

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 533**

21 Número de solicitud: 201000470

51 Int. Cl.:

**G01R 31/26** (2014.01)

**H01L 21/66** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**13.04.2010**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**22.02.2013**

Fecha de la concesión:

**20.01.2014**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**27.01.2014**

73 Titular/es:

**GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.**  
**Avda. Ciudad de la Innovación, 9-11**  
**31621 Zamudio (Navarra) ES**

72 Inventor/es:

**BIRK, Jens**

54 Título: **MÉTODOS DE MONITORIZACIÓN DE LA SALUD DE DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES.**

57 Resumen:

Métodos de monitorización de la salud de dispositivos semiconductores. Están basados en un método para estimar cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo que incluye un sensor de temperatura que comprende: a) realizar al comienzo del tiempo de vida del dispositivo un primer ensayo que comprende los siguientes pasos: a1) proporcionar una corriente con una amplitud constante  $I$  a dicho dispositivo durante un intervalo de tiempo  $t_n$ ; a2) obtener un parámetro  $P_1$  indicativo de la elevación de temperatura en dicho intervalo  $t_n$ ; b) realizar periódicamente el mismo ensayo y estimar la cercanía de la finalización de la vida del dispositivo cuando la diferencia o la relación entre el parámetro  $P$  obtenido en el último ensayo ejecutado y el parámetro  $P_1$  obtenido en el primer ensayo es mayor de un valor predeterminado. El método es particularmente aplicable a los IGBT's de los convertidores de aerogeneradores.

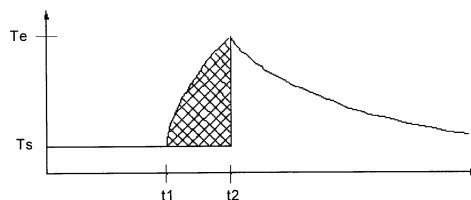


FIG. 3

ES 2 396 533 B1

## DESCRIPCIÓN

### METODOS DE MONITORIZACION DE LA SALUD DE DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES

#### 5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a métodos de monitorización de la salud de dispositivos semiconductores y, más en particular, a métodos de monitorización de la salud de dispositivos semiconductores utilizados en convertidores de aerogeneradores.

#### ANTECEDENTES

En un aerogenerador moderno el convertidor tiene frecuentemente una tasa de fallo relativamente alta comparada con la de otros componentes del aerogenerador. Entre los componentes del convertidor que fallan más frecuentemente se encuentran los IGBT's (Transistores Bipolares de Puerta Aislada).

Se conocen varios métodos de predicción del funcionamiento de los IGBT's y otros módulos de potencia semiconductores tal como el método descrito en US 5,654,896 que proporciona un procedimiento de medida y ensayo de parámetros de esos dispositivos tales como resistencia térmica  $R_{thjc}$ , voltaje de suministro  $V_{DD}$ , e intensidad de suministro  $I_{DD}$  así como voltaje de saturación  $V_{CESAT}$  entre el colector y el emisor. Estos parámetros de dispositivo caracterizan varios componentes del circuito integrado incluyendo el encapsulado, la pastilla del circuito integrado y los conductores metálicos de conexión. Cuando esos componentes se degradan, dichos parámetros se sitúan en las proximidades de sus límites operativos. En este sentido se menciona que unos valores típicos de esos límites operativos para  $R_{thjc}$  y  $V_{CESAT}$  de un IGBT se sitúan en torno a un 20% por encima de sus valores de partida.

Los métodos conocidos de predicción del funcionamiento de módulos de potencia semiconductores no son fácilmente aplicables a los módulos de

potencia semiconductores utilizados en convertidores operativos tales como los IGBT's utilizados en los convertidores de los aerogeneradores.

En cualquier caso, el tiempo de vida esperado de dichos IGBT's no es bien conocido debido, entre otras razones, a sus tolerancias de fabricación y a su exposición a unas condiciones muy variadas de condiciones de fatiga porque la energía del viento fluctúa de una manera no determinista y por tanto las intensidades de los IGBT's también fluctúan de una manera no determinista.

Esta invención está dirigida a la solución de ese problema.

## 10           **SUMARIO DE LA INVENCION**

Es un objeto de la presente invención proporcionar un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de dispositivos semiconductores incluidos en convertidores conectados a máquinas eléctricas, tales como los módulos IGBT utilizados en los convertidores de los aerogeneradores.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de los módulos IGBT utilizados en los convertidores de los aerogeneradores sin requerir componentes físicos adicionales.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de los módulos IGBT utilizados en los convertidores de los aerogeneradores aplicable a las principales configuraciones de convertidores de los aerogeneradores que ya están instalados.

Estos y otros objetos se consiguen proporcionando un método que comprende:

a) Realizar al comienzo del tiempo de vida de un dispositivo de potencia semiconductor un primer ensayo que comprende los siguientes pasos:

a1) Proporcionar una corriente con una amplitud constante  $I$  a dicho dispositivo de potencia semiconductor durante un intervalo de tiempo  $tn$ .

a2) Obtener un parámetro  $P_T$  indicativo de la elevación de temperatura en dicho intervalo  $tn$ .

b) Realizar periódicamente el mismo ensayo y estimar la cercanía de la finalización de la vida del dispositivo de potencia semiconductor cuando la diferencia o la relación entre el parámetro  $P_i$  obtenido en el último ensayo ejecutado y el parámetro  $P_1$  obtenido en el primer ensayo es mayor de un valor  
5 predeterminado.

En una realización preferente dicho ensayo también comprende el paso de calentar o enfriar el dispositivo de potencia semiconductor para alcanzar una predeterminada temperatura inicial  $T_s$  antes de dicho paso a1). Se consigue con ello un método mejorado para el caso en que  $V_{CESAT}$  es altamente dependiente  
10 de la temperatura.

En otras realizaciones preferentes dicho parámetro  $P$  es la temperatura  $T_e$  del dispositivo de potencia semiconductor al final de dicho intervalo  $tn$ , ó la diferencia entre la temperatura  $T_e$  del dispositivo de potencia semiconductor al final de dicho intervalo  $tn$  y la temperatura  $T_s$  del dispositivo de potencia  
15 semiconductor al inicio de dicho intervalo  $tn$ , ó el resultado de calcular la integral de la temperatura  $T$  con respecta al tiempo a lo largo del intervalo  $tn$ . Se consigue con ello un método que usa parámetros indicativos de la elevación de la temperatura en el dispositivo semiconductor que son fáciles de obtener.

En otra realización preferente para estimar la cercanía de la finalización  
20 de la vida de los dispositivos IGBT de un convertidor de un generador, comprendiendo un inversor del generador, un enlace CC y un inversor de red, dichos ensayos periódicos se realizan, estando el aerogenerador en una situación de no producción de energía, separadamente para el inversor del generador y el inversor de red y proporcionando corriente a dichos dispositivos  
25 IGBT activando el inversor de red. Se consigue con ello un método que permite una monitorización de la salud de dichos dispositivos IGBT evitando fallos de los IGBT's.

En otra realización preferente para un inversor del generador comprendiendo tres módulos IGBT de doble paquete, dichos ensayos  
30 periódicos se realizan simultáneamente para los dos IGBT's de cada módulo IGBT. Se consigue con ello un método que permite la monitorización de la salud de dichos dispositivos IGBT que es fácil de implementar.

En otras realizaciones preferentes para un inversor del generador comprendiendo tres módulos IGBT de doble paquete, dichos ensayos periódicos se realizan separadamente para cada IGBT individual (estando conectado sin PWM o en modo PWM), controlando la corriente proporcionada a cada IGBT individual usando otros IGBT individual del inversor del generador (en modo PWM o estando conectado sin PWM, según resulte apropiado). Se consiguen con ello métodos que permite la monitorización de la salud de dichos IGBT's que proporcionan unas estimaciones de alta precisión sobre el final de la vida de los IGBT's.

En otras realizaciones preferentes para un inversor de red comprendiendo tres módulos IGBT de doble paquete, dichos ensayos periódicos se realizan simultáneamente para los dos IGBT's de cada módulo IGBT. Adicionalmente la energía almacenada en el enlace CC se disipa mediante cualquier medio apropiado. Se consiguen con ello métodos que permites la monitorización de la salud de dichos dispositivos IGBT que son fáciles de implementar.

Para cada uno de las realizaciones mencionadas anteriormente, el convertidor también puede estar configurado con varios módulos IGBT de doble paquete conectados en paralelo en lugar de un modulo IGBT de doble paquete por cada fase.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas y no limitativas de su objeto en relación con las figuras que se acompañan.

## **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La Figura 1 muestra un diagrama de circuito de un módulo IGBT de doble paquete.

La Figura 2 es un diagrama Intensidad vs. Tiempo de la corriente a través de un IGBT.

La Figura 3 es un diagrama Temperatura vs. Tiempo en el sensor de temperatura del IGBT.

La Figura 4 muestra un convertidor a escala completa de un aerogenerador realizado con un módulo IGBT de doble paquete por fase.

La Figura 5 muestra un convertidor a escala completa de un aerogenerador realizado con dos módulos IGBT de doble paquete por fase.

5

## DESCRIPCION DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERENTES

### Método

La idea básica de esta invención es usar la elevación de temperatura en cada módulo IGBT para estimar si el fin del tiempo de vida del IGBT se encuentra cercano.

Como se ha dicho en los antecedentes, se ha señalado que cuando el voltaje  $V_{CESAT}$  del colector-emisor de un IGBT está cercano al fin de su tiempo de vida, se puede estimar que el límite operativo de  $V_{CESAT}$  para un IGBT puede estimarse en torno a un 20% por encima de su valor inicial. Por tanto si una corriente con una amplitud constante  $I$  está pasando a través de un IGBT la energía perdida en dicho IGBT, que es igual a  $V_{CESAT}$  multiplicado por  $I$ , será mayor en las cercanías del fin de la duración de la vida del IGBT que al principio. La elevación de la temperatura del IGBT puede ser usada por tanto como un indicador de la cercanía del fin de la vida del IGBT.

El método según la presente invención es aplicable a un dispositivo de potencia semiconductor perteneciente a un convertidor conectado a una máquina eléctrica que incluye un sensor de temperatura tal como el módulo IGBT de doble paquete 5 mostrado en la Figura 1 que comprende dos IGBT's con diodos de efecto volante y un resistor NTC 7 como sensor de temperatura.

El sensor de temperatura 7 está dispuesto físicamente dentro del módulo IGBT. La constante de tiempo térmica  $\tau_{thjc}$  desde la especificación térmica del IGBT a la carcasa del módulo IGBT es del orden de un segundo (ver *Infineon Technologies AG: Application note AN2008-03, "Thermal equivalent circuit models"*, edición 2008-06-16). La constante de tiempo térmica de un disipador refrigerado por aire  $\tau_{thca}$ , p.ej. desde la carcasa a la temperatura ambiente, se

30

encuentra en el rango de 10 a 100 segundos (ver *Infineon Technologies AG: Application note AN2008-03, "Thermal equivalent circuit models"*, edición 2008-06-16). Esto significa que las lecturas del sensor de temperatura siguen la especificación térmica  $T_j$  bastante exactamente durante una secuencia corta de calentamiento de 1-10 segundos y que puede considerarse que el disipador  
5 tiene una temperatura relativamente constante durante el tiempo de ensayo.

El método comprende la realización de un primer ensayo al comienzo del tiempo de vida de un IGBT y la repetición periódica del test para obtener un parámetro  $P$  indicativo de la elevación de temperatura (ver Figura 3) cuando una  
10 corriente de amplitud constante  $I$  (ver Fig. 2) está pasando a través del dispositivo IGBT durante un intervalo temporal  $tn$  entre los tiempos  $t1$  y  $t2$ . Cuando la diferencia o la relación entre el parámetro  $P_i$  obtenido en el último ensayo realizado y el parámetro  $P_1$  obtenido en el primer ensayo, es decir  $P_i - P_1$  o  $P_i/P_1$ , es mayor que un valor predeterminado se estima que el IGBT está  
15 cercano al final de la duración de su vida. El primer ensayo puede ser realizado como parte de los ensayos de calidad en la planta de fabricación del convertidor y el ensayo puede ser repetido regularmente, por ejemplo una vez por semana o una vez por mes. Alternativamente, el primer ensayo puede ser realizado como una parte del procedimiento de arranque del aerogenerador. Preferiblemente  
20 todos los ensayos se realizan con el IGBT a una temperatura igual o muy próxima a la temperatura inicial  $T_s$  del primer ensayo para evitar la dependencia de la temperatura de  $V_{CESAT}$ . Un valor típico para  $T_s$  puede ser 50 °C. Para algunos tipos de IGBT's, como los NPT-IGBT's, el coeficiente de temperatura para  $V_{CESAT}$  es positivo en todo el rango entre 0 y la intensidad nominal. Para  
25 otros tipos de IGBT's, tales como los PT-IGBT's, el coeficiente de temperatura es negativo para pequeñas intensidades y positivo para altas intensidades próximas a la intensidad nominal. Si la intensidad del ensayo está cercana a la intensidad nominal el coeficiente de temperatura será positivo tanto para los  
30 NPT-IGBT's como para los PT-IGBT's. Afortunadamente el coeficiente de temperatura positivo amplifica el cambio de temperatura durante el ensayo ya que  $V_{CESAT}$  se incrementará en función tanto de la edad del IGBT como del propio incremento de la temperatura.

En una realización  $P$  es la diferencia entre la temperatura  $T_e$  al final del intervalo temporal  $tn$  y la temperatura  $T_s$  al principio del intervalo temporal  $tn$ .

En otra realización  $P$  es la temperatura  $T_e$  al final del intervalo temporal  $tn$ .

5 En otra realización  $P$  es la integral de la temperatura  $T$  respecto al tiempo a lo largo del intervalo  $tn$  mostrada como un área rayada en la Figura 3.

### **El método para un convertidor de un aerogenerador**

La Figura 4 muestra un generador 9 de un aerogenerador conectado a una red 31 a través de un convertidor 11 a escala completa que comprende un  
 10 inversor del generador 13 que tiene tres módulos IGBT de doble paquete (Au, Al; Bu, Bl; Cu, Cl), un enlace CC 15 incluyendo un condensador 19, un troceador de frenado 21 y un resistor troceador de freno 23, un inversor de red 17 que tiene tres módulos IGBT de doble paquete (L1u, L1l; L2u, L2l; L3u, L3l) y los contactores de red/conmutadores 29. Los IGBT's individuales están  
 15 conectados o bien al lado superior (Au, Bu, Cu, L1u, L2u, L3u) o al lado inferior (Al, Bl, Cl, L1l, L2l, L3l) del enlace CC 15.

La Figura 5 es similar a la Figura 4 salvo que en que hay dos módulos IGBT de doble paquete conectados en paralelo para cada fase tanto en el inversor del generador 13 (Au, Al, Au', Al'; Bu, Bl, Bu', Bl'; Cu, Cl, Cu', Cl') como  
 20 en el inversor de red 17 (L1u, L1l, L1u', L1l'; L2u, L2l, L2u', L2l'; L3u, L3l, L3u', L3l').

El método según esta invención para estimar la cercanía del fin de la vida de dichos IGBT's comprende realizar los ensayos mencionados anteriormente estando el aerogenerador en una situación de no producción de energía. Esta  
 25 situación incluye situaciones de poco viento y períodos en los que la góndola debe girar para desenrollar el cable de la torre.

Dependiendo de la configuración de los componentes del convertidor 11, ó bien un IGBT individual de un módulo IGBT, ó bien todos los IGBT's superiores o inferiores en la misma fase, ó bien todos los IGBT's en todos los  
 30 módulos IGBT son ensayados en la misma secuencia de ensayo. En el caso del inversor del generador 13 es posible ensayar un IGBT individual de una vez mientras que en el caso del inversor de red 17 es necesario ensayar ó bien

todos los IGBT's en un módulo IGBT o todos los IGBT's pertenecientes a la misma fase al mismo tiempo.

Si la configuración de los componentes del convertidor 11 lo permite, se ensaya un IGBT cada vez. En este caso, la forma de la onda de la corriente del IGBT y de la fase se aproximan a una onda rectangular ideal como se muestra en la Figura 2.

Si la configuración de los componentes del convertidor 11 no permite ensayar de una vez a un IGBT individual ó simultáneamente a todos los IGBT's inferiores o superiores, se utiliza una modulación PWM sinusoidal normal, pero con unas referencias constantes de la amplitud de la corriente de manera que las corrientes de las tres fases tengan una frecuencia y amplitud constante durante el ensayo.

En cualquier caso, el primer paso es calentar o enfriar el dispositivo IGBT para alcanzar una determinada temperatura inicial  $T_s$  que puede ser, por ejemplo, de 50°C. Si la temperatura del dispositivo IGBT es mayor que  $T_s$  es necesario esperar (hasta unos pocos minutos) hasta alcanzar dicho valor. Si la temperatura del dispositivo IGBT es menor que  $T_s$  debe disiparse energía en los componentes montados en el disipador de energía que contiene el dispositivo IGBT a ser ensayado. Idealmente todos los componentes deben experimentar una disipación de calor de manera que el disipador de calor sea calentado de una manera uniforme. Cuando la lectura de la temperatura haya excedido  $T_s$  en, por ejemplo, 10°C, se para la disipación de energía y se procede a esperar a que la temperatura descienda hasta alcanzar el valor deseado. En el caso de que el disipador de calor esté refrigerado con agua en lugar de con aire, el flujo de agua debe ser detenido durante el ensayo para asegurar una suficientemente alta constante de tiempo térmica al disipador de calor. En la práctica esto se puede hacer parando la bomba de agua desde el PLC.

En el caso de que  $V_{CESAT}$  no muestre una alta dependencia de la temperatura este primer paso puede ser omitido.

**Realizaciones preferente para los módulos IGBT del lado del generador**

Para los módulos IGBT del lado del generador es posible ensayar cada IGBT separadamente. Esta solución es más complicada que ensayar los dos IGBT's de cada módulo IGBT simultáneamente pero es más precisa.

El método para ensayar cada IGBT separadamente es el siguiente:

5 Cuando el generador 9 está parado, el circuito equivalente del generador puede ser expresado simplemente como una impedancia resistiva-inductiva para cualquier tipo de generador (síncrono, PM síncrono, de inducción ó de inducción doblemente alimentado). Durante el ensayo el generador 9 puede estar ó bien rotando muy lentamente o bien asegurado en la posición de parada  
10 mediante por ejemplo un freno mecánico ó un dispositivo automático de bloqueo del rotor.

Se pueden ensayar dos IGBT's a la vez, por ejemplo BI y CI de la Figura 4. Se llevan a cabo los siguientes pasos:

- 15 - Se activa en primer lugar el inversor de red 17 para asegurar un voltaje constante en el enlace CC.
- Se usa Au en modo PWM para controlar la amplitud de la corriente.
- Se conecta BI durante todo el tiempo entre t1 y t2.
- La corriente fluye desde el enlace CC 15 a través de Au y las fases A y B del generador y vuelve a través de BI.
- 20 - Una vez que se alcanza t2 se mide Te para BI si se compara con la temperatura inicial Te de BI del ensayo de fábrica.
- Seguidamente el módulo IGBT que contiene Bu y BI se calienta y ya no puede usarse en el ensayo antes de que se igualen la temperatura del disipador de calor y la temperatura del módulo.
- 25 - Se usa nuevamente Au en modo PWM para controlar la amplitud de la corriente.
- Se conecta otra vez CI durante todo el tiempo entre t1 y t2.
- La corriente fluye desde el enlace CC 15 a través de Au y las fases A y C del generador y vuelve a través de CI.
- 30 - Una vez que se alcanza t2 se mide Te y se compara con la temperatura inicial Te de CI del ensayo de fábrica.

Después de ensayar BI y CI hay que asegurarse que se igualen la temperatura del disipador de calor y la temperatura del módulo IGBT antes de ensayar los otros IGBT's.

El procedimiento es similar para ensayar Bu y Cu, en este caso AI se usa en modo PWM para controlar la corriente. Después de ensayar Bu y Cu hay que asegurarse que se igualen la temperatura del disipador de calor y la temperatura del módulo IGBT antes de ensayar los otros IGBT's.

AI puede ser ensayado usando Bu ó Cu para controlar la amplitud de la corriente.

Después de ensayar AI hay que asegurarse que se igualen la temperatura del disipador de calor y la temperatura del módulo IGBT antes de ensayar el último IGBT.

Au puede ser ensayado usando BI ó CI para controlar la amplitud de la corriente.

Se controla la corriente del IGBT que se usa en modo PWM en un bucle cerrado usando un sensor de corriente ya existente para medir la corriente de fase del generador. El bucle cerrado de control puede ser realizado por el controlador del convertidor comparando las corrientes de fase medidas con la referencia de corriente deseada y ajustando el ciclo correspondiente de los pulsos PWM de manera que las corrientes medidas sean iguales a la corriente de referencia.

Alternativamente al método que venimos de describir, el ensayo de un IGBT individual también se puede hacer de forma opuesta, es decir ensayando BI teniendo BI en modo PWM y Au conectado sin modulación PWM. También es posible usar tanto BI como Au en modo PWM.

#### **Realizaciones preferentes para los módulos IGBT del lado de la red**

En este caso la energía fluye desde la red 31 a través del inversor de red 17. Inicialmente la energía puede ser almacenada en el condensador 19 del enlace CC, que puede ser cargado inicialmente al valor de pico del voltaje de red (por ejemplo 975 V para un voltaje de red de 690 V). Sin embargo el voltaje del enlace CC no puede exceder el máximo voltaje de por ejemplo 1200 V sin dañar los IGBT's ó el condensador 19 del enlace CC, de manera que es

necesario disipar energía del condensador 19 del enlace CC por alguno de los siguientes medios:

- Usando el troceador de frenado 21: La energía se disipa en el resistor del troceador de frenado 23.

5           - Convirtiendo la energía eléctrica en energía mecánica acelerando el rotor del aerogenerador.

            - Convirtiendo la energía eléctrica en energía mecánica usando el generador 9 como motor. Por ejemplo se puede usar un ángulo de paso de pala fijo de, por ejemplo, 45° y la velocidad del generador puede ajustarse de manera  
10 que se transfiera la energía necesaria al generador 9.

La modulación usual PWM se usa con una referencia constante de la amplitud de corriente, de manera que se drene corriente activa de la red para cargar el condensador 19 del enlace CC. De esta manera las corrientes de las tres fases tendrán iguales amplitudes y frecuencias y los tres módulos IGBT  
15 están por tanto experimentando una elevación de temperatura. Una vez que se alcanza  $t_2$  se mide  $T_e$  para todos los IGBT's y se compara con los valores iniciales  $T_e$  del ensayo de fábrica.

En una implementación alternativa, las referencias de corriente pueden ser elegidas de manera que no se drene de la red corriente activa sino solo  
20 reactiva. Esto tiene la ventaja de que la corriente reactiva no carga el condensador del enlace CC pero desafortunadamente influenciará el nivel del voltaje de red, así que este método solo puede ser potencialmente usado con una red robusta, es decir cuando la impedancia de red es baja.

25           **Una realización para un aerogenerador con un generador doblemente alimentado**

En un aerogenerador con un generador doblemente alimentado el estator del generador está conectado directamente a la red mientras que el rotor del generador está conectado a la red a través de un convertidor.

Si el estator del generador está desconectado de la red usando, por  
30 ejemplo, un contactor ya existente tal como un contactor estrella-triángulo, los mismos métodos descritos anteriormente pueden ser utilizados para estimar la cercanía del fin de la vida de los IGBT's del convertidor.

Sin embargo un convertidor de un generador doblemente alimentado no incluye habitualmente un troceador de frenado, por lo que la disipación de energía en el enlace CC tiene que ser realizado por alguno de los medios mencionados anteriormente para convertir energía eléctrica en energía mecánica.

Se puede usar el método tanto en los IGBT's del convertidor del lado de la red como en los IGBT's del convertidor del lado del generador.

### **Implementación del método**

Los métodos según la presente invención pueden implementarse utilizando los sistemas disponibles de control del aerogenerador por lo que pueden ser ejecutados sin ninguna interacción humana. Tampoco son necesarios cambios en el hardware ni sensores adicionales en el convertidor ó en otros componentes del aerogenerador.

### **Ventajas**

El propietario del aerogenerador puede recibir una advertencia desde el convertidor, a través por ejemplo del sistema SCADA, cuando un IGBT está cercano al final de la duración de su vida. Se puede entonces programar en un futuro próximo un cambio del módulo IGBT, por ejemplo en la próxima visita del personal de servicio al parque eólico. Se consigue pues la ventaja de una mayor fiabilidad del aerogenerador y más específicamente:

- Se evitan fallos de IGBT's y por tanto se evitan fallos del convertidor y del generador así como pérdidas de producción (perdidas de ingresos para el propietario del aerogenerador).

- Se evitan daños potenciales a otros componentes del convertidor.

- Se evitan visitas de servicio no programadas lo que reduce costes.

Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que se pueden introducir aquellas modificaciones dentro de su alcance, no considerando éste como limitado por las anteriores realizaciones, sino por el contenido de las reivindicaciones siguientes.

## REIVINDICACIONES

1.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor que incluye un sensor de temperatura, perteneciente a un convertidor conectado a una máquina eléctrica, caracterizado porque comprende:

a) realizar al comienzo del tiempo de vida del dispositivo de potencia semiconductor un primer ensayo que comprende los siguientes pasos:

a1) proporcionar una corriente con una amplitud constante  $I$  a dicho dispositivo de potencia semiconductor durante un intervalo de tiempo  $tn$ ;

a2) obtener un parámetro  $P_1$  indicativo de la elevación de temperatura en dicho intervalo  $tn$ ;

b) realizar periódicamente el mismo ensayo y estimar la cercanía de la finalización de la vida del dispositivo de potencia semiconductor cuando la diferencia o la relación entre el parámetro  $P_i$  obtenido en el último ensayo ejecutado y el parámetro  $P_1$  obtenido en el primer ensayo es mayor de un valor predeterminado.

2.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 1, caracterizado porque también comprende el paso de calentar o enfriar el dispositivo de potencia semiconductor para alcanzar una predeterminada temperatura inicial  $T_s$  antes de dicho paso a1).

3.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado porque dicho parámetro  $P$  es uno de los siguientes:

- la temperatura  $T_e$  del dispositivo de potencia semiconductor al final de dicho intervalo  $tn$ ;

- la diferencia entre la temperatura  $T_e$  del dispositivo de potencia semiconductor al final de dicho intervalo  $tn$  y la temperatura  $T_s$  del dispositivo de potencia semiconductor al inicio de dicho intervalo  $tn$ .

4.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado porque dicho parámetro  $P$  se obtiene calculando la integral de la temperatura  $T$  con respecto al tiempo a lo largo del intervalo  $tn$ .

5

5.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizado porque dicho dispositivo de potencia semiconductor es un dispositivo IGBT.

10

6.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 5, caracterizado porque:

- dicho convertidor es un convertidor (11) de un aerogenerador que comprende un inversor de generador (13), un enlace CC (15) y un inversor de red (17);

- dichos ensayos periódicos se realizan estando el aerogenerador en una situación de no producción de energía;

- dichos ensayos periódicos se realizan separadamente para los dispositivos IGBT del inversor del generador (13) y del inversor de red (17);

- en dicho paso a1) se proporciona corriente a dichos dispositivos IGBT activando el inversor de red (17).

7.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6, caracterizado porque:

- el inversor del generador (13) comprende tres módulos IGBT de doble paquete (Au, Al; Bu, Bl; Cu, Cl);

- dichos ensayos periódicos se realizan simultáneamente para los dos IGBT's de cada módulo IGBT de doble paquete.

8.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6, caracterizado porque:

- 5 - el inversor del generador (13) comprende dos o más módulos IGBT de doble paquete conectados en paralelo por cada fase;
- dichos ensayos periódicos se realizan simultáneamente para los dos IGBT's de cada módulo IGBT de doble paquete.

10 9.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6, caracterizado porque:

- el inversor del generador (13) comprende dos o más módulos IGBT de doble paquete conectados en paralelo por cada fase;
- 15 - dichos ensayos periódicos se realizan simultáneamente para todos los IGBT's de los módulo IGBT de doble paquete que están conectados a la misma fase.

20 10.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6, caracterizado porque:

- el inversor del generador (13) comprende tres módulos IGBT de doble paquete (Au, Al; Bu, Bl; Cu, Cl);
- 25 - dichos ensayos periódicos se realizan separadamente para cada IGBT individual.

11.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6, caracterizado porque:

- 30 - el inversor del generador (13) comprende dos o más módulos IGBT de doble paquete conectados en paralelo por cada fase;
- dichos ensayos periódicos se realizan separadamente para cada IGBT individual.

12.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 10-11, caracterizado porque en dicho paso a1) la amplitud de la corriente proporcionada a cada IGBT individual que está siendo ensayado se controla usando otro IGBT individual del inversor del generador (13) en modo PWM.

13.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 10-11, caracterizado porque en dicho paso a1) el IGBT individual que está siendo ensayado está en modo PWM y se usa otro IGBT individual o varios IGBT's del inversor del generador (13) en modo PWM para controlar la amplitud de la corriente proporcionada al IGBT individual que está siendo ensayado.

14.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las reivindicaciones 10-11, caracterizado porque en dicho paso a1) el IGBT individual que está siendo ensayado está en modo PWM y se usa para controlar la amplitud de la corriente proporcionada al IGBT individual que está siendo ensayado, mientras que un IGBT individual o varios IGBT's del inversor del generador (13) están conectados sin modo PWM.

15.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6, caracterizado porque:

- el inversor del generador (13) comprende dos o más módulos IGBT de doble paquete conectados en paralelo por cada fase;
- dichos ensayos periódicos se realizan simultáneamente para todos los IGBT's superiores o inferiores de los módulos IGBT de doble paquete que están conectados a la misma fase.

16.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 15, caracterizado porque en dicho paso a1) la amplitud de la corriente proporcionada a dichos múltiples IGBT's conectados en paralelo que están  
5 siendo ensayados se controla usando otros múltiples IGBT's conectados en paralelo del inversor del generador (13) en modo PWM.

17.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 15.  
10 caracterizado porque en dicho paso a1) dichos múltiples IGBT's conectados en paralelo que están siendo ensayados están en modo PWM y se usan otros múltiples IGBT's conectados en paralelo del inversor del generador (13) en modo PWM para controlar la amplitud de la corriente proporcionada a dichos  
15 múltiples IGBT's conectados en paralelo que están siendo ensayados.

18.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 15, caracterizado porque en dicho paso a1) dichos múltiples IGBT's conectados en  
20 paralelo que están siendo ensayados están en modo PWM y son usados para controlar la amplitud de la corriente proporcionada a los IGBT's que están siendo ensayados y otros múltiples IGBT's conectados en paralelo del inversor del generador (13) están conectados sin modo PWM.

25 19.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6, caracterizado porque:

- el inversor del red (17) comprende tres módulos IGBT de doble paquete (L1u, L1l; L2u, L2l; L3u, L3l);
- 30 - dichos ensayos periódicos se realizan simultáneamente para los dos IGBT's de cada módulo IGBT.

20.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6, caracterizado porque:

- 5 - el inversor de red (17) comprende dos o más módulos IGBT de doble paquete conectados en paralelo por cada fase;
- dichos ensayos periódicos se realizan simultáneamente para los dos IGBT's de cada módulo IGBT.

21.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según la reivindicación 6  
10 caracterizado porque:

- el inversor de red (17) comprende dos o más módulos IGBT de doble paquete conectados en paralelo por cada fase;
- 15 - dichos ensayos periódicos se realizan simultáneamente para todos los IGBT's de los módulos IGBT de doble paquete que están conectados a la misma fase.

22.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las  
20 reivindicaciones 19-21, caracterizado porque la energía almacenada en el enlace CC (15) se disipa mediante cualquier medio apropiado.

23.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las  
25 reivindicaciones 6-22, caracterizado porque dicho convertidor (11) de aerogenerador es un convertidor a escala completa

24.- Un método para estimar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo de potencia semiconductor según cualquiera de las  
30 reivindicaciones 6-22, caracterizado porque dicho convertidor (11) es un convertidor conectado al rotor del generador de un generador doblemente alimentado.

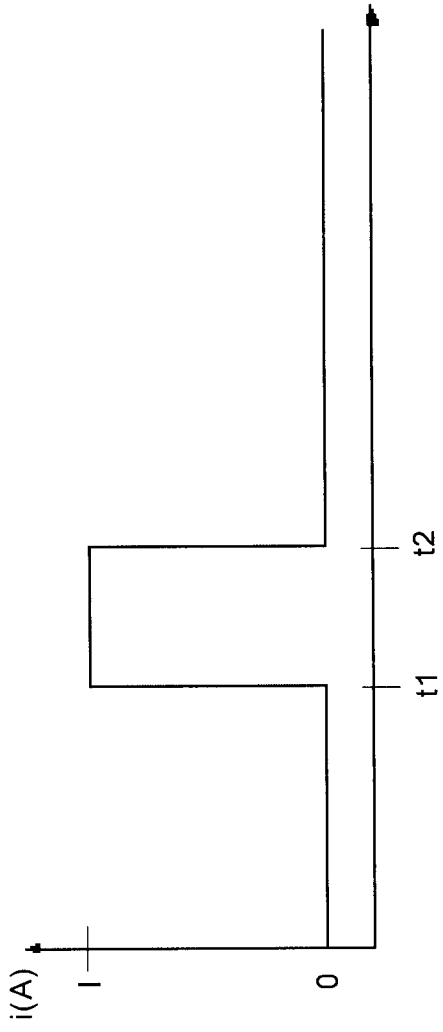


FIG. 2

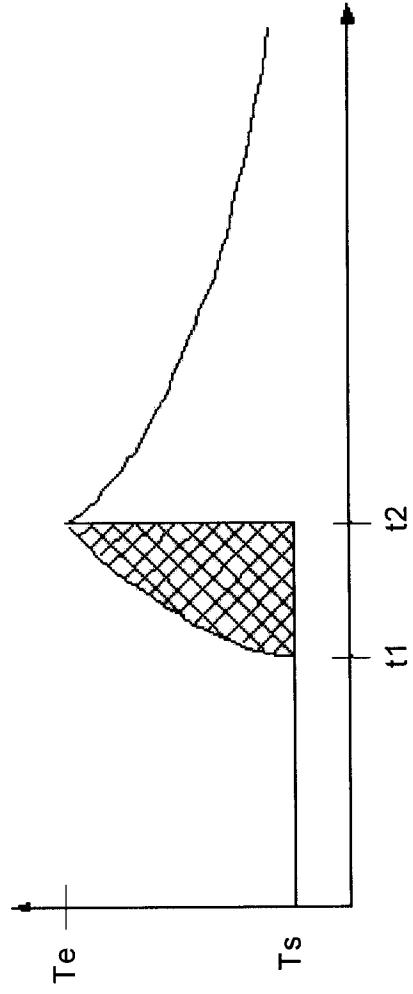


FIG. 3

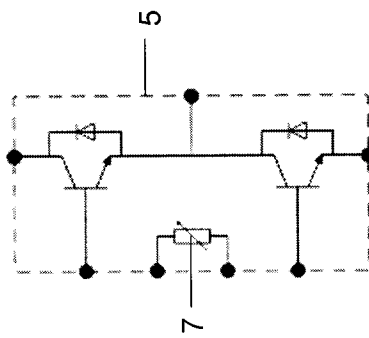


FIG. 1

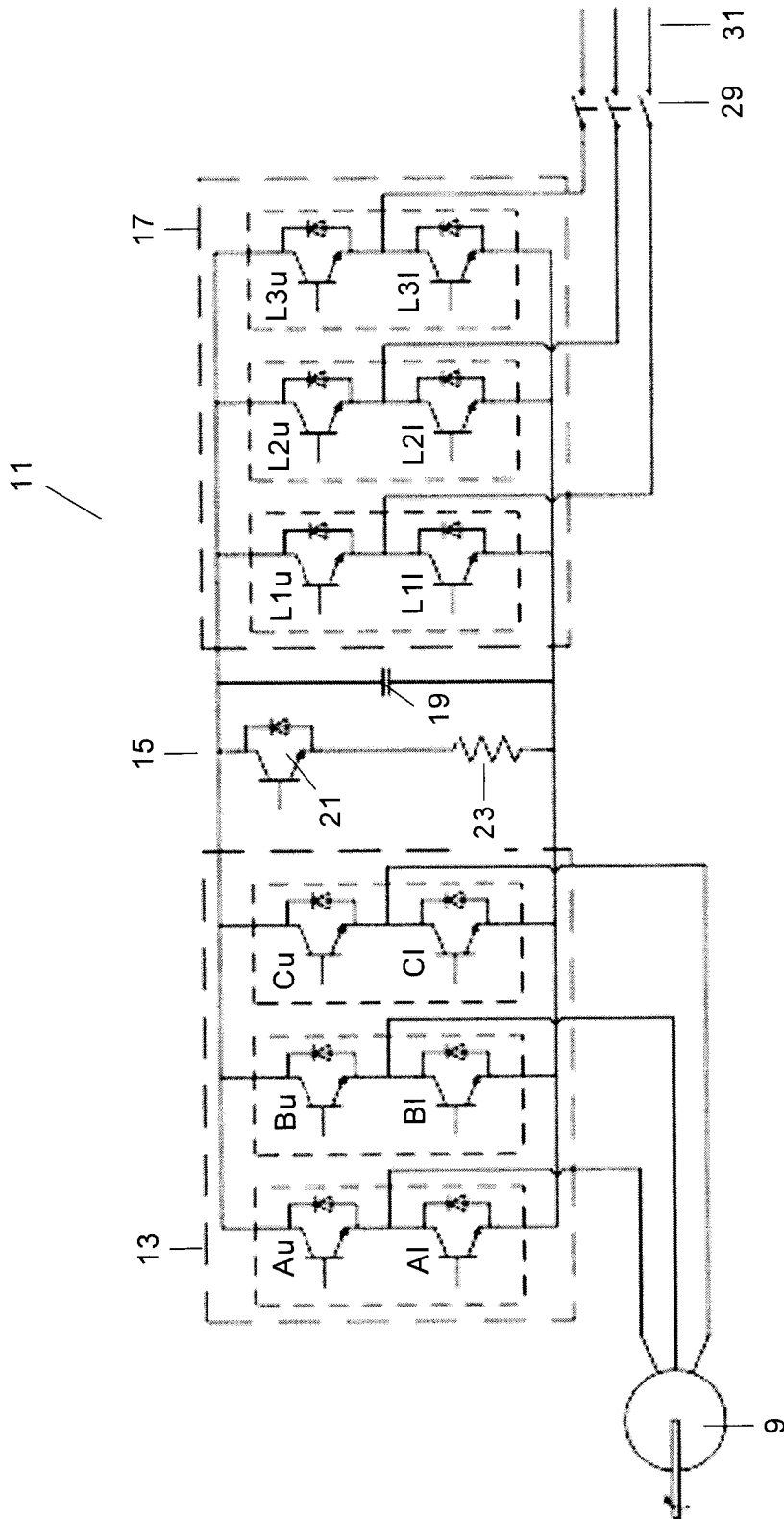


FIG. 4

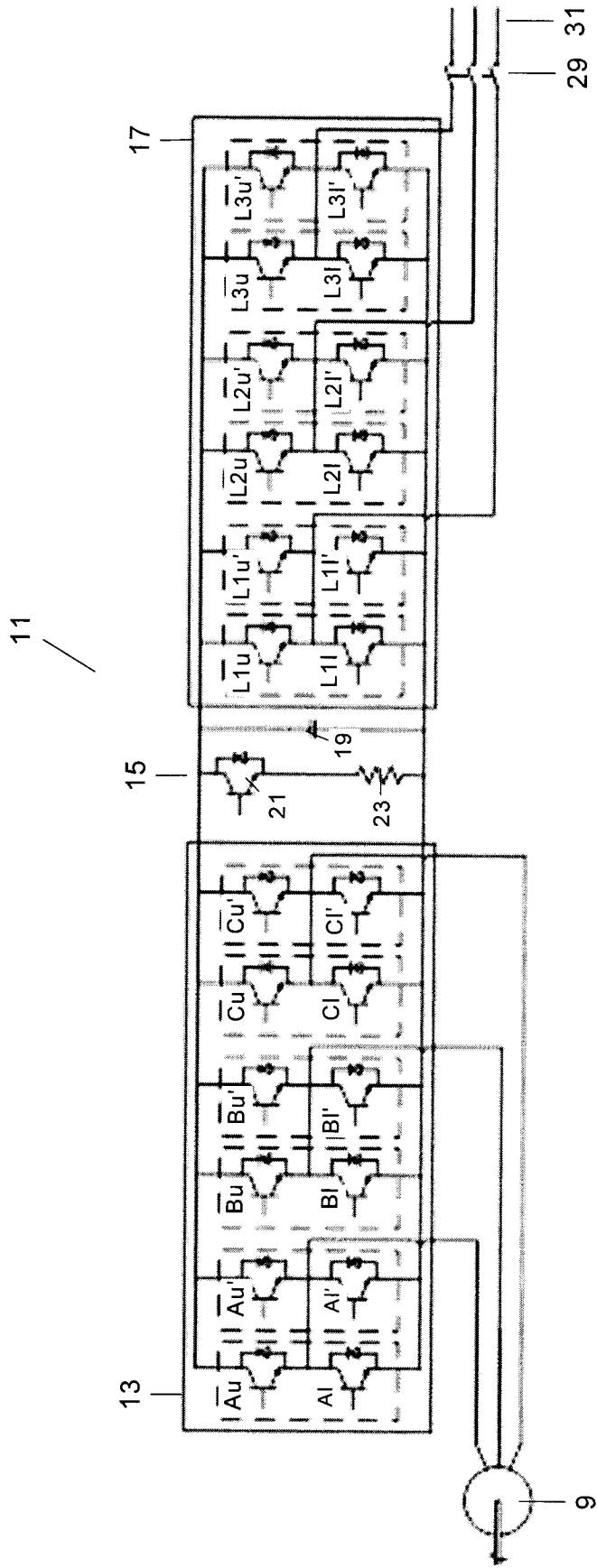


FIG. 5



②① N.º solicitud: 201000470

②② Fecha de presentación de la solicitud: 13.04.2010

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01R31/26** (2006.01)  
**H01L21/66** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X A	EP 1983640 A2 (HITACHI IND EQUIPMENT SYS) 22.10.2008, resumen; párrafos [0015]-[0023]; figura 1.	1-5 6-24
X A	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 3261877 & JP 3261877 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21.11.1991, resumen.	1-5 6-24
X A	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 2003172760 & JP 2003172760 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO) 20.06.2003, resumen.	1-5 6-24
X A	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 2002101668 & JP 2002101668 A (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD) 05.04.2002, resumen.	1-5 6-24
X A	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 6088856 & JP 6088856 A (MATSUSHITA ELECTRONICS CORP) 29.03.1994, resumen.	1-5 6-24
X A	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 8051768 & JP 8051768 A (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD) 20.02.1996, resumen.	1-5 6-24

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
11.02.2013

Examinador  
L. J. García Aparicio

Página  
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01R, H01L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, NPL, XPI3E

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 11.02.2013

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-24	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 6-24	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-5	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	EP 1983640 A2 (HITACHI IND EQUIPMENT SYS)	22.10.2008
D02	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 3261877 & JP 3261877 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 21.11.1991, resumen.	21.11.1991
D03	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 2003172760 & JP 2003172760 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO) 20.06.2003, resumen.	20.06.2003
D04	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 2002101668 & JP 2002101668 A (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD) 05.04.2002, resumen.	05.04.2002
D05	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 6088856 & JP 6088856 A (MATSUSHITA ELECTRONICS CORP) 29.03.1994, resumen.	29.03.1994
D06	Base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE; PN JP 8051768 & JP 8051768 A (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD) 20.02.1996, resumen.	20.02.1996

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El documento D01 que se puede considerar representa el estado de la técnica más cercano al objeto de la invención, divulga un método para estimar el ciclo de vida y por lo tanto la finalización de la vida, de un dispositivo semiconductor, que incluye un sensor de temperatura (11) perteneciente a un convertidor (1, 3) que comprende los pasos de obtener un parámetro indicativo de la elevación de la temperatura en un intervalo y estimar la cercanía de la finalización de la vida del semiconductor en base a la temperatura máxima alcanzada.

Se diferencia la materia reivindicada de la materia divulgada en D01, en que no se lleva a cabo una medida del parámetro indicativo de la temperatura al comienzo de la vida del semiconductor. Además, mientras el método reivindicado se ejecuta en momentos concretos, el método descrito en D01, tienen lugar de manera continua mientras está funcionando el dispositivo

Sin embargo el hecho de que en D01, la estimación de la finalización de la vida del dispositivo semiconductor se lleve a cabo en base a la temperatura máxima alcanzada, o por diferencia de valores obtenidas, en definitiva es una medida asociada a cada semiconductor, valores que posteriormente se comparan con un valor umbral.

El problema técnico que el objeto de la invención pretende resolver es cómo determinar la cercanía de la finalización de la vida de un dispositivo semiconductor, problema que también resuelve D01, con los mismos medios y pasos similares, con los mismos resultados.

En consecuencia la materia de la reivindicación 1, carece de actividad inventiva según lo establecido en el Art. 8.1 de la LP 11/86.

**Reivindicación 2ª**

Calentar o enfriar el dispositivo para tener un valor de referencia uniforme es una de entre las evidentes opciones que a un técnico en la materia se le ocurriría de modo inmediato sin intervención de actividad inventiva alguna.

Por lo tanto, la materia de esta reivindicación carece de actividad inventiva según lo establecido en el Art. 8.1 de la LP 11/86.

**Reivindicación 3ª**

El modo en que se obtiene el parámetro indicativo de la temperatura, es una mera opción de elección para un técnico en la materia pudiendo ser un valor final (tal y como sucede en D01) o un valor por diferencia.

Por lo tanto, la materia de esta reivindicación carece de actividad inventiva según lo establecido en el Art. 8.1 de la LP 11/86.

**Reivindicación 4ª**

El cálculo de la integral de la temperatura con respecto al tiempo no es más que una opción más para poder obtener el parámetro indicativo de la temperatura.

**Reivindicación 5ª**

El dispositivo mostrado en D01 es un dispositivo IGBT.

Por lo tanto, la materia de esta reivindicación carece de actividad inventiva según lo establecido en el Art. 8.1 de la LP 11/86.

**Reivindicación 6**

El documento D01 divulga un método que cuentan con un convertidor (1), un inversor (3) y un enlace de continua (2).

Se diferencia la materia reivindicada de lo mostrado en D01, en que el conjunto de conversión de D01, no se menciona que sea para un aerogenerador, y que se realice con el aerogenerador parado, ni que se realicen de manera separada los del inversor de generador y los del inversor de red.

Las diferencias apuntadas son diferencias operativas asociadas al método, que hacen del método un método especialmente apto para aerogeneradores, que permite la monitorización de la salud de los dispositivos IGBT de una manera fácil de implementar, además de proporcionar unas estimaciones de alta precisión sobre el final de la vida de los IGBTs.

Ninguno de los documentos encontrados divulga o apunta la posibilidad de realizar los ensayos de estimación de la vida de los semiconductores de la forma indicada en la reivindicación 6ª.

Por lo tanto, podría considerarse que la materia reivindicada contaría con novedad según lo establecido en el Art. 6.1 de la LP11/86 y con actividad inventiva según el Art. 8.1 de la LP 11/86.

**Reivindicaciones 7-24**

Las reivindicaciones 7-24 son dependientes de la reivindicación 6ª que cuenta con novedad y actividad inventiva a la vista de los documentos encontrados, por lo tanto heredan las propiedades de la misma.