrica de un submarino por medio de una pila de combustible que pueda ser empleado también en caso de oscilaciones y/o saltos de la potencia requerida por la red eléctrica y que tenga poco peso y necesite poco espacio.

Este objeto se lleva a cabo según la invención por un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos están indicados en las reivindicaciones subordinadas, la siguiente descripción y los dibujos.

En el procedimiento según la invención se emplea al menos una pila de combustible para el suministro de energía. No obstante, bajo el término pila de combustible en el sentido de la invención hay que entender también una pluralidad de pilas de combustible o grupos de pilas de combustible. En lugar de o además de un suministro de combustible a la pila de combustible, por ejemplo hidrógeno, de acumuladores de hidruro metálico, la al menos una pila de combustible es alimentada con combustible por al menos un reformador. El reformador es accionado con carburante líquido, por regla general con un hidrocarburo, por ejemplo diesel, metanol o etanol. Por tanto, puede prescindirse de la acumulación de hidrógeno en forma de gas en acumuladores de hidruro metálico pesados y de su carga y descarga que consumen tiempo y son laboriosas. Por el contrario, únicamente carburante líquido debe ser almacenado y alimentado al reformador. El almacenamiento y la manipulación del carburante considerablemente simplificados, así como la posibilidad de realizar el procedimiento con dispositivos de poco peso de construcción, ofrecen, por tanto, ventajas sustanciales. Por medio de este reformador a partir del carburante se puede obtener combustible, por ejemplo hidrógeno en forma de gas, que sea proporcionado a la pila de combustible, estando unido el reformador a la pila de combustible por medio de una conducción de líquido. Así la red eléctrica es abastecida ventajosamente de forma sustancial por la pila de combustible.

Para garantizar esto está previsto según la invención que al menos un acumulador eléctrico reciba potencia de la pila de combustible cuando la potencia de la pila de combustible sobrepase la carga de red y emita potencia cuando la potencia de la pila de combustible sea inferior a la carga de red. El acumulador eléctrico compensa, por tanto, variaciones inconstantes de la carga de red. Así, el acumulador eléctrico es cargado en el caso de que la potencia de la pila de combustible sobrepase la carga de red y descargado correspondientemente en caso de que la potencia de la pila de combustible sea inferior a la carga de red. Con ello, por medio del acumulador eléctrico puede realizarse una compensación muy rápida de variaciones de la potencia requerida por la red, de manera que puede ser garantizado un suministro de la red eléctrica adaptado a la potencia incluso en caso de una adaptación de la producción de combustible del reformador demorada varios segundos.

55 Además de la compensación de variaciones rápidas de la carga de red, la producción de combustible del reformador según la invención es adaptada por una regulación en la carga de red. Para ello es determinada la recepción de potencia o la emisión de potencia desde o al acumulador y dependiendo de este equilibrio de potencia es controlada la alimentación de carburante al reformador. La alimentación de carburante al reformador es así controlada

dependiendo de la recepción o emisión de potencia del o al acumulador. De esta forma la producción de combustible del reformador es adaptada de forma adecuada dentro de su retardo de la carga de red provocado por el tipo de construcción, de manera que no es necesario un almacenamiento intermedio de un volumen grande de hidrógeno en forma de gas.

5 Por tanto, con el procedimiento según la invención puede ser proporcionado un suministro de energía de redes eléctricas con una pila de combustible abastecida a través de un reformador, incluso cuando la potencia requerida por la red sufre rápidas oscilaciones o saltos. El reformador posibilita así el almacenamiento no costoso del carburante y el empleo de este procedimiento mediante dispositivos de espacio de construcción y peso reducidos.

10 Según la invención en el procedimiento a la pila de combustible es aplicada una presión constante por el lado de entrada. De esta forma se garantiza que la pila de combustible recibe el carburante para la generación de energía con la misma velocidad con la que el reformador emite el combustible. Dependiendo de la unidad de tiempo toda la cantidad de combustible generada por el reformador llega directamente a la pila de combustible. Con ello, la recepción de combustible de la pila de combustible sigue directamente a la producción de combustible del reformador. Correspondientemente se posibilita un balance equilibrado del combustible generado en ese momento por el reformador y aceptado por la pila de combustible. Este balance compensado permite un funcionamiento estable de la pila de combustible. Si, por ejemplo, en caso de alta potencia de la pila de combustible, disminuyera la presión del lado de entrada de la pila de combustible, entonces por ejemplo en la combustión del hidrógeno, se acumularía el agua producida en los canales de las pilas de combustible, lo que en caso de aplicación de presión constante del lado de entrada sería desplazada con la corriente de oxígeno fuera de la pila. Una aplicación de presión constante de la pila de combustible impide tal menoscabo del funcionamiento de las pilas de combustible. La potencia eléctrica alimentada desde la pila de combustible a la red eléctrica será determinada, por tanto, por la conversión de materia del reformador.

25 Según la invención en el procedimiento según la invención la emisión de potencia eléctrica de la pila de combustible es empleada como magnitud de regulación para la regulación de la aplicación de presión de la pila de combustible del lado de entrada. Si la emisión de potencia eléctrica de la pila de combustible es aumentada por una carga eléctrica elevada, entonces la pila de combustible recibe el combustible con una velocidad mayor. Correspondientemente resulta una carga eléctrica reducida de la pila de combustible con una recepción menor del combustible. Puesto que la aplicación de presión de la pila de combustible del lado de entrada es el resultado del equilibrio del combustible generado en ese momento por el reformador y emitido por la pila de combustible, la aplicación de presión de la pila de combustible del lado de entrada puede realizarse por una adaptación de la recepción de combustible por la pila de combustible a la producción de combustible del reformador. Si se utiliza para esta adaptación como magnitud de regulación la emisión de potencia eléctrica de la pila de combustible, se puede regular correspondientemente la presión de la pila de combustible del lado de entrada. Esta regulación resulta muy segura ya que la conversión de materia de la pila de combustible puede ser adaptada claramente de forma más rápida, cuando cambia la producción de combustible de un reformador habitual. Desviaciones de la presión teórica se pueden compensar, por tanto, muy rápidamente. En particular, la aplicación de presión de la pila de combustible del lado de entrada puede ser regulada a un valor de presión constante, con lo que está garantizado un funcionamiento estable de la pila de combustible, como se describió antes. Un procedimiento comparable para la gestión de redes híbridas como se emplean en caso de generación de corriente alternativa en tierra, pertenece sustancialmente al estado de la técnica del documento WO 2009/015331 A1 publicado posteriormente.

40 Preferiblemente se provee a la transferencia del combustible a la pila de combustible de un volumen de almacenamiento como acumulador intermedio. Esto posibilita un funcionamiento seguro de la pila de combustible incluso en caso de una conversión de materia oscilante del reformador. Un reformador usual, como es conocido en sí, por ejemplo durante el proceso de inicio, puede presentar fases con una producción solo irregular, antes de que se ajusten condiciones de funcionamiento estables. Por el volumen de almacenamiento puede ser compensada, por tanto, una producción de combustible del reformador no continua, de manera que está garantizado un suministro de combustible estable de la pila de combustible y, por tanto, también una alimentación de energía estable a la red eléctrica. En comparación con un acumulador intermedio para el combustible en forma de gas para la compensación de variaciones de la carga de red, el volumen de almacenamiento puede ser diseñado notablemente menor en el procedimiento según la invención.

55 En una realización ventajosa del procedimiento según la invención que, sin embargo, puede ser empleado también de forma independiente, la potencia eléctrica de la pila de combustible puede ser controlada mediante al menos un regulador de corriente continua dispuesto entre la pila de combustible y la red. El regulador de corriente continua controla la emisión de potencia de la pila de combustible mediante el control de la tensión continua de salida. La función de regulación del regulador de corriente continua es empleada en el procedimiento según la invención para distribuir de forma adecuada la potencia requerida por la red eléctrica, que típicamente sufre oscilaciones y saltos, a la pila de combustible y al acumulador eléctrico. Si es conectado el regulador de corriente continua entre la pila de combustible y la red eléctrica, entonces la carga de la pila de combustible se realiza a través del regulador de corriente continua. Con ello, mediante un ajuste correspondiente del regulador de corriente continua puede ser controlada la emisión de potencia eléctrica a través de la pila de combustible. De forma correspondiente la posición del regulador de corriente continua determina aquella porción de la potencia eléctrica que es alimentada por la pila de combustible a la red eléctrica. La diferencia de la potencia eléctrica requerida por la red eléctrica y la potencia

eléctrica suministrada por la pila de combustible es completada desde el acumulador eléctrico, en el caso del suministro de energía de un submarino, preferentemente de la batería principal del submarino. Ventajosamente el regulador de corriente continua es accionado de tal modo que la emisión de potencia de la pila de combustible es determinada por la conversión de materia del reformador y no la cambia más rápidamente de lo que puede ser modificada la conversión de material del reformador en caso de funcionamiento estable. Por el contrario, oscilaciones y saltos de la potencia de red requerida pueden ser compensados de forma considerablemente más rápida por el acumulador eléctrico. Ventajosamente en el caso de una conexión de este tipo no es necesario diseñar el nivel de tensión de la pila de combustible idéntico al nivel de tensión de la red eléctrica, ya que se realiza una adaptación de las situaciones de tensión mediante el regulador de corriente continua.

Alternativamente, para el control de la potencia eléctrica de la pila de combustible el regulador de corriente continua puede ser conectado entre el acumulador eléctrico y la red eléctrica. En el caso de suministro de energía de un submarino en cuanto al acumulador eléctrico se trata preferentemente de una batería adicional a la batería principal. También en esta configuración el acumulador eléctrico emite la potencia proporcionada en exceso por la pila de combustible y alimenta la red en caso de que la potencia de la pila de combustible sea deficitaria. Con ello la carga de la pila de combustible es controlada indirectamente por medio del regulador de corriente continua, ya que la carga del acumulador eléctrico provoca una descarga de la pila de combustible o una descarga del acumulador eléctrico provoca una carga de la pila de combustible. En este circuito de forma ventajosa la red eléctrica es alimentada directamente por la pila de combustible. Con ello la carga base liberada por la pila de combustible no tiene que ser distribuida por un regulador de corriente continua, de manera que la potencia de la pila de combustible no se reduce por el grado de eficacia del regulador de corriente continua. Entonces únicamente la porción dinámica de la potencia proporcionada está sujeta a la distribución a través del regulador de corriente continua y correspondientemente a las pérdidas de potencia provocadas por su grado de eficacia.

Además con las dos disposiciones del regulador de corriente continua descritas puede ser controlada la potencia eléctrica de la pila de combustible incluso si la pila de combustible se le proporciona combustible, por ejemplo hidrógeno, desde otra fuente que no sea el reformador.

Además es ventajoso si por medio del control de la alimentación del carburante al reformador es regulada a cero o a un valor predeterminado la diferencia de potencia entre la pila de combustible y la carga de red. Si se desvía la potencia de la pila de combustible de la potencia requerida por la red, entonces la alimentación de carburante al reformador es modificada correspondientemente. Por el rendimiento de materia modificado del reformador cambia consiguientemente la recepción del combustible por la pila de combustible, y por tanto también la potencia eléctrica de la pila de combustible. Si la diferencia de potencia entre la pila de combustible y la carga de red es regulada a cero, entonces la potencia eléctrica de la pila de combustible es adaptada de forma ideal a la potencia requerida por la red. En esta situación el acumulador eléctrico debe compensar únicamente oscilaciones y/o saltos breves de la potencia requerida por la red eléctrica. En el promedio temporal el acumulador eléctrico mantiene su estado de carga.

En particular en la configuración con el regulador de corriente continua conectado entre el acumulador eléctrico y la red eléctrica, y la pila de combustible conectada directamente a la red eléctrica puede, no obstante, ser también necesario o conveniente variar el estado de carga del acumulador eléctrico: por ejemplo puede ser deseable cargar el acumulador eléctrico precisamente a la mitad de su capacidad máxima para contar con un margen igualmente alto tanto para la emisión de potencia como para la recepción de potencia en la compensación de la potencia de la pila de combustible. También puede valer la pena mantener permanentemente un estado de carga determinado del acumulador eléctrico para maximizar su duración. Además puede ser necesario, por ejemplo en caso de avería del regulador de corriente continua, accionar la pila de combustible con una carga nominal hasta que el acumulador eléctrico esté completamente cargado para a continuación alimentar la potencia solo desde el acumulador a la red eléctrica. Para conseguir tal estado de carga deseado el acumulador eléctrico debe ser cargado o descargado correspondientemente.

La carga o descarga del acumulador eléctrico puede conseguirse si mediante el control de la alimentación de carburante al reformador es regulada la diferencia de potencia entre la pila de combustible y la carga de red a un valor predeterminado y que se desvía de cero. La potencia excedente o deficitaria de la pila de combustible conduce entonces a una carga o descarga del acumulador eléctrico. Además el valor predeterminado al que es regulada la diferencia de la potencia entre la pila de combustible y la potencia requerida por la red también está sometido a variaciones temporales definidas. Por ejemplo para un cierto tiempo de duración esta diferencia puede ser regulada de manera que se ajuste un estado de carga determinado del acumulador eléctrico. Cuando se ha conseguido este estado de carga la diferencia puede ser modificada a cero o regulada a una diferencia dependiente del tiempo adecuada para la conservación del estado de carga. Además puede ser conveniente modificar el estado de carga del acumulador eléctrico entre dos estados de carga para alargar su duración.

En particular en la configuración con el regulador de corriente continua conectado entre el acumulador eléctrico y la red eléctrica, y la pila de combustible conectada directamente a la red eléctrica puede ser ventajoso emplear como acumulador eléctrico al menos una batería recargable. Alternativamente como acumulador eléctrico puede ser empleado al menos un supercondensador. Este último tiene la ventaja de que puede ser cargado y descargado de forma especialmente rápida y presenta una duración cíclica muy grande. Junto con un regulador de corriente

continua controlable rápidamente pueden ser compensadas en el momento oportuno variaciones inconstantes de la carga de red, de manera que el combustible no está sometido a variaciones de carga inconstantes. Con ello está garantizado un funcionamiento estable de la pila de combustible.

5 Preferiblemente en el procedimiento la diferencia de potencia eléctrica entre la pila de combustible y la carga de red es determinada por medición de la corriente de carga y descarga del acumulador eléctrico. La corriente de carga o descarga del acumulador eléctrico representa así un parámetro muy fácil de determinar para la diferencia de potencia eléctrica entre la pila de combustible y la carga de red, ya que precisamente esta diferencia es compensada por la carga o descarga del acumulador eléctrico. En una forma de realización sencilla del procedimiento según la invención puede ya ser suficiente determinar únicamente la dirección del flujo de corriente al o fuera del acumulador  
10 eléctrico como magnitud de regulación. Alternativamente, la diferencia de potencia eléctrica entre la pila de combustible y la carga de red puede ser determinada por la medición de al menos un parámetro de funcionamiento del regulador de corriente continua, ya que el regulador de corriente continua distribuye esta diferencia de potencia precisamente al acumulador eléctrico. Según el diseño puede ser medida por ejemplo la corriente de entrada o de salida del regulador de corriente continua.

15 Preferiblemente en el procedimiento la alimentación del carburante al reformador está limitada por arriba a un valor por debajo de la carga máxima posible de la pila de combustible. Con ello puede evitarse que la presión aplicada a la pila de combustible suba de forma descontrolada cuando por un lado la pila de combustible trabaja a carga completa y simultáneamente la carga de red es mayor que la capacidad de carga de la pila de combustible. Con el límite de alimentación el reformador ya no puede generar más hidrógeno del que es consumido por la pila de  
20 combustible. La limitación de la alimentación del carburante al reformador puede realizarse por ejemplo de manera que la presión sea monitorizada en una conducción que transporta el combustible desde el reformador a la pila de combustible, y dependiendo de esta presión, por ejemplo al alcanzarse un valor teórico, es reducida la alimentación de carburante al reformador.

25 Preferiblemente en el procedimiento la alimentación del combustible desde el reformador a la pila de combustible está limitada por arriba a un valor por debajo de la carga máxima posible de la pila de combustible. Con ello, por limitaciones de carga pueden ser detectadas restricciones de carga para la carga del reformador como pueden resultar por ejemplo por avería de parte de la pila de combustible o del regulador de corriente continua.

30 Un dispositivo para la realización del procedimiento descrito anteriormente para el suministro de energía de una red eléctrica de un submarino por medio de una la pila de combustible presenta al menos una pila de combustible que abastece una red eléctrica, un reformador que alimenta la pila de combustible y un acumulador eléctrico. El acumulador eléctrico está conectado de tal modo que en caso de una carga de red por debajo de la potencia de la pila de combustible, carga la pila de combustible y en caso de una carga de red por encima de la potencia de la pila de combustible, alimenta la red eléctrica. El dispositivo presenta además una regulación que controla la alimentación del carburante al reformador dependiendo de la potencia de carga del acumulador eléctrico.

35 Preferiblemente el dispositivo presenta al menos un regulador de corriente continua por medio del cual la pila de combustible o el acumulador eléctrico están unidos a la red eléctrica. Mediante el regulador de corriente continua se puede distribuir de forma adecuada la potencia requerida por la red eléctrica a la pila de combustible y al acumulador eléctrico, como ya fue expuesto en el procedimiento según la invención.

40 La invención se explica en detalle a continuación en virtud de ejemplos de realización representados en el dibujo. Muestran:

Fig. 1, un esquema de circuito básico de un dispositivo para el suministro de energía de una red eléctrica de un submarino mediante al menos una pila de combustible, y

Fig. 2, un esquema de circuito básico de un dispositivo alternativo para el suministro de energía de una red eléctrica de un submarino mediante al menos una pila de combustible.

45 El esquema de circuito básico representado de forma simplificada en la Fig. 1 de un dispositivo para el suministro de energía de una red eléctrica de un submarino mediante una pila de combustible muestra a modo de ejemplo una pila de combustible 5 que representa una pluralidad de pilas de combustible o grupos de pilas de combustible y que es abastecida con energía eléctrica por medio de un consumidor 15 conectado a una red eléctrica de a bordo 10 de un submarino. La pila de combustible 5 está asimismo unida a un reformador 20 que alimenta hidrógeno a la pila de  
50 combustible 5 a través de una conducción 25. La presión en la conducción 25 es reducida mediante un reductor de presión 30 y así adaptada a las condiciones de funcionamiento de la pila de combustible 5. Para la generación de hidrógeno el reformador 20 es abastecido con carburante, aquí diesel, desde un tanque 35 de carburante. Aunque también se pueden emplear otros carburantes, como por ejemplo etanol o metanol.

55 La potencia eléctrica generada de esta forma es alimentada a la red de abordó 10, pero puede desviarse de los requerimientos de potencia del consumidor 15 en ese momento. Oscilaciones y/o saltos en estos requerimientos de potencia son compensados por una batería recargable 40 como acumulador eléctrico. Como acumulador eléctrico sirve en este ejemplo de realización la batería principal 40 del submarino. La batería 40 recibe para ello la potencia proporcionada en exceso por la pila de combustible 5 de la red de a bordo 10 cuando la potencia de la pila de

combustible 5 sobrepasa los requerimientos de potencia del consumidor 15. Así la batería 40 es descargada correspondientemente. Cuando la potencia de la pila de combustible 5 no es suficiente en un momento dado para el abastecimiento del consumidor 15, la batería 40 emite potencia a la red de a bordo 10. Esta compensación de las variaciones de la carga de red es controlada por un regulador de corriente continua 45 por medio del cual la pila de combustible 5 está conectada a la red de a bordo 10. Con ello la red eléctrica 10 con los consumidores 15 conectados carga la pila de combustible 5 por tanto no directamente sino a través del regulador de corriente continua 45. El regulador de corriente continua 45, como se describe también después, es controlado de manera que la presión en la conducción 25 se mantiene constante, por lo que la pila de combustible 5 recibe combustible precisamente con la velocidad con la que el reformador 20 genera combustible. Por tanto, la pila de combustible 5 es cargada por el regulador de corriente continua precisamente como corresponde a la provisión de combustible a través del reformador 20, mientras que son compensadas variaciones rápidas de la carga por medio de la batería 40.

Para adaptar la potencia del dispositivo de suministro de energía a la potencia de red requerida por los consumidores 15, la potencia de la pila de combustible 5 es comparada con la red de carga. Esta comparación se realiza por una medición del flujo de corriente entre la red de a bordo 10 y la batería 40 con un medidor de corriente 50. La corriente medida es comparada con un valor de corriente teórico 55 y dado como magnitud de regulación a una regulación 60 para la alimentación de carburante. Esta regulación 60 controla a través de una bomba 65 el suministro de carburante del reformador 20 desde el tanque 35 de carburante. Así, dependiendo de la diferencia de potencia entre la pila de combustible y la carga de red es ajustada la alimentación de carburante al reformador 20 y, por tanto, también la potencia de la pila de combustible 5.

Para poder garantizar un funcionamiento estable del reformador 20 y la pila de combustible 5, en el dispositivo de suministro de energía está integrada una regulación de presión que mantiene constante la presión en la conducción 25 que lleva el hidrógeno. Para ello es determinada con un medidor de presión 70 la presión real en la conducción 25 y comparada con una presión teórica 75. La desviación de presión medida forma la magnitud de regulación para un regulador de presión 80 que controla el regulador de corriente continua 45 dependiendo de esta desviación de presión. Puesto que la pila de combustible 5 y el regulador de corriente continua 45 pueden ser controlados casi sin demora, la presión en la conducción 25 que lleva el hidrógeno puede ser regulada con mucha seguridad a la presión teórica, ya que desviaciones de la presión teórica pueden ser reguladas por un control compensador en el momento oportuno. Por esta regulación segura de la presión del hidrógeno la presión teórica en la conducción 25 puede ser reducida, de manera que se eleva el grado de eficacia del reformador 20. Además, en la conducción 25 está dispuesto un volumen de almacenamiento suficientemente grande (no mostrado en la representación), de manera que en el caso de un reformador 20 que funciona inicialmente o entremedias sólo por lotes es posible una aplicación de presión constante en el lado de entrada de la pila de combustible 5. Así este volumen de almacenamiento está diseñado claramente menor del que sería posible en el caso de un volumen de almacenamiento para hidrógeno en forma de gas para la compensación de variaciones de la carga de red.

Además del regulador de presión 80 el dispositivo de suministro de energía contiene también un limitador de presión 85 que limita por arriba la presión en la conducción 25 que lleva el hidrógeno. El limitador de presión 85 impide que el reformador 20 proporcione más hidrógeno del que la pila de combustible 5 pueda consumir, caso de que la carga de red sobrepase la potencia máxima de la pila de combustible. Con ello se evita una subida no controlada de la presión en la conducción 25. Así el limitador de presión 85 a través de la bomba 65 de carburante reduce la alimentación de carburante desde el tanque 35 de carburante al reformador 20, de manera que la conversión de materia del reformador 20 se reduce. Con ello el limitador de presión 85 reduce la presión en la conducción 25 hasta que esta alcance nuevamente la presión teórica 75.

Además el dispositivo de suministro de energía presenta un limitador de potencia 90 que mide la potencia alcanzable que puede ser proporcionada por la pila de combustible 5 y el regulador de corriente continua 45 y en base a estos valores controla la bomba 65 de combustible. Con ello puede ser limitada la alimentación de carburante al reformador 20, en caso de que se reduzca la potencia máxima alcanzable del dispositivo de suministro de energía. Tales disminuciones pueden ser provocadas por ejemplo por avería de piezas de la pila de combustible 5 o del regulador de corriente continua 45. En este caso el limitador de potencia 90 impide que la unidad de regulación para la alimentación de carburante 60 siga aumentando la alimentación de carburante para elevar la potencia de la pila de combustible 5, aunque debido a la avería parcial no pueda ser alimentada una potencia eléctrica elevada a la red eléctrica 10.

En la figura 2 está representado el esquema de circuito básico de otro dispositivo para el suministro de energía de una red eléctrica 10 de un submarino por medio de una pila de combustible 5. La red eléctrica 10 está asimismo realizada como una red eléctrica de a bordo 10 de baterías principales 40 de un submarino, a las que están conectados al menos un generador 105 y un consumidor 15. El suministro de energía se realiza a través de una pila de combustible 5 que es abastecida de hidrógeno por un reformador 20 a través de una conducción 25 que lleva hidrógeno. El reformador 20 es abastecido de carburante desde un tanque 35 de carburante. Además el dispositivo de suministro de energía presenta una conducción de oxígeno 110 para la pila de combustible 5 y el reformador 20, a través de la cual es alimentado el oxígeno necesario para las reacciones químicas respectivas. La pila de combustible 5 está unida directamente a la red eléctrica 10 por medio de un diodo 115, ya que en esta realización se evitan corrientes de retorno a la pila de combustible 5 que podrían conllevar daño a la pila de combustible 5. En

5 paralelo a pila de combustible 5 está conectado a la red eléctrica de a bordo 10 un acumulador eléctrico adicional en forma de una batería recargable 42. Asimismo la batería 42 está conectada a la red eléctrica 10 no directamente sino a través de un regulador de corriente continua 45. El regulador de corriente continua distribuye a través del consumidor 15 la carga de la red eléctrica de a bordo 10, de tal modo a la pila de combustible 5 y al acumulador eléctrico 42 que la potencia eléctrica de pila de combustible 5 sigue a la producción de combustible del reformador 20, mientras que variaciones rápidas de la carga de red pueden ser compensadas por la batería 42 que actúa como tampón.

10 La batería 42 compensa oscilaciones y/o saltos en el requerimiento de potencia a través de la red eléctrica 10. Si la potencia requerida por la red eléctrica de a bordo 10 está por debajo de la potencia proporcionada por pila de combustible 5, entonces pila de combustible 5 emite su potencia excedente a la batería 42, en la que a través del diodo 115 fluye una corriente de carga correspondiente para cargar la batería 42. A la inversa, la batería 42 puede descargarse a la red eléctrica 10 cuando el requerimiento de potencia de la red eléctrica 10 sobrepase la potencia de carga suministrada de pila de combustible 5. En este ejemplo de realización el regulador de corriente continua 45 está realizado para un funcionamiento bidireccional, ya que la transferencia de potencia puede realizarse en ambas direcciones por medio del regulador de corriente continua 45. Cuando la pila de combustible 5 carga la batería 42 con una potencia que sobrepasa la carga de red, el regulador de corriente continua 45 transfiere la potencia en la dirección de la batería 42. Cuando por el contrario la potencia de la pila de combustible está por debajo de la carga de red, el regulador de corriente continua 45 transfiere la potencia de la batería 42 también a la red. Para la adaptación del reformador 20 a la potencia requerida por los consumidores 15 a través de la red eléctrica 10 son comparadas entre sí la demanda de potencia de la red 10 y la oferta de potencia de la pila de combustible 5.

25 Para este fin, entre la red eléctrica y la batería 42 conectada en paralelo con el regulador de corriente continua 45 está dispuesto un medidor de corriente 50 que mide el flujo de corriente entre la pila de combustible 5 y el regulador de corriente continua 45 y, por tanto, entre la pila de combustible 5 y la batería 42 o entre la red eléctrica 10 y el regulador de corriente continua 45 y, por tanto, entre la red eléctrica 10 y la batería 42. El valor de comparación obtenido de esta forma es transmitido a una regulación de la alimentación de carburante 60 que controla una bomba 65 de carburante para adaptar el suministro desde el tanque 35 de carburante. Así, la emisión de potencia de la pila de combustible 5 sigue a la conversión de materia del reformador 20. La pila de combustible 5 y el reformador 20 son de este modo sincronizados regulándose la presión en la conducción 25 a un valor constante. Para ello el medidor de presión 70 transfiere a un regulador de presión 80 el valor de presión actual. Este controla el regulador de corriente continua 45 que ajusta la potencia eléctrica de la pila de combustible 5 de tal modo que la presión en la conducción 25 es regulada a un valor teórico constante. Mediante la aplicación de presión constante a la tubería 25 la velocidad de recepción de combustible por la pila de combustible 5 corresponde a la velocidad de producción de combustible por el reformador 20. Con ello, por medio de la bomba 65 de carburante puede ser regulada la potencia eléctrica de la pila de combustible 5. Si la carga de red sobrepasa el rango de potencia nominal de la pila de combustible, entonces dependiendo de la tensión de la batería principal 40 es completada la potencia necesaria adicional por medio de un diodo 120 de batería principal.

40 Por tanto, también en este ejemplo un acumulador eléctrico 42 compensa breves fluctuaciones y/o variaciones de la carga de red mientras que variaciones más a largo plazo de la carga base son compensadas por adaptación de la producción del reformador y, por tanto, de la potencia de la pila de combustible. Una ventaja de esta forma de realización consiste en que la carga base de la red eléctrica de a bordo 10 puede ser proporcionada directamente a través de la pila de combustible 5. Con ello, la carga base no tiene que ser distribuida a través del regulador de corriente continua 45. De forma correspondiente puede evitarse que la potencia eléctrica de la pila de combustible 5 sea reducida por el grado de eficacia del regulador de corriente continua 45 antes de la alimentación a la red eléctrica de a bordo 10.

50 Esta realización puede además seguir funcionando en un modo de emergencia cuando el regulador de corriente continua 45 falla. Para ello es necesario únicamente que pueda ser usada al menos una batería principal 40. En tal caso de emergencia el reformador 20 y la pila de combustible 5 son accionados con la carga nominal hasta que la batería principal 40 esté completamente cargada. El diodo 120 de la batería principal debe así ser salvado por el interruptor 130. Entonces el reformador 20 puede ser mantenido en un estado de espera y la pila de combustible 5 ser separada de la red 10. Con ello toda la red eléctrica de a bordo 10 es abastecida por la batería principal 100. Al alcanzarse un estado de descarga predeterminado de la batería principal 40, el reformador 20 es puesto otra vez a funcionar con la carga nominal y la pila de combustible 5 es conectada de nuevo.

**Lista de símbolos de referencia**

- 55 5 Pila de combustible
- 10 Red eléctrica de a bordo de un submarino como red eléctrica
- 15 Consumidor
- 20 Reformador

## ES 2 400 030 T3

	25	Conducción
	30	Reductor de presión
	35	Tanque de carburante
	40	Batería principal
5	42	Batería como acumulador eléctrico adicional
	45	Regulador de corriente continua
	50	Medidor de corriente
	55	Referencia de corriente
	60	Regulación para la alimentación de carburante
10	65	Bomba de carburante con motor controlable
	70	Medidor de presión
	75	Referencia de presión
	80	Regulador de presión
	85	Limitador de presión
15	90	Limitador de potencia
	105	Generador
	110	Conducción de oxígeno
	115	Diodo
	120	Diodo de batería principal
20	130	Interruptor



**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el suministro de energía de un submarino, en el que es suministrada energía a una red eléctrica (10) mediante al menos una pila de combustible (5), en el que la al menos una pila de combustible (5) es alimentada por al menos un reformador (20), en el que al menos un acumulador eléctrico (40; 42) recibe potencia de la al menos una pila de combustible (5) cuando la potencia de la pila de combustible (5) sobrepasa la carga de red y emite potencia cuando la potencia de la pila de combustible (5) es inferior a la carga de red, y en el que la alimentación de carburante al reformador (20) es controlada dependiendo de la emisión y recepción de potencia desde o al acumulador (40; 42), caracterizado porque a la pila de combustible (5) por el lado de entrada se le aplica una presión constante y porque para la regulación de la aplicación de presión a la pila de combustible (5) por el lado de entrada es empleada como magnitud de regulación su emisión de potencia eléctrica.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la potencia eléctrica de la pila de combustible (5) es controlada mediante al menos un regulador de corriente continua (45) dispuesto entre la pila de combustible (5) y la red (10).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la potencia eléctrica de la pila de combustible (5) es determinada mediante al menos un regulador de corriente continua (45) dispuesto entre el acumulador eléctrico (40; 42) y la red (10).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque mediante el control de alimentación del carburante al reformador (20) es regulada a cero o a un valor predeterminado la diferencia de potencia entre la pila de combustible (5) y la carga de red.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque como acumulador eléctrico (40, 42) es empleada al menos una batería eléctrica recargable.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque como acumulador eléctrico (40, 42) es empleado al menos un supercondensador.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la diferencia de potencia eléctrica entre la pila de combustible (5) y la carga de red es determinada por medición de la corriente de carga o descarga del acumulador eléctrico (40; 42).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la diferencia de potencia eléctrica entre la pila de combustible (5) y la carga de red es determinada por medición de al menos un parámetro de funcionamiento del regulador de corriente continua (45).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la potencia eléctrica de la pila de combustible (5) está limitada por arriba a un valor por debajo de la carga máxima posible.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la alimentación de combustible del reformador (20) a la pila de combustible (5) está limitada por arriba a un valor por debajo de la carga máxima posible de la pila de combustible (5).

35

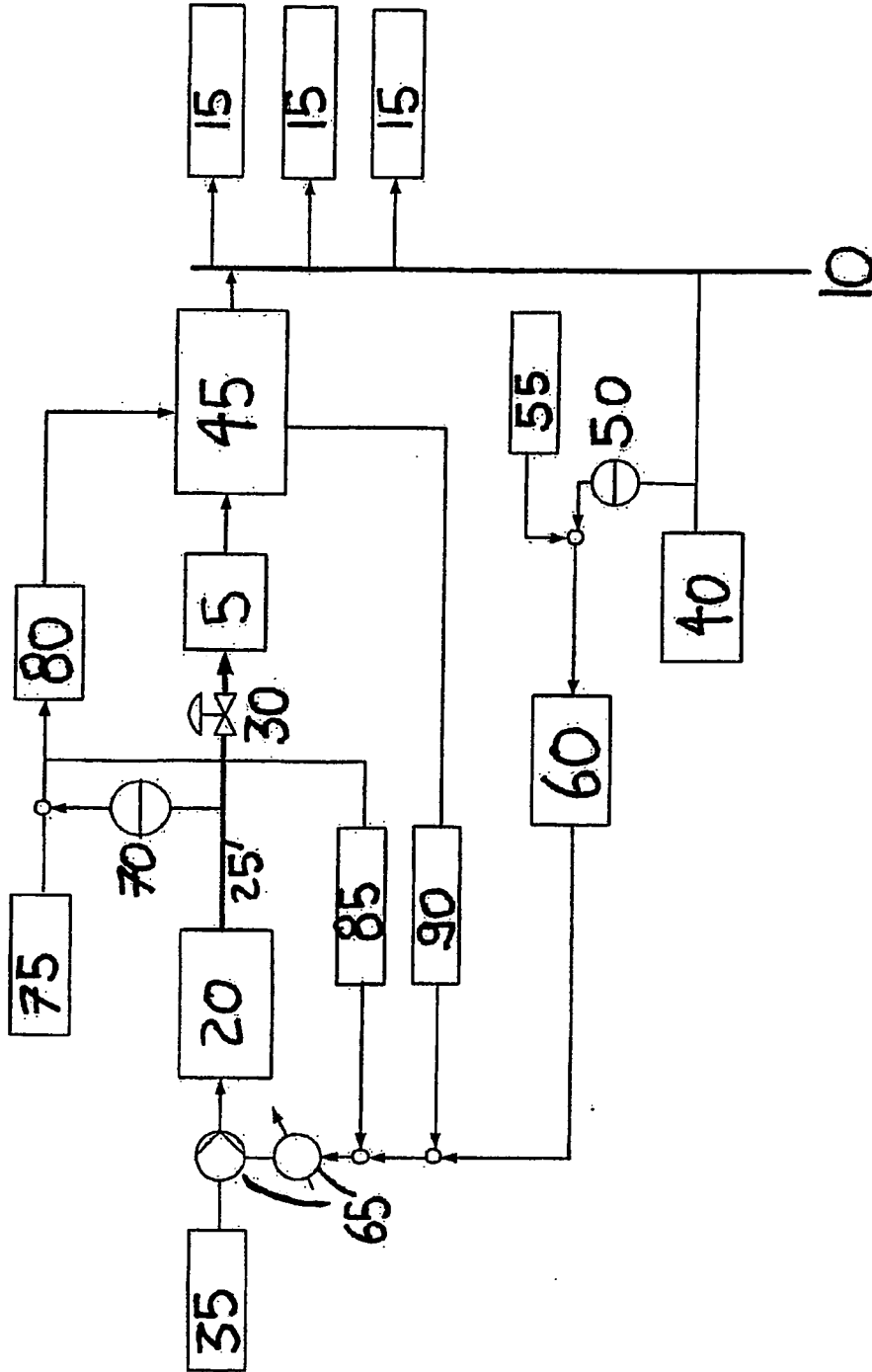


FIG 1

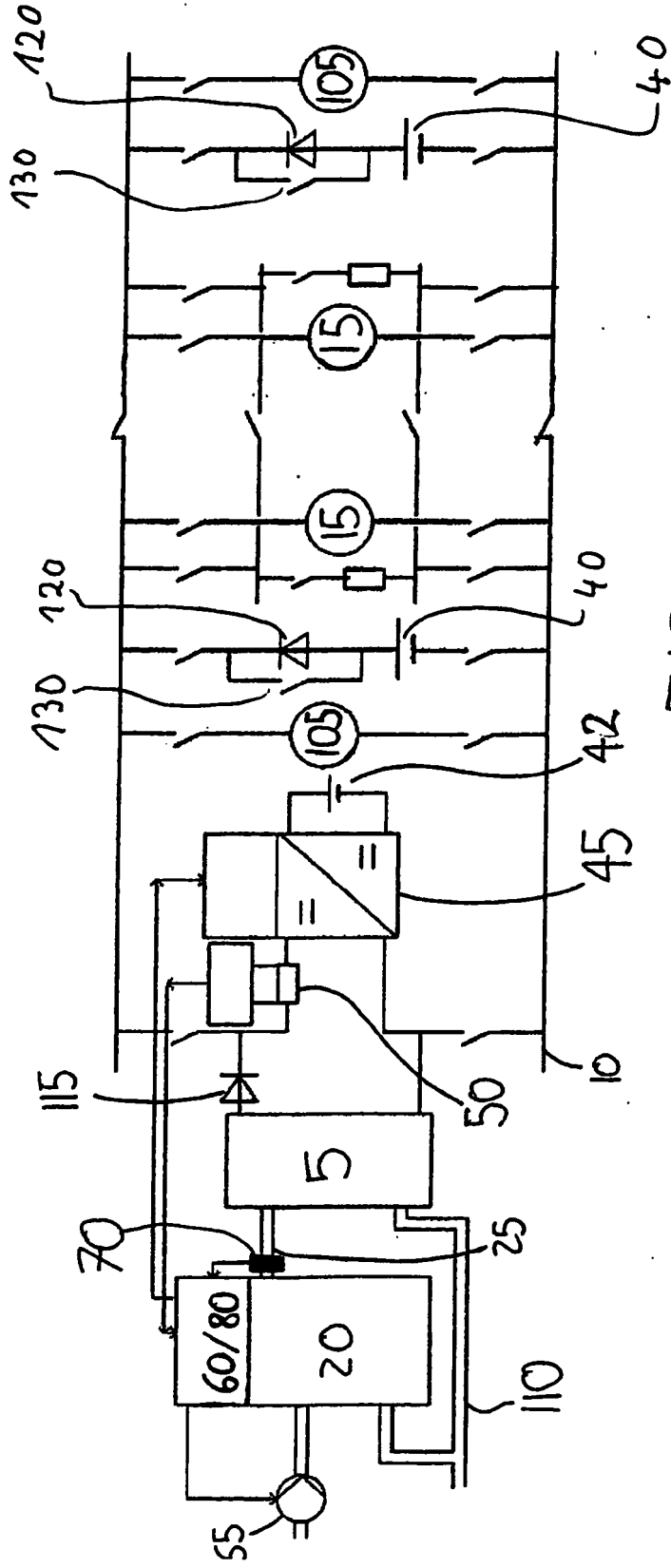


FIG 2