(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 709 898**

(51) Int. CI.:

H02M 7/219 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.04.2013 PCT/EP2013/056988**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13174558**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2013 E 13715655 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2853024**

(54) Título: **Convertidor para una máquina eléctrica con control de los contactos de los componentes semiconductores**

(30) Prioridad:

21.05.2012 DE 102012208460

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.04.2019

(73) Titular/es:

SEG AUTOMOTIVE GERMANY GMBH (100.0%)
Lotterbergstrasse 30
70499 Stuttgart, DE

(72) Inventor/es:

SCHUELER, HARALD;
RICHTER, MARTIN y
KOLLER, OLIVER DIETER

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Convertidor para una máquina eléctrica con control de los contactos de los componentes semiconductores

La presente invención se refiere a un convertidor para una máquina eléctrica.

Estado de la técnica

En máquinas eléctricas pueden generarse tensiones alternas en el modo de funcionamiento de generador. Para alimentar la red de a bordo con energía, estas se transforman en tensiones continuas mediante conexiones de puente de la electrónica de potencia. Para ello se usan habitualmente diodos.

Para poder poner a disposición modos de funcionamiento adicionales de motor y mejorar al mismo tiempo el rendimiento del funcionamiento de generador mediante una rectificación activa, estos diodos pueden ser sustituidos por MOSFET o IGBT. Un mando adecuado de los MOSFET o IGBT podría realizar tanto modos de funcionamiento de motor como de generador. La técnica de montaje y conexión (en alemán: Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT)) de los transistores se degrada por ejemplo a medida que aumenta la destrucción de la soldadura o por fisuras en una conexión eléctrica a lo largo del tiempo de funcionamiento, por lo que representa un riesgo de fallo para el sistema global.

El documento US 2003/0076232 A1 da a conocer un convertidor para una máquina eléctrica con un componente semiconductor conectado con al menos un contacto para convertir una tensión y con una unidad de mando para controlar el componente semiconductor, presentando el convertidor un primer componente semiconductor conectado con un primer contacto y un segundo componente semiconductor conectado con un segundo contacto.

El documento EP 1 986 203 A1 da a conocer un procedimiento para detectar la presencia de una capa aislante de contacto en un elemento de conmutación provisto de un contacto mediante la medición de la tensión. En este documento se indica que la capa aislante también puede formarse en contactos que no sirven para la conmutación.

Descripción de la invención

La invención tiene el objetivo de indicar un convertidor que reduzca el riesgo de fallo.

Este objetivo se consigue mediante las características de la reivindicación independiente respecto al dispositivo 1 y de la reivindicación independiente respecto al procedimiento 13 correspondiente. En las reivindicaciones dependientes están definidas formas de realización ventajosas de la invención.

La presente invención está basada en el conocimiento del hecho de que es ventajoso detectar el estado de un contacto de un componente electrónico, para poder iniciar dado el caso contramedidas.

Ventajas de la invención

De acuerdo con un aspecto de la invención, el objetivo de acuerdo con la invención se consigue mediante un convertidor para una máquina eléctrica con un componente semiconductor conectado con un contacto para convertir una tensión, con un dispositivo medidor de la tensión para medir una caída de tensión a través del componente semiconductor y con una unidad de mando para controlar el componente semiconductor, estando configurada la unidad de mando para determinar el estado del contacto del componente semiconductor con ayuda de la caída de tensión medida. Por regla general, el convertidor puede comprender uno o varios componentes semiconductores, que están conectados de forma térmica y eléctrica con uno o varios contactos. Gracias a esta forma general del convertidor se consigue por ejemplo la ventaja de que puede detectarse la degradación de una soldadura en al menos uno o varios componentes semiconductores a elegir libremente con medios técnicos sencillos mediante una caída de tensión, de modo que pueden tomarse medidas adecuadas para evitar un fallo del convertidor.

En una forma de realización ventajosa, el componente semiconductor es un conmutador semiconductor. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que se usan conmutadores semiconductores controlables para la conversión de la tensión. Un conmutador semiconductor es un componente electrónico controlable para conmutar y amplificar señales eléctricas, como por ejemplo un transistor.

En otra forma de realización ventajosa, el componente semiconductor es un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor *(*MOSFET*)* o un transistor bipolar con electrodo de puerta aislada (IGBT). De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que se usan componentes especialmente adecuados para la conversión de corrientes elevadas.

En otra forma de realización ventajosa, el dispositivo medidor de la tensión está conectado eléctricamente con un terminal de drenaje y un terminal de fuente del MOSFET o el dispositivo medidor de la tensión está conectado

eléctricamente con un colector y un emisor del IGBT. De este modo se consigue la ventaja técnica de que pueden controlarse conexiones y contactos térmicamente solicitados del convertidor.

En otra forma de realización ventajosa, el convertidor comprende un dispositivo medidor de la corriente para medir una corriente que fluye por el componente semiconductor. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que, aparte de una caída de tensión, se determina como parámetro adicional una corriente que fluye por el componente semiconductor mejorando la precisión de la determinación del estado del contacto.

En otra forma de realización ventajosa, el dispositivo medidor de la corriente comprende una resistencia *shunt*. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que la corriente puede determinarse de forma especialmente adecuada y con medios técnicos sencillos.

En otra forma de realización ventajosa, el convertidor comprende un dispositivo medidor de la temperatura para medir una temperatura del componente semiconductor. De este modo se consigue por ejemplo también la ventaja técnica de que como parámetro adicional se determina una temperatura del componente semiconductor y que mejora la precisión de la determinación del estado del contacto. Además, puede garantizarse que se detecte la caída de tensión a una temperatura determinada, de modo que mejora una comparabilidad de los valores determinados.

En otra forma de realización ventajosa, el convertidor comprende un primer componente semiconductor conectado con un primer contacto y un segundo componente semiconductor conectado con un segundo contacto y el dispositivo medidor de la tensión está realizado para medir una primera caída de tensión a través del primer componente semiconductor y una segunda caída de tensión a través del segundo componente semiconductor. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de poder controlarse al mismo tiempo varios contactos.

En otra forma de realización ventajosa el convertidor está realizado para comparar la primera caída de tensión y la segunda caída de tensión. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que mediante una comparación directa de dos contactos puede determinarse cuál de los contactos presenta un estado crítico.

En otra forma de realización ventajosa, la unidad de mando está configurada para determinar una curva de tensión de la caída de tensión a través del componente semiconductor en función de un tiempo de funcionamiento del componente semiconductor. De este modo se consigue por ejemplo también la ventaja técnica de que mejora una precisión de la determinación del estado del componente pudiendo detectarse además tendencias durante el tiempo de funcionamiento.

En otra forma de realización ventajosa, la unidad de mando está configurada para determinar un valor de derivación temporal de la curva de tensión. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que puede determinarse una impedancia térmica, que puede usarse como otro criterio de evaluación.

En otra forma de realización ventajosa, la unidad de mando comprende una memoria para almacenar curvas de la tensión o valores de caída de tensión en un momento determinado. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que en la unidad de mando se detectan los valores durante un período de funcionamiento relativamente largo del convertidor, lo que hace crecer una base de datos.

En otra forma de realización ventajosa, la unidad de mando está configurada para comparar curvas de tensión o valores de caídas de tensión almacenados en diferentes momentos en la memoria. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de detectarse un desarrollo en el tiempo y una degradación lenta de la soldadura con ayuda de la base de datos o de detectarse valores extraños de la medición.

En otra forma de realización ventajosa, en la memoria está almacenada previamente una curva de tensión de referencia. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que, en caso de desviaciones de una curva de caída de tensión medida de la curva de referencia puede detectarse una degradación de la soldadura.

En otra forma de realización ventajosa, el convertidor comprende la posibilidad de transmitir el estado actual a una unidad de regulación de orden superior, que reacciona correspondientemente e inicia contramedidas. De este modo se consigue por ejemplo la ventaja técnica de que, en caso de comenzar la degradación de una soldadura, puede reducirse la carga del componente semiconductor.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el objetivo de acuerdo con la invención se consigue mediante un procedimiento para la conversión de una tensión con un convertidor para una máquina eléctrica con un componente semiconductor conectado con al menos un contacto, con las etapas de una medición de una caída de tensión a través del componente semiconductor, una determinación del estado del contacto con ayuda de la caída de tensión medida y un control del componente semiconductor en función del estado determinado del contacto. De este modo se consiguen las mismas ventajas técnicas que con el dispositivo correspondiente.

Breve descripción de la invención

En el dibujo están representados unos ejemplos de realización de la invención que se describirán a continuación más detalladamente.

Muestran:

La Figura 1 una vista esquemática de un convertidor de acuerdo con la invención;

La Figura 2 un desarrollo de una caída de tensión durante un funcionamiento de un componente semiconductor, y

La Figura 3 un desarrollo de una caída de tensión durante un funcionamiento de un componente semiconductor y el desarrollo de una tensión inicial en función de un tiempo total de funcionamiento.

Formas de realización de la invención

La Figura 1 muestra una vista esquemática de un convertidor 100 para una máquina eléctrica 103 trifásica con un dispositivo medidor de la tensión 101 para medir una caída de tensión U_{DS} a través de un componente semiconductor 107-1.

El convertidor 100 convierte por ejemplo una tensión de entrada alimentada desde una batería de un vehículo en una tensión alterna trifásica para la máquina eléctrica 103. Para este fin, el convertidor 100 comprende seis componentes semiconductores 107-1, 107-2. Estos componentes 107-1, 107-2 están formados por ejemplo por MOSFET o IGBT, que son conmutados por una unidad de mando no mostrada de tal modo que se genera una corriente alterna trifásica. La invención no está limitada al convertidor mostrado, sino que puede usarse generalmente para cualquier convertidor.

Los componentes semiconductores 107-1, 107-2 están unidos de forma eléctrica, mecánica y térmica con el circuito restante en puntos de contacto o puntos de unión 105-1, 105-2, 105-3, 105-4. La unión eléctrica o mecánica en los puntos de contacto 105-1, 105-2, 105-3, 105-4 se realiza mediante una técnica de montaje y conexión adecuada.

Los componentes semiconductores 107-1, 107-2 están soldados por ejemplo junto con otros componentes en una placa o en un panel de conexiones en los puntos de contacto 105-1, 105-2, 105-3, 105-4, de modo que tiene lugar un contacto eléctrico con el componente correspondiente. Para la unión por soldadura de los componentes pueden usarse soldaduras con diferentes propiedades. La soldadura es una aleación de metales, que según el fin de uso está formada por determinadas proporciones de mezcla de metales, como por ejemplo plomo, estaño, cinc, plata y cobre.

No obstante, la técnica de montaje y conexión de los componentes semiconductores puede degradarse por ejemplo por una destrucción creciente de la soldadura o fisuras en una conexión eléctrica a lo largo del tiempo de funcionamiento debido a variaciones térmicas u otras influencias ambientales. Esta circunstancia representa un riesgo de fallo para el sistema global.

La degradación de la técnica de montaje y conexión a lo largo del tiempo de funcionamiento del convertidor 100 conduce a una reducción del contacto mecánico y por lo tanto a un aumento perceptible de la impedancia térmica. Puesto de debido a ello el calor del componente semiconductor 107-1, 107-2 se evacua de forma insuficiente, para el componente semiconductor 107-1, 107-2 se produce una carga térmica adicional.

Esta carga térmica conduce en componentes semiconductores 107-1, 107-2 con un coeficiente de temperatura positivo a un calentamiento adicional, puesto que los mismos tienen una resistencia al paso de la corriente eléctrica mayor a medida que aumenta la temperatura. Debido a ello sube a su vez la potencia perdida y el calor que ha de evacuarse del componente semiconductor 107-1, 107-2. Cuando el calor no se evacua, se produce un retroacoplamiento que conduce a un calentamiento cada vez mayor del componente semiconductor 107-1, 107-2.

El efecto de retroacoplamiento descrito conduce a un envejecimiento rápido con fallo prematuro o destrucción del componente semiconductor; puesto que se rebasa la temperatura límite admisible de este. Un fallo de este tipo ocurre en muchos casos de forma repentina y no esperada.

Por esta razón es ventajoso detectar a tiempo un estado crítico de la técnica de montaje y conexión y ralentizar el proceso de degradación mediante medidas adecuadas. Para este fin se controla el estado de la técnica de montaje y conexión durante el funcionamiento del convertidor 100. Se detecta cuando empeora el estado de la unión o del contacto del transistor. Por regla general, se trata de un empeoramiento de la capa de soldadura. El cambio en la unión puede detectarse porque el calor puede evacuarse peor del interior del semiconductor, por lo que se generan tensiones eléctricas más elevadas.

El estado de la unión o del contacto está condicionado por la capacidad de la unión o del contacto de poder evacuar calor. Un empeoramiento del estado puede ser causado por ejemplo por fisuras en la soldadura o por una oxidación. En caso de que el sistema de diagnóstico detecte una degradación creciente, puede reaccionarse a este diagnóstico mediante una regulación a la baja. Pueden ser medidas clásicas de una regulación a la baja, como p.ej. una reducción de las potencias máximas o una reducción de la duración máxima de los estados de funcionamiento del motor y generador (recuperación/*boost*) o una adaptación de la estrategia de funcionamiento, que reduce las diferencias de la temperatura y por lo tanto la carga de los componentes semiconductores. De este modo puede retardarse el momento del fallo.

Una adaptación en un sistema híbrido puede significar usar el funcionamiento generador clásico ya en caso de un estado de carga (*State of Charge*, SOC) más elevado, en español estado de carga más elevado y aumentar por lo tanto por un lado el nivel de tensión de la red de a bordo y limitar por otro lado el paso máximo de energía en un evento, como por ejemplo una recuperación. El aumento del nivel de tensión conduce a corrientes más bajas con la misma potencia y por lo tanto a una menor aportación de potencia perdida en el chip, lo que conduce junto con la limitación del paso máximo de energía a una reducción de las diferencias de temperatura y que reduce en general el potencial de CO2 menos que las estrategias clásicas de regulación a la baja. En otra forma de realización de la adaptación de la estrategia de funcionamiento puede limitarse el uso de estados de funcionamiento del motor. De la misma forma que una reducción de una corriente de generador máxima admisible, estas adaptaciones tienen el efecto de reducir la energía perdida aplicada y las diferencias de temperatura que se forman por la misma.

De este modo se reacciona con medidas adecuadas al empeoramiento creciente de la técnica de montaje y conexión y se ralentiza por ejemplo el proceso de la destrucción de la soldadura.

Además, puede señalarse en un vehículo una medida de reparación pendiente, puede acortarse un intervalo de servicio y/o iniciarse un funcionamiento de emergencia (estrategia *limp home*).

Para determinar el estado de la técnica de montaje y conexión, se usan sensores para la determinación de la caída de tensión a través de un terminal de drenaje-fuente de un MOSFET o de un terminal de colector-emisor. En una forma de realización ventajosa, se determina adicionalmente una corriente que fluye por el componente semiconductor 107-1, por ejemplo mediante el uso de una resistencia *shunt*. En otra forma de realización está previsto un sensor de temperatura cerca del componente semiconductor. La medida puede depender de lo que difieren los valores de medición determinados de los valores de referencia.

Cuando se mide en uno o varios componentes semiconductores 107-1, 107-2 una caída de tensión más grande con la misma corriente de medición, se aplica allí una potencia perdida mayor. Puesto que aumenta por ejemplo la resistencia de paso eléctrico en el componente semiconductor a medida que aumenta la destrucción de la soldadura o que aumenta la degradación de la conexión eléctrica, esto permite llegar a deducciones acerca de la degradación de la técnica de montaje y conexión.

Para la determinación del grado de degradación de la técnica de montaje y conexión de los componentes semiconductores, como por ejemplo MOSFET o IGBT, se aprovechan las fases inactivas de la máquina eléctrica durante un ciclo de marcha. La máquina eléctrica se encuentra en una fase inactiva cuando la batería de alto voltaje está suficientemente cargada. Por razones relacionadas con la eficiencia energética, se espera en esta situación una posibilidad para la recuperación de energía de frenado, para alimentar la red de a bordo con energía. Durante las fases inactivas, se conducen corrientes definidas por los transistores MOSFET o IGBT correspondientes de la conexión de puente y se miden y comparan entre sí las tensiones que se generan vías drenaje y fuente o colector y emisor. En una degradación uniforme de todos los transistores se produce una caída de tensión idéntica en todos los componentes.

La Figura 2 muestra un desarrollo de una caída de tensión U_{DS} durante un funcionamiento de un componente semiconductor en un estado envejecido (círculos) y un estado nuevo, no desgastado (cruces) en función del tiempo de funcionamiento t. La curva del desarrollo está formada respectivamente por una pluralidad de puntos de medición discretos para una caída de tensión U_{DS} a través del componente semiconductor con un desfase temporal T_A.

Para simplificar, la magnitud física U_{DS} solo está representada para un transistor como componente semiconductor 107-1. No obstante, por regla general, la relación es válida para todos los componentes semiconductores 107-1 y 107-2 usados en el convertidor 100.

Un envejecimiento de la técnica de montaje y conexión conduce a una mayor impedancia térmica por una reducción de la superficie de contacto. Esto conduce a una evacuación de calor ralentizada y, por lo tanto, también a una curva de tensión U_{DS} que baja más lentamente a través del componente semiconductor 107-1. El descenso a lo largo del tiempo de la curva de tensión es por lo tanto una medida de la impedancia térmica del componente semiconductor.

Un componente semiconductor 107-1 con una técnica de montaje y conexión no envejecida presenta por lo tanto un descenso rápido de la curva de tensión U_{DS} (cruces), mientras que un componente semiconductor 107-1 con una técnica de montaje y conexión envejecida presenta un descenso lento de la curva de tensión U_{DS} (círculos).

La Figura 3 muestra el desarrollo de una caída de tensión U_{DS} durante un funcionamiento de un componente semiconductor 107-1 mostrado en la Figura 2 y el desarrollo de una tensión inicial P1 en función de un tiempo total de funcionamiento.

Para determinar el envejecimiento general o el estado de la técnica de conexión se usan valores de tensión, que se determinan por ejemplo respectivamente al principio del tiempo de funcionamiento, como en una medición de fin de cinta de la conexión de puente o en un primer funcionamiento del motor/generador en el sistema de destino. En la determinación de estos valores de tensión, la temperatura ambiente determinada mediante un sensor de temperatura debería estar en un intervalo similar que en una medición de comparación o de referencia.

Con la suposición de que todos los componentes semiconductores están expuestos a condiciones similares del entorno, pueden compensarse diferencias entre las condiciones del entorno en comparación con las mediciones de referencia, comparándose el cambio de la caída de tensión entre los componentes semiconductores, por ejemplo, mediante una formación de la mediana del cambio de la caída de tensión tras la aplicación de corriente. Puede detectarse por lo tanto un desplazamiento del nivel total y evaluarse correspondientemente.

La tensión inicial es aquí el primer punto de medición P1 del desarrollo de la tensión mostrado en la Figura 3. Este valor se indica en la parte inferior a lo largo de un tiempo total de funcionamiento del componente semiconductor. Cuando el tiempo de funcionamiento total rebasa un valor crítico, aumenta la caída de tensión inicial U_{DS}. A partir de rebasarse un valor de referencia de la tensión puede iniciarse una de las contramedidas arriba descritas.

Respecto al calentamiento de las masas térmicas de los componentes semiconductores 107-1 y 107-2 debería garantizarse que haya condiciones de medición en lo posible idénticas. Estas condiciones dependen de la técnica de montaje y conexión y pueden determinarse previamente por cálculo. Varias curvas de referencia almacenadas previamente en una memoria con condiciones de funcionamiento respectivamente diferentes conducen aquí a posibilidades más amplias de comparación en el funcionamiento. La memoria puede ser por ejemplo una memoria de un ordenador, como por ejemplo una memoria RAM electrónica, una memoria ROM, una memoria flash o también una memoria magnética. La memoria puede estar prevista en una unidad de mando para controlar el componente semiconductor 107-1.

Además, mediante el sensor de temperatura puede fijarse una temperatura a la que se realiza la medición de la caída de tensión.

El desarrollo temporal de la curva de tensión refleja directamente la impedancia térmica y el estado de la técnica de montaje y conexión. Para no tener en cuenta valores extraños en las mediciones, puede depositarse una tendencia para el estado de la técnica de montaje y conexión mediante almacenamiento de la curva de tensión. De este modo puede mejorarse aún más la precisión de una determinación para el estado de la técnica de montaje y conexión.

Puede mejorarse el valor informativo acerca de un estado de la técnica de montaje y conexión determinándose sucesivamente varios valores de tensión directamente después de la aplicación de corriente y generándose una curva de medición o siguiéndose la tendencia a lo largo de la vida útil.

De este modo puede controlarse el desarrollo de la degradación tanto mediante la comparación de caídas de tensión U_{DS} entre los diferentes semiconductores 107-1 y 107-2 como en la relación a los antecedentes del semiconductor 107-1. De este modo puede tenerse en cuenta que hay diferencias en los estados originales de los transistores por tolerancias de fabricación.

Por regla general, para la metodología de medición usada debería ser válido que no tiene lugar una estimulación adicional de un patrón de error, que no se produce ninguna formación de momentos en la máquina eléctrica y que no tiene lugar una carga significante de la alimentación de tensión. Estas condiciones previas pueden cumplirse por ejemplo mediante la aplicación de rampas de corriente cortas, definidas. Una plausibilización de la corriente aplicada puede tener lugar mediante un sensor de corriente previsto.

La invención puede usarse en vehículos en un *boost-recuperation-system* (BRS). También es concebible un uso en motores de arranque y generadores (SG). No obstante, en principio la invención puede aplicarse en cualquier sistema híbrido de vehículos y mandos de generadores y motores en los que se usan conexiones de puente.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor (100) para una máquina eléctrica (103) con un componente semiconductor (107-1) conectado con al menos un contacto (105-1) para convertir una tensión, con un dispositivo medidor de la tensión (101) para medir una caída de tensión (U_{DS}) a través del componente semiconductor (107-1) y con una unidad de mando para controlar el componente semiconductor (107-1), estando configurada la unidad de mando para determinar un estado del contacto (105-1) con ayuda de la caída de tensión (U_{DS}) medida, presentando el convertidor (100) un primer componente semiconductor (107-1) conectado con un primer contacto (105-1) y un segundo componente semiconductor (107-2) conectado con un segundo contacto (105-3) y estando configurado el dispositivo medidor de la tensión (101) para medir una primera caída de tensión a través del primer componente semiconductor (107-1) y una segunda caída de tensión a través del segundo componente semiconductor (107-2), estando configurada la unidad de mando para comparar la primera caída de tensión y la segunda caída de tensión.

2. Convertidor (100) de acuerdo con la reivindicación 1, siendo el componente semiconductor (107-1) un conmutador semiconductor.

3. Convertidor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, siendo el componente semiconductor (107-1) un transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor *(*MOSFET*)* o un transistor bipolar con electrodo de puerta aislada (IGBT).

4. Convertidor (100) de acuerdo con la reivindicación 3, estando conectado el dispositivo medidor de la tensión (101) eléctricamente con un terminal de drenaje (D) y un terminal de fuente (S) del transistor de efecto de campo semiconductor (MOSFET) o estando conectado el dispositivo medidor de la tensión (101) eléctricamente con un colector y un emisor del transistor bipolar con electrodo de puerta aislada (IGBT).

5. Convertidor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, presentando el convertidor (100) un dispositivo medidor de la corriente (111) para medir una corriente que fluye por el componente semiconductor (107-1).

6. Convertidor (100) de acuerdo con la reivindicación 5, presentando el dispositivo medidor de la corriente (111) una resistencia *shunt*.

7. Convertidor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, presentando el convertidor (100) un dispositivo medidor de la temperatura para medir una temperatura del componente semiconductor (107-1).

8. Convertidor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, presentando el convertidor (100) un dispositivo para determinar la potencia para determinar una potencia absorbida por el componente semiconductor (107-1).

9. Convertidor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, estando configurada la unidad de mando para determinar una curva de tensión de la caída de tensión (U_{DS}) a través del componente semiconductor (107-1) en función de un tiempo de funcionamiento del componente semiconductor (107-1).

10. Convertidor (100) de acuerdo con la reivindicación 9, estando configurada la unidad de mando para determinar un valor de derivación temporal de la curva de tensión.

11. Convertidor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 9 o 10, presentando la unidad de mando una memoria para almacenar curvas de tensión o valores de caídas de tensión en un momento determinado.

12. Convertidor (100) de acuerdo con la reivindicación 11, estando configurada la unidad de mando para comparar curvas de tensión o valores de caídas de tensión almacenados en diferentes momentos en la memoria.

13. Procedimiento para la conversión de una tensión con un convertidor (100) para una máquina eléctrica (103) con un primer componente semiconductor (107-1) conectado con al menos un primer contacto (105-1) y un segundo componente semiconductor (107-2) conectado con al menos un segundo contacto (105-3), con las etapas:

- medición de una caída de tensión (U_{DS}) a través del primer componente semiconductor (107-1),
- medición de una caída de tensión (U_{DS}) a través del segundo componente semiconductor (107-2),
- comparación de las caídas de tensión (U_{DS}) medidas; y
- determinación del estado del contacto (105-1, 105-3) correspondiente en función de la comparación.

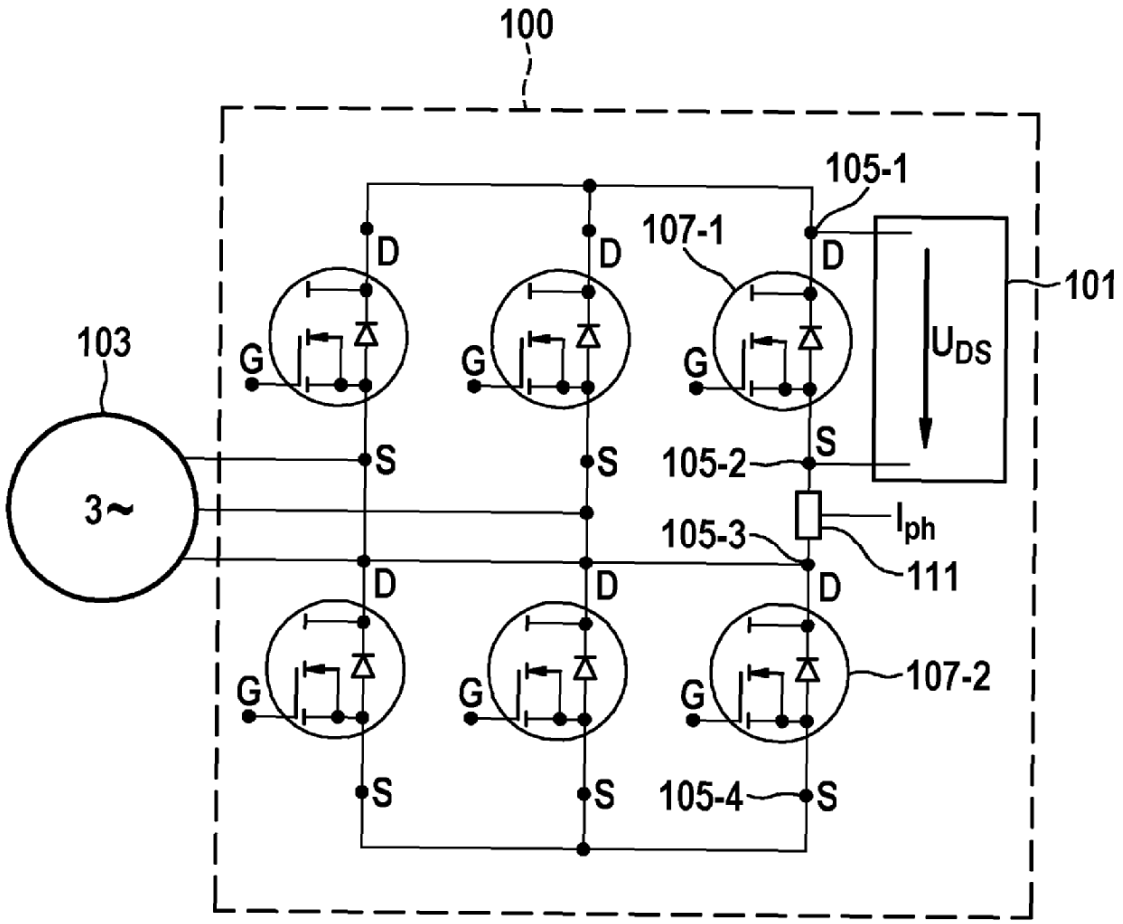

Fig. 1

UDS
Diferencia de la resistencia el.
TA
Estado envejecido
Estado nuevo
t

Fig. 2

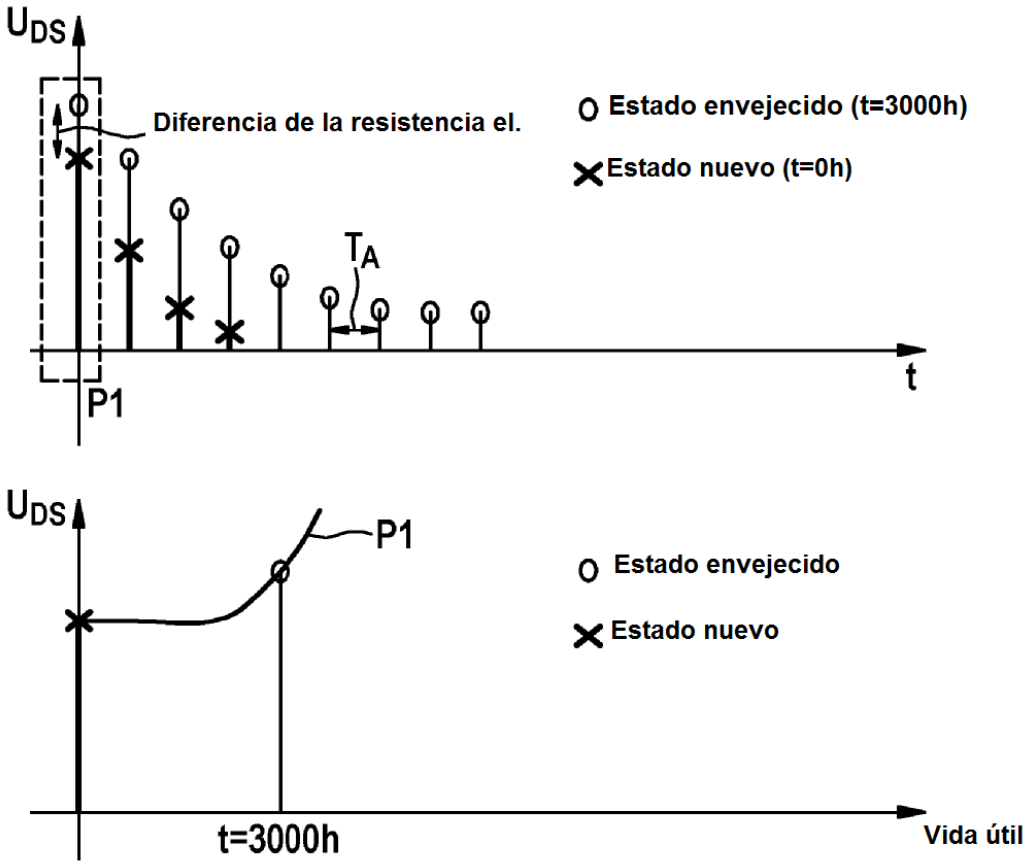
UDS
Diferencia de la resistencia el.
TA
P1
t
Estado envejecido (t=3000h)
Estado nuevo (t=0h)
UDS
P1
Estado envejecido
Estado nuevo
t=3000h
Vida útil

Fig. 3