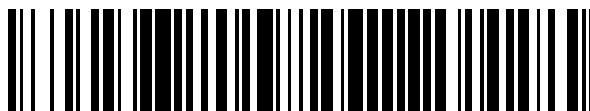


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 137**

51 Int. Cl.:

**H02J 7/14** (2006.01)  
**H02J 7/34** (2006.01)  
**H01M 8/04** (2006.01)  
**B60L 11/18** (2006.01)  
**H01M 16/00** (2006.01)  
**B60L 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2011** **E 11707790 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016** **EP 2539989**

54 Título: **Sistema de accionamiento y máquina de trabajo**

30 Prioridad:

**23.02.2010 DE 102010008917**

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

**11.10.2016**

73 Titular/es:

**LIEBHERR-COMPONENTS BIBERACH GMBH  
(100.0%)  
Hans-Liebherr-Strasse 45  
88400 Biberach an der Riss, DE**

72 Inventor/es:

**MAHDAVI TABATABAEI, NEJAT**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 586 137 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 y máquina de trabajo

5 La presente invención hace referencia a un sistema de accionamiento con recuperación de energía para accionar una máquina de trabajo, donde el sistema de accionamiento presenta al menos una unidad de celdas de combustible, al menos una unidad de almacenamiento de energía capacitiva y al menos un motor de accionamiento. Además, la presente invención hace referencia a una máquina de trabajo con un sistema de accionamiento de esa clase.

10 Las máquinas de trabajo conocidas actualmente, en particular las grúas, presentan por lo general un sistema de accionamiento que se compone al menos de un motor de accionamiento para operar un mecanismo elevador, así como para accionar un tren de conducción. Para el suministro de energía del sistema de accionamiento se dispone de una unidad de generador diésel que se utiliza como fuente de energía primaria.

15 Los sistemas de accionamiento que presentan una unidad de celdas de combustible como fuente de energía se utilizan actualmente en el área de los vehículos a motor. En lugar del motor de combustible se utiliza una celda de combustible que abastece de energía al motor eléctrico del sistema de accionamiento. Para recuperar la energía se dispone de un almacenador de energía para almacenar la energía recuperada. A modo de ejemplo, la energía cinética del vehículo, durante el proceso de frenado, mediante el motor eléctrico que funciona como generador, se transforma en energía eléctrica y es absorbida por el almacenador de energía eléctrica. Con frecuencia, el almacenador de energía eléctrica no sólo se utiliza para almacenar la energía eléctrica, sino que más bien debe respaldar la celda de combustible en el caso de presentarse picos de tensión o picos de carga. Para ello, la celda de combustible y el almacenador de energía eléctrica se encuentran conectados respectivamente a un equipo auxiliar de accionamiento, mediante un convertidor CC/CC.

20

La solicitud US2002172847 hace referencia a un sistema de suministro de corriente de celda de combustible con una celda de combustible y un condensador que se encuentran conectados de forma paralela uno con respecto a otro.

25 En la solicitud US2003118876 se describe un dispositivo de suministro de energía con celda de combustible y condensador. El dispositivo de suministro de energía contiene un sistema de celdas de combustible, un condensador y una batería secundaria que están conectados paralelamente con un cableado.

30 En las solicitudes JP2006236619 y JP006318818 se describe un dispositivo de suministro de energía de celda de combustible con una celda de combustible y un condensador, los cuales se encuentran conectados paralelamente a la celda de combustible.

La solicitud US2006127704 hace referencia a un sistema de celdas de combustible que utiliza un condensador y una batería que se encuentran acoplados eléctricamente en serie uno con otro, así como se encuentran conectados paralelamente a una pila de celdas de combustible en una línea bus de potencia.

35 El objeto de la presente invención consiste en simplificar un sistema de accionamiento conocido a través de medidas adecuadas, con un diseño conveniente en cuanto a los costes. Además, el objeto de la presente invención consiste en perfeccionar una máquina de trabajo conocida para posibilitar un funcionamiento más económico y más beneficioso con respecto al medio ambiente.

40 El objeto mencionado se alcanzará a través de un sistema de accionamiento con recuperación de energía para accionar una máquina de trabajo con las características de la reivindicación 1. Conforme a ello, el sistema de accionamiento presenta al menos una unidad de celdas de combustible, al menos una unidad de almacenamiento de energía capacitiva y al menos un motor de accionamiento. Para realizar la recuperación de energía se proporciona una conexión paralela de la unidad de celdas de combustible y de la unidad de almacenamiento de energía, donde los componentes de la conexión paralela abastecen de energía al motor de accionamiento opcionalmente de forma simultánea o separada.

45 La unidad de acumulación de energía eléctrica se proporciona para la recuperación de energía. Si el sistema de accionamiento acorde a la invención se utiliza como accionamiento para una grúa, entonces una recuperación de energía puede lograrse durante el descenso de una carga afirmada. Para ello, el motor de accionamiento del elevador funciona como un generador que, durante el descenso de la carga, carga la unidad de almacenamiento de energía eléctrica. La recuperación de energía es posible también a partir de un proceso de frenado de la grúa. El suministro de energía del motor de accionamiento de la grúa acorde a la invención puede tener lugar completamente o al menos de forma parcial desde la unidad de almacenamiento de energía.

50

5 Es posible que la unidad de celdas de combustible sólo suministre energía al motor de accionamiento en momentos con picos de carga elevados, a modo de un respaldo. Preferentemente, es posible una realización inversa, donde la unidad de almacenamiento de energía se proporciona como fuente de energía soporte. Además, puede preverse que la unidad de almacenamiento de energía, en particular durante pausas de funcionamiento del sistema de accionamiento, pueda ser cargada mediante la unidad de celdas de combustible.

10 Para realizar la solución acorde a la invención se prescinde de un convertidor CC/CC costoso y de gran volumen para desacoplar recíprocamente las dos fuentes de energía. La unidad de celdas de combustible y la unidad de almacenamiento de energía capacitiva poseen diferentes perfiles de tensión, donde la conexión paralela directa de esas unidades conduce a una carga aumentada de los dos componentes. Las diferentes características de construcción de los dos componentes conducen a que en los componentes se regule una caída de tensión diferente, en particular bajo plena carga. Puesto que las resistencias internas de la unidad de almacenamiento de energía, así como de la unidad de celdas de combustible, son muy reducidas, la diferencia de tensión que se produce entre los dos componentes da como resultado una corriente considerable en la conexión paralela, la cual, eventualmente, provoca daños en los componentes individuales.

15 De acuerdo con la invención, en el sistema de accionamiento se prevé que la unidad de almacenamiento de energía capacitiva esté diseñada de manera que la corriente de carga de la unidad de almacenamiento de energía, así como la corriente generada por la unidad de celdas de combustible, se ubiquen por debajo de un umbral predeterminado. Conforme a ello, por tanto, la unidad de almacenamiento de energía eléctrica está diseñada de modo que la tensión diferencial que se produce entre los dos componentes se reduce al mínimo, en tanto la corriente provocada a través de la tensión, dentro de la conexión paralela, no exceda un valor límite seguro definido. Mediante la disposición de conexión acorde a la invención del sistema de accionamiento puede prescindirse completamente de la utilización de convertidores CC/CC costosos y de gran volumen.

25 Es posible que la unidad de almacenamiento de energía capacitiva sea una unidad de supercondensador. El dimensionamiento de la unidad de condensador para reducir al mínimo la tensión diferencial que se presenta entre las caídas de tensión en la unidad de celdas de combustible y la unidad de condensador está determinado esencialmente por la capacidad de la unidad de condensador utilizada. De acuerdo con ello, la capacidad de la unidad de supercondensador está dimensionada de manera que la corriente de carga que se presenta no sobrepasa un valor máximo admisible.

30 Para evitar la alimentación transversal de energía hacia la unidad de celdas de combustible durante el funcionamiento como generador de los motores de accionamiento, preferentemente un módulo de diodos está conectado en serie con la unidad de celdas de combustible. Alineando los diodos en la dirección de bloqueo se excluye un flujo de corriente desde el motor de accionamiento hacia la unidad de celdas de combustible.

35 Es posible que uno o varios consumidores de energía o almacenadores de energía eléctricos separados se proporcionen dentro del sistema de accionamiento. Los acumuladores de energía o consumidores eléctricos separados sirven para el suministro de cualquier componente eléctrico de la máquina de trabajo que no se encuentra integrado en el sistema de accionamiento. Como ejemplo puede mencionarse una red de a bordo de bajo voltaje. De manera especialmente preferente, el almacenador de energía eléctrica separado de una red de a bordo, a través de un cargador conectado de forma intermedia, es cargado mediante la tensión del circuito intermedio del sistema de accionamiento acorde a la invención. Como tensión del circuito intermedio se entiende la tensión que se aplica entre la conexión paralela y el motor de accionamiento, así como entre los inversores acoplados de forma intermedia.

45 Para impedir daños en el sistema de accionamiento en el caso de una unidad de almacenamiento de energía completamente cargada, de manera ventajosa, se proporciona una resistencia de frenado conmutable que consume la energía eléctrica excedente o que en particular la libera como energía térmica. La resistencia de frenado sólo puede acoplarse en caso necesario a la red de suministro del sistema de accionamiento, mediante una unidad de conmutación conectada de forma intermedia.

50 Se considera conveniente la utilización de una unidad de control central que se encarga del control de la tensión del circuito intermedio generada a través del sistema de accionamiento, para el suministro de los motores de accionamiento. La unidad de control influye en la generación de energía de la unidad de celdas de combustible mediante elementos de ajuste que se encuentran presentes dentro de la unidad de celdas de combustible. De manera especialmente preferente, la unidad de control central está realizada de manera que la regulación de la tensión del circuito intermedio tiene lugar en función del perfil de carga generado a través de los motores de accionamiento. Además, de manera conveniente, otros parámetros de funcionamiento del sistema de accionamiento pueden influir en la regulación realizada, tal como la carga admisible máxima de la unidad de celdas de combustible o el estado de carga actual de la unidad de supercondensador.

55 Para posibilitar un suministro alternativo del sistema de accionamiento acorde a la invención con combustibles sustitutivos, de manera ventajosa, la unidad de celdas de combustible comprende un reformador. Gracias a ello es

posible un suministro de la unidad de celdas de combustible con carburantes tradicionales, en particular con gases que contienen hidrocarburos o líquidos, en lugar del suministro directo de hidrógeno.

Además, la presente invención hace referencia a una máquina de trabajo con un sistema de accionamiento para operar la máquina de trabajo, donde el sistema de accionamiento está realizado según una de las reivindicaciones 1 a 8. La unidad de celdas de combustible para el suministro de energía de la máquina de trabajo posee un grado de eficacia marcadamente mayor que los generadores diesel conocidos. Además, las celdas de combustible de la unidad de celdas de combustible no generan emisiones contaminantes. El nivel de ruido durante el funcionamiento de la máquina de trabajo acorde a la invención se reduce además de forma considerable, ya que la generación de energía de la unidad de celdas de combustible no provoca ningún ruido durante el funcionamiento. El hecho de no utilizar un convertidor CC/CC costoso y de gran volumen implica un ahorro considerable en cuanto a los costes de producción.

Es posible que la unidad de celdas de combustible utilizada represente la fuente de energía primaria del sistema de accionamiento de la máquina de trabajo. Es posible que la máquina de trabajo presente una o varias fuentes de energía alternativa para el abastecimiento del sistema de accionamiento, donde sin embargo la mayor parte de la energía se relaciona con la unidad de celdas de combustible. A diferencia de ello, naturalmente es posible un suministro completo del sistema de accionamiento mediante al menos una unidad de celdas de combustible. De manera especialmente preferente, la unidad de almacenamiento de energía representa la fuente de energía primaria y es respaldada de forma auxiliar a través de la unidad de celdas de combustible durante picos de carga.

En una variante especialmente preferente de la invención la máquina de trabajo es una grúa, en particular una grúa de contenedores o una grúa marítima, la cual presenta un sistema de accionamiento acorde a la invención.

Otras características, particularidades y ventajas de la invención se explican en detalle a través de ejemplos de ejecución representados en los dibujos. Las figuras muestran:

Figura 1: un esquema de conexiones del sistema de accionamiento según el estado del arte;

Figura 2: un esquema de conexiones del sistema de accionamiento acorde a la invención; y

Figura 3: un esquema de conexiones de una posibilidad de ejecución alternativa del sistema de accionamiento acorde a la invención.

La figura 1 muestra un sistema de accionamiento 1 conocido por el estado del arte, con una celda de combustible. En el sistema de accionamiento 1 se proporciona un motor de corriente alterna 30 que acciona una máquina de trabajo o similares. Como fuente de energía primaria se utiliza la unidad de celdas de combustible 20 que, en comparación con una unidad de generador diesel, alcanza un grado de efectividad marcadamente más elevado.

Para la recuperación de energía, el motor de corriente alterna 30 trabaja en el funcionamiento como generador, suministrando la energía obtenida a la unidad de almacenamiento de energía 5 mediante el convertidor CC/CC 7 bidireccional. El inversor 40 acoplado de forma intermedia invierte la tensión continua generada de la unidad de celdas de combustible en la tensión alterna de servicio requerida del motor de corriente alterna 30.

La unidad de celdas de combustible 20, mediante el convertidor CC/CC 6 unidireccional, abastece al motor de corriente alterna 30. En el caso de un consumo de potencia aumentado del motor de corriente alterna 30, la demanda de potencia requerida es cubierta simultáneamente por la unidad de celdas de combustible 20 y la unidad de almacenamiento de energía eléctrica 5. El desacoplamiento recíproco de las dos fuentes de energía se alcanza a través de los inversores CC/CC 6, 7 conectados. Por una parte, la unidad de almacenamiento de energía 5 puede cargarse mediante el motor de corriente alterna 30 en el funcionamiento como generador y, por otra parte, puede preverse que una carga de la unidad de almacenamiento de energía eléctrica 5 tenga lugar durante fases de la grúa determinadas, mediante la conexión de los dos convertidores CC/CC 6, 7; a través de la unidad de celdas de combustible 20.

La unidad de control central 80 se proporciona para controlar el sistema de accionamiento 1. Para ello, la unidad de control 80 obtiene parámetros de funcionamiento internos del sistema de accionamiento 1, los cuales contienen tanto información sobre el estado de carga actual de la unidad de almacenamiento de energía 5, así como también contienen información sobre la tensión del circuito intermedio  $U_{zk}$  que se aplica entre los convertidores CC/CC 6, 7 y el inversor 40. En función de los parámetros mencionados tiene lugar la activación de los elementos de ajuste 90 integrados dentro de la unidad de celdas de combustible 20. Gracias a ello puede influenciarse por ejemplo la tensión continua generada en la salida de la unidad de celdas de combustible 20. Además, la unidad de control 80 prevé una posibilidad de ajuste de los dos convertidores CC/CC 6, 7; así como una influencia sobre el inversor 40, para el funcionamiento del motor de corriente alterna 30.

En la figura 2 puede observarse el sistema de accionamiento 100 acorde a la invención, donde el mismo se utiliza por ejemplo para el accionamiento de una grúa. El sistema de accionamiento 100 representado describe una solución simplificada para una grúa alimentada a través de celdas de combustible, con un sistema de almacenamiento de energía eléctrica, para la recuperación de energía. La configuración sugerida del sistema de accionamiento 100 acorde a la invención se encuentra muy simplificada en comparación con el accionamiento 1 abastecido mediante celdas de combustible de la figura 1, ya que se prescinde de los convertidores CC/CC 6, 7 costosos y de gran volumen. La disposición sugerida según la figura 2 se compone de una unidad de celdas de combustible 20, de una unidad de supercondensador 50, de una resistencia de frenado 70 y de los accionamientos eléctricos 30, 31, 32. Los accionamientos mostrados se encargan por ejemplo del accionamiento del elevador, del tren de conducción o de otros componentes de la grúa.

Los tres motores de accionamiento 30, 31, 32 están realizados como motores de corriente alterna que, mediante los inversores 40, 41, 42; están conectados a la red de corriente continua de la tensión del circuito intermedio  $U_{ZK}$  del sistema de accionamiento 100. La energía necesaria para los accionamiento 30, 31, 32 durante el movimiento de la grúa mediante el tren de conducción de la grúa o una carretilla, o durante el proceso de elevación del elevador, se proporciona principalmente a través de la unidad de supercondensador 50. Todos o una parte de los accionamientos 30, 31, 32 individuales, en el funcionamiento de frenado o durante el descenso de una carga afirmada en el cable de elevación, cargan la unidad de condensador 50, donde los motores de accionamiento 30, 31, 32 funcionan como generadores de energía.

Para proteger los componentes instalados dentro del sistema de accionamiento 100, de manera opcional, la resistencia de frenado 70 puede conectarse mediante el conmutador 80 a la tensión del circuito intermedio del sistema de accionamiento 100, en caso de que la unidad de supercondensador 50 ya esté completamente cargada durante el funcionamiento como generador de los accionamientos 30, 31, 32.

Para impedir la alimentación transversal de energía durante el funcionamiento como generador de los accionamientos 30, 31, 32; el módulo de diodos 60 está conectado en serie a la unidad de celdas de combustible 20. La alineación del módulo de diodos 60 en la dirección de bloqueo impide el flujo de corriente hacia la unidad de celdas de combustible 20.

Además, el cargador 110 sirve para el abastecimiento de una red de a bordo 120 dispuesta de forma externa, la cual se encarga del abastecimiento de cualquier componente de tamaño reducido de la grúa, en particular de la unidad de control 80. Puesto que una red de a bordo 120 de esa clase trabaja generalmente en el rango de bajo voltaje, la batería de la red de a bordo, de la red de a bordo 120, se encuentra conectada a la tensión del circuito intermedio  $U_{ZK}$  del sistema de accionamiento 100 mediante el cargador 110.

La unidad de celdas de combustible 20 y la unidad de supercondensador 50 poseen diferentes perfiles de tensión, por lo cual una conexión paralela directa de esas unidades conduce a una carga aumentada de los dos componentes. Normalmente, en el caso de celdas de combustible se parte de una caída de tensión del 40% de la tensión del circuito intermedio  $U_{ZK}$  durante el funcionamiento a carga plena. Al mismo tiempo, en la unidad de supercondensador 50, durante el funcionamiento a carga plena, se regula una caída de tensión del 50% de la tensión del circuito intermedio  $U_{ZK}$ . Por consiguiente, resulta una diferencia de tensión del 10% entre los dos componentes 20, 50 dentro de la conexión paralela. Las diferencias de tensión de esa clase de fuentes de energía conectadas de forma paralela conducen a corrientes de compensación que, debido a las resistencias internas extremadamente reducidas de la unidad de supercondensador 50 y de la unidad de celdas de combustible 20, provocan un flujo de corriente considerable. Es admisible limitar los valores de corriente que se presentan para evitar daños de los componentes del accionamiento 100 acorde a la invención. De acuerdo con la invención, lo mencionado tiene lugar a través del dimensionamiento adecuado de la unidad de supercondensador 50 utilizada. La diferencia de tensión entre la caída de tensión  $U_{SC}$  en la unidad de condensador 50 durante la carga completa, es decir, en el caso de un condensador cargado a tope, y la caída de tensión  $U_{BZ}$  en la unidad de celdas de combustible 20, se reduce al mínimo. La reducción de la diferencia de tensión que se presenta limita la corriente de carga  $I_{SC}$  generada de la unidad de condensador 50, así como la corriente  $I_{BZ}$  de la unidad de celdas de combustible 20, a un valor máximo admisible.

Para mostrar claramente la adaptación requerida de la unidad de supercondensador 50 se proporciona el siguiente ejemplo. Se pretende el dimensionamiento adecuado de la unidad de condensador 50, la cual, en el estado cargado a fondo de la unidad de condensador 50, provoca una caída de tensión  $U_{SC} = X\% U_{ZK}$  en la unidad de condensador 50. Partiendo de una unidad de celdas de combustible 20 cargada al máximo con una caída de tensión  $U_{BZ} = 60\% U_{ZK}$  resulta la corriente de carga  $I_{SC}$  de la unidad de condensador 50, así como de la corriente  $I_{BZ}$  generada por la unidad de celdas de combustible 20, en base a la ecuación:

$$I_{BZ,SC} = \frac{U_{BZ} - U_{SC}}{R_{BZ} + R_{SC}} = \frac{(60 - X) \times U_{ZK}}{100 \times (R_{BZ} + R_{SC})} \leq I_{BZ,Max}, I_{SC,Max}$$

El factor X representa la caída de tensión que se regula de forma porcentual en la unidad de supercondensador 50. El factor mencionado encierra una dependencia del dimensionamiento de la unidad de supercondensador 50, donde ante todo la capacidad de la unidad de condensador 50 representa un factor de influencia esencial. De acuerdo con ello, el mismo debe definirse de manera que se cumpla la condición antes calculada.

5 Al diseñar la unidad de supercondensador 50 normalmente se parte de la base de que la demanda de energía deseada se cubre con el 75% de la energía almacenada. Dicha condición corresponde a una oscilación de tensión del 50% de la tensión del circuito intermedio  $U_{zk}$ , la cual se regula entre la conexión paralela y el inversor 40, 41, 42 de los motores de accionamiento 30, 31, 32. Si la capacidad de la unidad de condensador 50 se dimensiona de manera que la caída de tensión que se presenta en la unidad de supercondensador 50 a carga plena asciende  
10 aproximadamente al 55% de la tensión del circuito intermedio  $U_{zk}$  y al mismo tiempo se predetermina una tensión en bornes de la unidad de celdas de combustible 20  $U_{Bz} = 60\% U_{zk}$ , entonces se regula una diferencia de tensión mínima entre los dos componentes del 5%. Una disposición de esa clase posibilita un aprovechamiento del 70% de la energía almacenada de forma máxima. El mismo resulta comparativamente reducido en forma mínima en comparación con un rendimiento del 75% con una disposición de conexión según la figura 1, pero se considera  
15 especialmente ventajoso en cuanto al ahorro de costes con respecto a la omisión de los dos convertidores CC/CC 6, 7. En comparación con ello, tampoco se considera desventajoso el aumento de capacidad del 5% requerido de la unidad de supercondensador 50 utilizada.

La regulación de la tensión del circuito intermedio  $U_{zk}$  se realiza a través del control continuo de la unidad de celdas de combustible 20 en función del perfil de carga, de la carga máxima admisible de la unidad de celdas de combustible y del estado de carga de la unidad de supercondensador 50, mediante la unidad de control 80.

Una ejecución alternativa del sistema de accionamiento acorde a la invención se realiza según la figura 3. El esquema de conexiones mostrado del sistema de accionamiento 200 corresponde esencialmente a la ejecución de la figura 2. En lugar del suministro de hidrógeno directo, la unidad de celdas de combustible 20 está equipada con un reformador 130. Gracias a ello, la unidad de celdas de combustible 20 puede operarse con carburantes  
25 tradicionales, como por ejemplo gases o líquidos que contienen hidrocarburos. Además es posible un control del reformador utilizado a través de la unidad de control 80.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de accionamiento (100) con recuperación de energía para accionar una máquina de trabajo, en particular para accionar una grúa, donde el sistema de accionamiento (100) presenta al menos una unidad de celdas de combustible (20), al menos una unidad de almacenamiento de energía (50) capacitiva y al menos un motor de accionamiento (30, 31, 32), y donde la unidad de celdas de combustible (20) y la unidad de almacenamiento de energía (50) se encuentran conectadas de forma paralela y abastecen por lo menos a un motor de accionamiento (30, 31, 32), donde la unidad de celdas de combustible (20) y la unidad de almacenamiento de energía (50) están acopladas directamente una a la otra y con el resto de los componentes de accionamiento sin convertidor CC/CC, caracterizado porque la unidad de almacenamiento de energía (50) capacitiva está dimensionada de manera que la tensión diferencial ( $U_{Bz}-U_{Sc}$ ) que se presenta durante el funcionamiento entre la unidad de celdas de combustible (20) y la unidad de almacenamiento de energía (50) capacitiva se reduce al mínimo, en tanto la corriente ( $I_{Bz,sc}$ ), provocada a través de la tensión debido a la suma de las resistencias internas ( $R_{Bz}+R_{Sc}$ ) de la unidad de celdas de combustible (20) y de la unidad de almacenamiento de energía (50) dentro de la conexión paralela constituida por la unidad de celdas de combustible (20) y la unidad de almacenamiento de energía (50), no exceda un valor límite seguro definido.
- 10 2. Sistema de accionamiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la unidad de almacenamiento de energía (50) capacitiva es una unidad de supercondensador, cuya capacidad se encuentra adaptada de forma correspondiente.
- 15 3. Sistema de accionamiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque un módulo de diodos (60) se encuentra conectado en serie con la unidad de celdas de combustible (20).
- 20 4. Sistema de accionamiento según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque se proporciona al menos otro acumulador de energía eléctrico (120) separado, el cual es abastecido mediante un cargador (110), a través de la tensión del circuito intermedio  $U_{zk}$ .
- 25 5. Sistema de accionamiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque se proporciona una resistencia de frenado (70) conmutable para la supresión de energía eléctrica generada.
- 30 6. Sistema de accionamiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque se proporciona una unidad de control (80) para regular la tensión del circuito intermedio  $U_{zk}$ .
7. Sistema de accionamiento según la reivindicación 6, caracterizado porque la unidad de control (80) está realizada de manera que la regulación tiene lugar en función del perfil de carga y/o de la carga admisible máxima de la unidad de celdas de combustible (20) y/o del estado de carga de la unidad de supercondensador (50).
- 35 8. Sistema de accionamiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la unidad de celdas de combustible (20) presenta un reformador (130).
9. Máquina de trabajo con un sistema de accionamiento (100) para operar la máquina de trabajo, donde el sistema de accionamiento (100) presenta al menos un motor de accionamiento (30, 31, 32), caracterizada porque el sistema de accionamiento (100) está realizado según una de las reivindicaciones 1 a 8.
10. Máquina de trabajo según la reivindicación 9, caracterizada porque la unidad de celdas de combustible (20) y/o la unidad de almacenamiento de energía (50) representan la fuente de energía primaria de la máquina de trabajo.
- 40 11. Máquina de trabajo según la reivindicación 9 ó 10, caracterizada porque la máquina de trabajo es una grúa, en particular una grúa de contenedores o una grúa marítima.

Fig.1 (Estado del arte)

