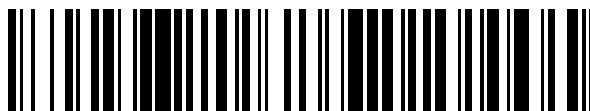


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 409**

51 Int. Cl.:

H04B 10/80

(2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.04.2014** **E 14165952 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016** **EP 2809019**

54 Título: **Motor EC con determinación dinámica de la degradación del opto acoplador**

30 Prioridad:

27.05.2013 DE 102013105419

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

22.03.2016

73 Titular/es:

**EBM-PAPST MULFINGEN GMBH & CO. KG
(100.0%)**

**Bachmühle 2
74673 Mulfingen, DE**

72 Inventor/es:

**BECKER, EDUARD;
SCHMITT, MARTIN;
HERTRICH, ALEXANDER y
EGGENSPERGER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 564 409 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

Motor EC con determinación dinámica de la degradación del opto acoplador

5 La presente invención se refiere a un motor EC que comprende electrónica del motor, una señal de entrada o una señal de salida, y un opto acoplador para la transmisión galvánicamente aislada de una señal útil entre el conjunto de control del motor y la entrada de la señal o la salida de la señal.

10 En los motores EC los opto acopladores se utilizan para la transmisión galvánicamente aislada de señales útiles para funciones de bucle abierto, bucle cerrado o de supervisión. El aislamiento galvánico se utiliza para proteger a los individuos y al material y en particular para aislar la electrónica de control de bucle abierto sensible, a la cual está conectado un motor EC, a partir de la electrónica del motor del motor EC. Opto acopladores no caros, en los cuales se utilizan estructuras simples y poco caras IC, se utilizan en particular en motores EC para productos con un elevado número de piezas. Estas variantes no caros de opto acopladores consisten en un emisor óptico, típicamente
15 un diodo de emisión de luz (LED) y un receptor óptico, en particular un foto transistor. Sin embargo, estos componentes se degradan a lo largo del tiempo, dependiendo en particular de la corriente de entrada utilizada y de la temperatura ambiente. Los opto acopladores degradados causan la transmisión de señales erróneas y por lo tanto averías en la electrónica del motor y esto a su vez puede tener una influencia negativa en otras piezas del motor EC y reducir la vida útil del mismo.

20 La relación de transferencia de corriente continua (CTR) de un opto acoplador indica la relación, en porcentaje, entre la corriente de entrada I_F y la corriente de salida I_C . Es conocido que la relación CTR disminuye con un opto acoplador degradado. A este respecto, los fabricantes de opto acopladores tienen gráficos generales de la vida útil los cuales representan una relación del envejecimiento como una función de la temperatura y de la corriente de entrada. A fin de determinar la relación CTR real de un opto acoplador en un motor EC, se tienen que medir la corriente de entrada I_F y la corriente de salida I_C . Debido a que las variables medidas están galvánicamente aisladas y a los diferentes potenciales de tierra, la evaluación únicamente es posible utilizando circuitos de medición complejos y que consumen tiempo y costes elevados.

30 Además, la definición de final de la vida útil varía según el fabricante, con alguna sensación de que el final de la vida útil es cuando la relación CTR se reduce a 50% del valor de inicio de un opto acoplador nuevo. Normalmente, se proporciona una gama de tolerancia muy grande para la relación CTR (por ejemplo el Vishay TCLT1105 tiene una CTR de desde el 50 % hasta el 150 %). El final real de la vida útil de un opto acoplador en un motor EC no se puede establecer fiablemente mediante la valoración de los gráficos de la vida útil del fabricante y midiendo o calculando la
35 relación CTR. El final real de la vida útil depende en gran medida de cómo está conectado el opto acoplador, esto es con respecto a la electrónica del motor, y a la corriente de entrada verdadera y las temperaturas ambientales verdaderas. En el caso en el que el final de la vida útil esté teóricamente definida como el 50% del valor de inicio de la relación CTR original de un acoplador nuevo, la funcionalidad de una electrónica del motor conectada a la salida del opto acoplador todavía puede ser garantizada en la práctica.

40 Un motor EC según la técnica anterior es conocido a partir del documento DE-A-20105050.

Es un objeto de la invención proporcionar un motor EC en el cual la degradación de un opto acoplador se determina fiablemente y la vida útil del motor EC se mejora.

45 En un motor EC del tipo descrito al comienzo, este objeto se consigue según la invención porque, cuando el opto acoplador está conectado, un conjunto de evaluación evalúa regularmente una tensión de saturación del opto acoplador en la salida de dicho opto acoplador con relación a un umbral de referencia y genera una señal de aviso cuando la tensión de saturación excede del umbral de referencia.

50 Un motor EC de este tipo permite que se determina la degradación real, aguda de un opto acoplador en el motor EC y de este modo la vida útil predicha del motor EC puede ser determinada más fiablemente y avisa al usuario del motor EC a tiempo de averías del motor EC como resultado de un opto acoplador degradado. De este modo, la vida útil del opto acoplador para el motor EC utilizado puede ser utilizada hasta el máximo en la aplicación particular y el
55 opto acoplador degradado puede ser sustituido a tiempo antes de un probable fallo. Esto optimiza los costes y extiende la vida útil del motor EC.

60 En una forma de realización específica de la invención, el conjunto de evaluación comprende dos resistencias y un comparador, las resistencias estando diseñadas como distribuidores de tensión de tal modo que generan una tensión de referencia, que corresponde al umbral de referencia, en la primera entrada del comparador y la salida del opto acoplador está conectada a una segunda entrada en el comparador, de modo que la tensión de saturación se aplica en la segunda salida del comparador cuando el opto acoplador está conectado y el comparador genera una señal de aviso en una salida del conjunto de evaluación cuando la tensión de saturación excede del umbral de referencia. Esto permite que el conjunto de evaluación sea diseñado particularmente de forma simple con unos
65 costes mínimos.

En una forma de realización alternativa de la invención, el conjunto de evaluación comprende un amplificador y un microprocesador, la entrada del amplificador estando conectada a la salida del opto acoplador, de modo que la tensión de saturación se aplica en la entrada del amplificador cuando el opto acoplador está conectado y la salida del amplificador se conecta a una entrada del microprocesador, el microprocesador evaluando la tensión de saturación amplificada y comparando ésta con el umbral de referencia y el microprocesador generando una señal de aviso en una salida del conjunto de evaluación cuando la tensión de saturación amplificada excede del umbral de referencia. Esto permite que la lógica de evaluación y el umbral de referencia se adapten flexiblemente en el conjunto de evaluación de modo que el conjunto de evaluación se pueda adaptar por ejemplo a diferentes tipos de opto acoplador utilizando una programación simple en el conjunto de evaluación.

En otra forma de realización de la invención, el conjunto de evaluación genera una señal de ajuste para el control de bucle cerrado de una corriente de entrada del opto acoplador sobre la base de la relación del valor de la tensión de saturación con respecto al umbral de referencia, la señal de ajuste estando conectada directa o indirectamente a una entrada de un regulador de corriente para controlar la corriente de entrada de una manera de bucle cerrado. Esto hace posible optimizar la corriente de entrada, la cual se utiliza para el opto acoplador en términos de la corriente utilizada y el estado de degradación actual del opto acoplador a fin de extender la vida útil del opto adaptador y al mismo tiempo minimizar la potencia utilizada.

Es particularmente ventajoso que el motor EC según la invención comprenda por lo menos un segundo opto acoplador, para transmitir una segunda señal útil y un modulador y un demodulador, el modulador modulando aguas arriba de la entrada del segundo opto acoplador la señal de ajuste para el regulador de corriente del primer opto acoplador sobre la señal útil para ser transmitida a través del segundo opto acoplador y el demodulador desmodulando, aguas abajo de la salida del segundo opto acoplador, la señal de ajuste para el regulador de corriente del primer opto acoplador a partir de la señal útil. Esto permite un aislamiento galvánico cuando la señal de ajuste es transmitida y optimiza los costes puesto que se utiliza un opto acoplador existente para la transmisión de una señal útil para transmitir la señal de ajuste. Por lo tanto no es necesario un opto acoplador adicional únicamente para transmitir la señal de ajuste de una manera galvánicamente aislada.

Los componentes anteriormente mencionados para ser utilizados según la invención, como se reivindica y se describe en las formas de realización, no están sometidos a condiciones particulares excepcionales algunas en términos de su tamaño, forma, diseño, elección del material y conceptos técnicos, de modo que el criterio de selección conocido en este campo de aplicación puede ser aplicado sin limitaciones.

Particularidades adicionales, características y desarrollos ventajosos de la invención se ponen de manifiesto a partir de las formas de realización descritas más adelante y representadas en los dibujos y a partir de las reivindicaciones subordinadas. En los dibujos:

la figura 1 es un diagrama de bloques de un motor EC según la invención,

la figura 2 es un gráfico de la vida útil conocida de un opto acoplador, a título de ejemplo,

la figura 3 es un diagrama de bloques para medir la tensión de saturación de un opto acoplador,

la figura 4a muestra el comportamiento de la tensión de saturación como una función de la corriente de entrada y el tiempo de funcionamiento durante una prueba a largo plazo para determinar la degradación de un opto acoplador,

la figura 4b muestra el comportamiento de la tensión de saturación como una función del tiempo de funcionamiento para una corriente de entrada particular durante una prueba a largo plazo para determinar la degradación de un opto acoplador,

la figura 5 es un diagrama de bloques de una primera forma de realización de un diseño según la invención de un conjunto de evaluación de la tensión de saturación,

la figura 6 es un diagrama de bloques de una segunda forma de realización de un diseño según la invención de un conjunto de evaluación de la tensión de saturación,

la figura 7 muestra el comportamiento de la tensión de saturación como una función de la corriente de entrada y el tiempo de funcionamiento durante una prueba a largo plazo para determinar la degradación de un opto acoplador, y

la figura 8 es un diagrama del circuito para el control del bucle cerrado de la degradación de un opto acoplador de un motor EC según la invención.

En las diversas figuras de los dibujos, las mismas piezas siempre están provistas con los mismos números de referencia.

Con respecto a la siguiente descripción se reivindica que la invención no está limitada a las formas de realización y por lo tanto no todas o algunas de las características de las combinaciones de las características descritas, sino que cada sub-característica individual de la o de cada forma de realización es significativa para la materia sujeto de la invención por sí misma independiente de todas las otras sub-características descritas conjuntamente con ella y también en combinación con cualquiera de las características de otra forma de realización.

En la figura 1 se representa a título de ejemplo un diagrama de bloques de un motor EC 1 según la invención. El motor EC 1 comprende un suministro de tensión 2, un accionamiento del motor 3 y la electrónica del motor que tiene una pluralidad de señales de entrada, más particularmente una entrada de modulación de la anchura del impulso analógico 11 y una línea de entrada de una interfaz bidireccional 12 y una pluralidad de salidas de señales, más particularmente una salida de tacómetro 13, una entrada de un procesador de bus 14 para la conexión a un bus de datos, una línea de salida de la interfaz bidireccional 12 y una salida de modulación del ancho del impulso analógico 16. Adicionalmente, la electrónica del motor también tiene, por ejemplo, un microprocesador 4 para el procesamiento de señales y el control de bucle abierto del motor EC 1. A fin de aislar galvánicamente la electrónica del motor, en particular el microprocesador 4, de las entradas de señales y de las salidas de señales, un opto acoplador 5 está conectado en cada caso entre dichas entradas y salidas de la electrónica del motor, más particularmente el microprocesador 4. En el proceso, la salida del opto acoplador 5 está conectada a un conjunto de evaluación 6. El conjunto de evaluación 6 mide la salida del opto acoplador 5 y genera una señal de aviso la cual representa el estado de degradación del opto acoplador 5 respectivo.

La figura 2 muestra, a título de ejemplo, un gráfico de la vida útil conocida de un fabricante de opto acopladores 5 para un opto acoplador 5 particular. Es conocido que la relación CTR disminuye con un opto acoplador degradado 5, esto es la corriente de salida disminuye para la misma corriente de entrada. Se puede ver a partir de la figura 2 que la vida útil del opto acoplador 5 es más larga cuanto más pequeñas sean corrientes de entrada que se utilizan I_F y a temperaturas ambientales inferiores.

La invención se basa en el conocimiento de que, a fin de que se determina una vida útil de un opto acoplador 5 en el motor EC 5, es decisivo que los niveles de la señal utilizada puedan todavía ser detectados fiablemente por la electrónica del motor en la salida del opto acoplador 5 y que se pueden distinguir una de otra. De forma sorprendente se ha encontrado que la tensión de saturación U_{CE_sat} incrementa con un incremento de la degradación del opto acoplador 5. Después de un cierto momento en el tiempo, la tensión de saturación U_{CE_sat} es tan alta que deja de ser posible que la electrónica del motor diferencie fiablemente entre un estado conectado y no conectado del opto acoplador 5, por lo que pueden ocurrir averías indeseables de la electrónica del motor. Dependiendo de la aplicación, esto es más particularmente dependiendo de la electrónica del motor, existe una tensión de saturación permisible máxima U_{REF} como un umbral de referencia, a la cual las piezas del circuito conectadas aguas abajo del opto acoplador 5 únicamente trabajan como se especifica. En una electrónica típica del motor, se ha mostrado que el valor de U_{REF} está entre 0,3 V y 1V dependiendo de la sensibilidad de la electrónica del motor. Si se excede el umbral de referencia U_{REF} , un mensaje de aviso por ejemplo puede ser emitido de salida por el conjunto de evaluación 6.

Para confirmar la dependencia de la tensión de saturación U_{CE_Sat} de la degradación de un opto acoplador 5, se llevó a cabo una prueba a largo plazo según la figura 3 con un opto acoplador 31. Según la hoja de especificaciones, el opto acoplador 5 utilizado para esta prueba, más particularmente un Vishay TCLT1105, garantiza una relación CTR de por lo menos el 50% hasta el final de la vida útil. La tensión de saturación U_{CE_Sat} del opto acoplador 31 se puede medir de una manera simple a la salida del opto acoplador 5 según el circuito de la figura 3. Para acelerar el efecto del envejecimiento del opto acoplador 5, el opto acoplador 5 fue activado estáticamente con una corriente de entrada de $I_F = 60$ mA a una temperatura ambiente de $T_A = 60$ °C. La tensión de saturación U_{CE_Sat} se midió como una función de la corriente de entrada I_F en la salida del opto acoplador 5 a intervalos regulares (a 0, 400, 1000, 2000, 4000, 6000 y 8000 horas de funcionamiento), la corriente de entrada I_F siendo incrementada continuamente durante la medición desde 0 hasta 15 mA. Para medir la tensión de saturación U_{CE_Sat} , el punto de funcionamiento del opto acoplador 5 en el lado de la salida se estableció a una corriente de salida I_C de 5 mA.

Las figuras 4a y 4b muestran los resultados de la medición de la prueba a largo plazo. La figura 4a muestra el comportamiento de salida del opto acoplador 5 con relación a la tensión de saturación U_{CE_Sat} durante un tiempo de funcionamiento de 8000 horas (h) como una función de la corriente de entrada I_F . La medición se llevó a cabo por medio de un trazador de curvas (KEITHLEY 2410). La figura 4b muestra la curva de la tensión de saturación U_{CE_Sat} durante el tiempo de funcionamiento en el punto de funcionamiento establecido a una corriente de entrada $I_F = 10$ mA y una corriente de salida $I_C = 5$ mA. En el opto acoplador 5 seleccionado, esto corresponde al valor en el cual el fabricante del componente especifica la mínima relación CTR del factor de transmisión en la hoja de especificaciones para la tensión de saturación U_{CE_Sat} . A una relación CTR de por lo menos el 50%, el opto acoplador 5 todavía ha accionado con seguridad 5 mA y la tensión de saturación U_{CE_Sat} debe estar en la zona de la tensión más baja en el caso de un opto acoplador funcional 5.

Las mediciones muestran una degradación significativa a través del periodo de funcionamiento. En el estado inicial (0h), la tensión de saturación U_{CE_Sat} es de aproximadamente 187 mV. Desde aproximadamente 6000 h en adelante,

la zona curvada de la curva característica se excede, de modo que la tensión de saturación U_{CE_Sat} incrementa rápidamente. A 8000 h, la tensión de saturación U_{CE_Sat} incrementa hasta 512 mV.

Por lo tanto, en un motor EC 1, la degradación verdadera del opto acoplador 5 en relación con la electrónica del motor utilizada en el motor EC 1 se puede determinar por una medición relativamente simple de la tensión de saturación U_{CE_Sat} en la salida del opto lo acoplador 5 por medio de un conjunto de evaluación 6. La determinación de la degradación de este modo por la medición de la tensión de saturación U_{CE_Sat} tiene la ventaja adicional de que funciona independientemente de la corriente de entrada y de la temperatura ambiente y en la práctica se puede aplicar en cualquier punto de funcionamiento. La medición se lleva a cabo mientras el LED del opto acoplador 5 está conectado, esto es durante un nivel bajo de señal en la salida del opto acoplador. El umbral de referencia U_{REF} indica hasta qué tensión de saturación U_{CE_Sat} máxima la electrónica del motor puede todavía diferenciar un nivel de señal bajo a partir de un nivel de señal alto en la salida del opto acoplador 5 de modo que se asegure la funcionalidad de la electrónica del motor. Cuando se cede el umbral de referencia U_{REF} , el conjunto de evaluación 6 genera, por ejemplo, un mensaje de aviso para el usuario antes de que la electrónica del motor deje de funcionar. Por lo tanto, el usuario dispone de tiempo suficiente para proporcionar u opto acoplador 5 de recambio sin apagar el dispositivo durante un tiempo relativamente largo.

La figura 5 muestra una forma de realización específica de un conjunto de evaluación 6. El conjunto de evaluación 6 comprende dos resistencias conectadas en serie R_1 , R_2 y un comparador 7. El conjunto de evaluación está conectado a la fuente de tensión de la electrónica del motor a través de la resistencia R_1 . El comparador 7 tiene dos entradas de tensión, una primera entrada de tensión que está conectada entre las dos resistencias R_1 y R_2 . Las resistencias R_1 y R_2 forman un distribuidor de tensión y están diseñadas en términos de su resistencia eléctrica de tal modo que, a la primera tensión de entrada del comparador 7, forman una tensión de referencia que corresponde al umbral de referencia U_{REF} . La segunda entrada de tensión del comparador 7 está conectada a la salida del opto acoplador 5 de modo que la tensión de saturación U_{CE_Sat} se aplica en la segunda entrada de tensión del comparador cuando el opto acoplador está conectado. El conjunto de evaluación 6 por lo tanto mide la tensión de saturación U_{CE_Sat} y la compara con la tensión de referencia por medio del comparador 7. Si la tensión de saturación U_{CE_Sat} excede de la tensión de referencia, el comparador 7 del conjunto de evaluación 6 emite de salida una señal de aviso la cual avisa sobre una sustitución necesaria del opto acoplador 5.

Una forma de realización alternativa del conjunto de valoración 6 se representa en la figura 6. El conjunto de evaluación 6 comprende un amplificador 8 y un microprocesador 9. Un entrada del amplificador 8 está conectada a la salida del opto acoplador 5, de modo que la tensión de saturación U_{CE_Sat} se aplica en la entrada del amplificador 8 cuando el opto acoplador 5 está conectado. El microprocesador 9 está conectado a la salida del amplificador 8 y evalúa la tensión de saturación U_{CE_Sat} amplificada comparando la tensión de saturación U_{CE_Sat} amplificada con un umbral de referencia U_{REF} adaptado a la amplificación y que genera una señal de aviso en una salida cuando se excede el umbral de referencia U_{REF} .

El conjunto de evaluación 6 también puede estar integrado en parte dentro de la electrónica del motor y por ejemplo puede utilizar el microprocesador 4 de la electrónica del motor en lugar de un microprocesador 9 separado.

Otra forma de realización de la invención se basa en el conocimiento a partir de los resultados de la medición de las pruebas a largo plazo de que la corriente enviada entera I_F no siempre es necesaria en el LED para la corriente de salida requerida I_C . La corriente de entrada I_F requerida en teoría para conseguir la saturación resulta a partir de la corriente de salida establecida I_C en la salida del opto acoplador 5 y a partir de la relación CTR del opto acoplador 5 ($I_F = I_C \cdot 100/CTR$). En particular en un opto acoplador 5 nuevo, el cual todavía está lejos del final de su vida útil, una corriente de entrada relativamente baja I_F es suficiente en realidad para conseguir una tensión de saturación $U_{CE_Sat} < U_{REF}$ suficientemente baja para la electrónica del motor. La corriente de entrada I_F se puede reducir por retroalimentación a la entrada del opto acoplador 5 hasta un punto en el que la tensión de saturación U_{CE_Sat} detectada esté justo por debajo del umbral de referencia U_{REF} .

Si por ejemplo se determina un umbral de referencia de $U_{REF} = 0,3 \text{ V}$ para la electrónica del motor, entonces se puede ver para el opto acoplador 5 en la figura 7, en el cual el efecto del envejecimiento no es todavía significativo después de 8000 h como lo es en la figura 4, que, hasta un tiempo de funcionamiento de 8000 h, una corriente de entrada I_F de aproximadamente sólo 7 mA es suficiente para conseguir una tensión de saturación suficientemente baja de $< 0,3 \text{ V}$ para una corriente de salida de $I_C = 5 \text{ mA}$ cuando el opto acoplador tiene una relación CTR del 50%. La corriente de entrada I_F calculada por medio de la relación CTR sería 10 mA. Puesto que la degradación del opto acoplador 5 depende particularmente de forma considerable en el nivel de la corriente de entrada I_F (véase también la figura 2), la vida útil con relación al funcionamiento del opto acoplador 5 a una corriente de entrada más alta I_F se extiende reduciendo la corriente de entrada I_F . Además, esta forma de realización de la invención ahorra energía durante el funcionamiento del opto acoplador.

La figura 8 muestra un diagrama de bloques ejemplar de una forma de realización de un motor EC 1 con retroalimentación, según la invención, del opto acoplador 5. En esta forma de realización del motor EC, es posible una transmisión de señales bidireccional, esto es las señales son transmitidas desde las entradas de las señales al conjunto de control del motor a través de un primer opto acoplador 5a y desde el conjunto de control del motor a las

salidas de las señales del motor EC a través de un segundo opto acoplador 5b. En la salida del opto acoplador 5a, un primer conjunto de evaluación 6a detecta la tensión de saturación $U_{CE_Sat_5a}$ y compara ésta con un umbral de referencia U_{REF} . Si la tensión de saturación $U_{CE_Sat_5a}$ es más alta que el umbral de referencia U_{REF} , el final de la vida útil del primer opto acoplador 5a ha sido alcanzado y se genera una señal de aviso, como ya se ha descrito antes en este documento. Si la tensión de saturación $U_{CE_Sat_5a}$ está por debajo del umbral de referencia U_{REF} , la señal de ajuste S_{F1} se calcula como una función de la tensión de saturación $U_{CE_Sat_5a}$ mediante un microprocesador, el cual se utiliza para el regulador de corriente de bucle cerrado de la corriente de entrada I_{F1} del primer opto acoplador 5a por medio de un regulador de corriente 12a conectado a la entrada del opto acoplador 5a. La corriente de entrada I_{F1} se reduce hasta un punto en el cual la tensión de saturación $U_{CE_Sat_5a}$ esté todavía por debajo del umbral de referencia U_{REF} . Puesto que la degradación continúa, la tensión de saturación U_{CE_Sat} aumenta para una corriente de entrada particular I_{F1} , de modo que la corriente de entrada I_{F1} se incrementa a medida que progresa la vida útil, pero únicamente siempre hasta una extensión tal que la tensión de saturación $U_{CE_Sat_5a}$ permanezca por debajo del umbral de referencia U_{REF} . Después un cierto período de funcionamiento, un aumento en la corriente de entrada I_{F1} dejará de mantener la tensión de saturación U_{CE_Sat} por debajo del umbral de referencia U_{REF} , de modo que en este caso la señal de aviso es generada por el primer conjunto de evaluación 6a, como se ha descrito antes en este documento. En este contexto el umbral de referencia U_{REF} se adapta a la aplicación particular de modo que dicho umbral esté todavía suficientemente por debajo del final real de la vida útil en cada caso.

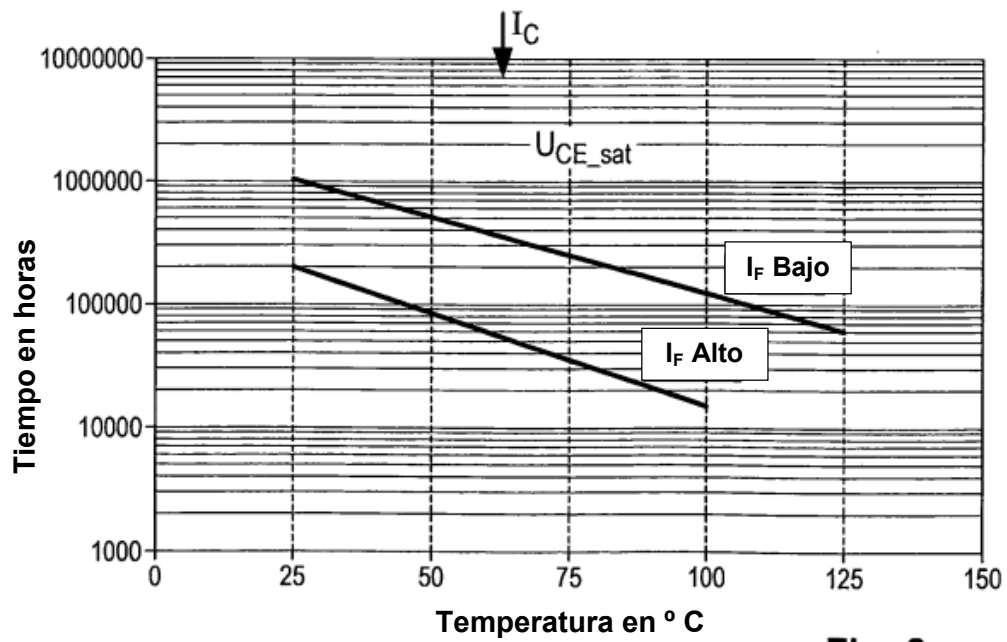
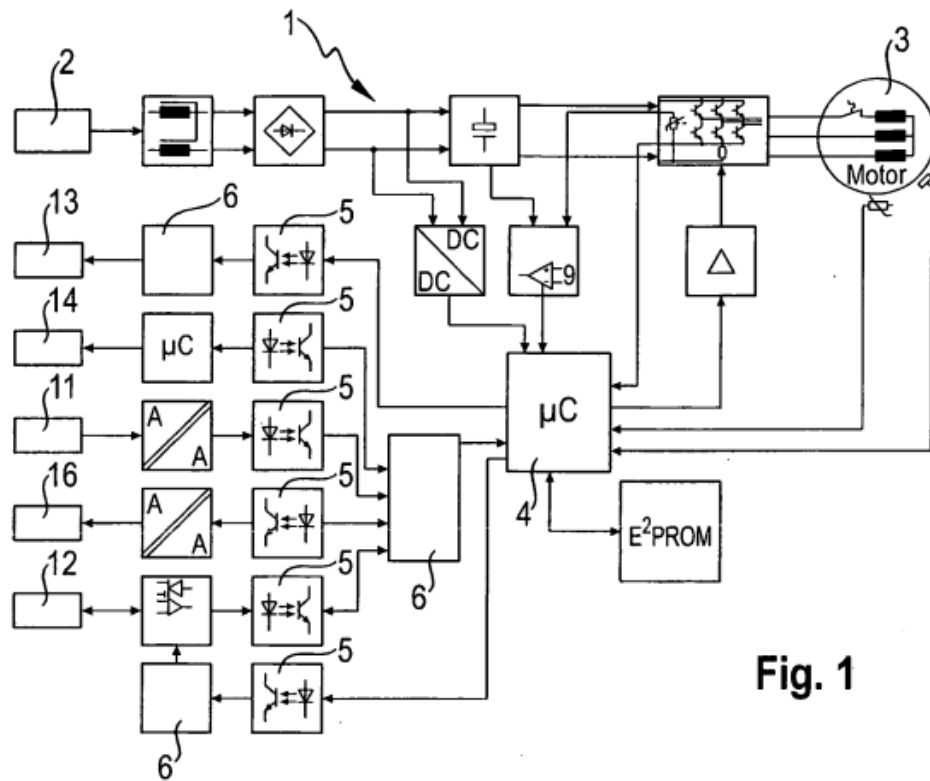
Para transmitir la señal de ajuste S_{F1} de vuelta a la entrada galvánicamente aislada del opto acoplador 5a, se utiliza el canal inverso para la transmisión de una señal útil como una señal de salida desde el conjunto de control del motor hacia las salidas de señales del motor EC 1 a través del segundo opto acoplador 5b. Sin embargo, únicamente pueden ser transmitidas señales digitales utilizando los opto acopladores 5a y 5b. Por lo tanto, la señal de ajuste analógica S_{F1} para el control de bucle cerrado del primer opto acoplado 5a se modula sobre la señal útil del conjunto de control del motor en la entrada del segundo opto acoplador 5b por medio de un modulador 13a, se desmodula en la salida del segundo opto acoplador 5b por medio de un demodulador 14a, y se alimenta al regulador de corriente 12a. La reducción de la corriente enviada I_{F1} favorece la vida útil del primer opto acoplador 5a y se reduce la energía requerida en el circuito.

Este principio también puede ser transferido al segundo opto acoplador 5b. De acuerdo con ello, un segundo conjunto de evaluación 6b en la salida del segundo opto acoplador 5b detecta la tensión de saturación $U_{CE-sat-5b}$ y compara ésta con un umbral de referencia U_{REF} . Si la tensión de saturación $U_{CE-sat-5b}$ está por encima del umbral de referencia U_{REF} , el final de la vida útil del segundo opto acoplador 5b ha sido alcanzado y se genera una señal de aviso, como ya se ha descrito antes en este documento. Si la tensión de saturación $U_{CE-sat-5b}$ está por debajo del umbral de referencia U_{REF} , una señal de ajuste S_{F2} se calcula como una función de la tensión de saturación $U_{CE-sat-5b}$ por medio de un microprocesador, el cual se utiliza para el control de bucle cerrado de la corriente de entrada I_{F2} por medio de un segundo regulador de corriente 12b conectado a la entrada del opto acoplador 5b. La corriente de entrada I_{F2} se controla por consiguiente de una manera en bucle cerrado. Para este propósito, una segunda señal de ajuste analógica S_{F2} para el control de bucle cerrado del segundo opto acoplador 5b se modula sobre la señal útil en la salida del primer opto acoplador 5a por medio de un segundo modulador 13b, se desmodula en la salida del primer opto acoplador 5a por medio de un segundo de modulador 14b y se alimenta a un segundo regulador de corriente 12b.

La invención no está limitada a las formas de realización representadas y descritas sino que cubre también todas las formas de realización que actúan del mismo modo en términos de la invención. Se hace énfasis expresamente a que las formas de realización no están limitadas a todas las características en combinación sino que cada sub característica individual también puede tener una significancia inventiva por sí misma cuando se separa de todas las otras sub características. Adicionalmente, hasta ahora la invención no ha estado limitada a las combinaciones de características definidas en la reivindicación 1 sino que también puede estar definida por cualquier otra combinación de ciertas características o todas las características individuales reveladas. Esto significa que, en principio, prácticamente cualquier característica individual de la reivindicación 1 puede ser omitida o sustituida mediante por lo menos una característica individual revelada en cualquier lugar de la solicitud.

REIVINDICACIONES

1. Motor EC (1) que comprende la electrónica del motor, una entrada de señales o una salida de señales y un opto acoplador (5, 5a, 5b) para la transmisión galvánicamente aislada de una señal útil entre el conjunto de control del motor y la entrada de señales o la salida de señales, caracterizado por que, cuando el opto acoplador (5, 5a, 5b) está conectado, un conjunto de evaluación (6, 6a, 6b) evalúa regularmente una tensión de saturación (U_{CE_Sat}) del opto acoplador (5, 5a, 5b) en la salida de dicho opto acoplador (5, 5a, 5b) con relación a un umbral de referencia (U_{REF}) y genera una señal de aviso cuando la tensión de saturación (U_{CE_Sat}) excede del umbral de referencia (U_{REF}).
2. Motor EC según la reivindicación 1 caracterizado por que el conjunto de evaluación (6, 6a, 6b) comprende dos resistencias (R_1 , R_2) y un comparador (7), las resistencias estando diseñadas como distribuidores de tensión de tal modo que generan una tensión de referencia, que corresponde al umbral de referencia (U_{REF}), en la primera entrada del comparador (7) y la salida del opto acoplador (5, 5a, 5b) está conectada a una segunda entrada del comparador (7), de modo que la tensión de saturación (U_{CE_Sat}) se aplica en la segunda entrada del comparador (7) cuando el opto acoplador (5, 5a, 5b) está conectado, y el comparador (7) genera una señal de aviso en una salida del conjunto de evaluación (6, 6a, 6b) cuando la tensión de saturación (U_{CE_Sat}) excede del umbral de referencia (U_{REF}).
3. Motor EC según la reivindicación 1 caracterizado por que el conjunto de evaluación (6, 6a, 6b) comprende un amplificador (8) y un microprocesador (9), la entrada del amplificador (8) estando conectada a la salida del opto acoplador (5, 5a, 5b), de modo que la tensión de saturación (U_{CE_Sat}) se aplica en la entrada del amplificador (8) cuando el opto acoplador (5, 5a, 5b) está conectado, y la salida del amplificador (8) está conectada a una entrada del microprocesador (9), el microprocesador (9) evaluando la tensión de saturación amplificada (U_{CE_Sat}) y comparando ésta con el umbral de referencia (U_{REF}) y el microprocesador (9) generando una señal de aviso en una salida del conjunto de evaluación (6, 6a, 6b) cuando la tensión de saturación amplificada (U_{CE_Sat}) excede del umbral de referencia (U_{REF}).
4. Motor EC según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado por que el conjunto de evaluación (6, 6a, 6b) genera una señal de ajuste (S_{F1} , S_{F2}) para el control de bucle cerrado de una corriente de entrada (I_{F1} , I_{F2}) del opto acoplador (5, 5a, 5b) sobre la base de la relación del valor de la tensión de saturación (U_{CE_Sat}) con respecto al umbral de referencia (U_{REF}), la señal de ajuste (S_{F1} , S_{F2}) estando conectada directamente o indirectamente a una entrada de un regulador de corriente (12a, 12b) para el control de bucle cerrado de la corriente de entrada (I_{F1} , I_{F2}).
5. Motor EC según la reivindicación 4 caracterizado por que el motor EC comprende por lo menos un segundo opto acoplador para la transmisión de una segunda señal útil y un modulador (13a, 13b) y un demodulador (14a, 14b), el modulador (13a, 13b) modulando, aguas arriba de la entrada del segundo opto acoplador (5, 5a, 5b), la señal de ajuste (S_{F1} , S_{F2}) para el regulador de corriente (12a, 12b) del primer opto acoplador (5a, 5b) sobre la señal útil que va a ser transmitida a través del segundo opto acoplador (5, 5a, 5b) y el demodulador desmodulando, aguas abajo de la salida del segundo opto acoplador (5, 5a, 5b), la señal de ajuste (S_{F1} , S_{F2}) para el regulador de corriente (12a, 12b) del primer opto acoplador (5, 5a, 5b) a partir de la señal útil.
6. Motor EC según la reivindicación 5 caracterizado por que el motor EC comprende por lo menos un segundo conjunto de evaluación (6, 6a, 6b), el segundo conjunto de evaluación (6, 6a, 6b) generando una segunda señal de ajuste (S_{F1} , S_{F2}) para el control de bucle cerrado de una corriente de entrada (I_{F1} , I_{F2}) del segundo opto acoplador (5, 5a, 5b) según la relación del valor de la tensión de saturación (U_{CE_Sat}) del segundo opto acoplador (5, 5a, 5b) con respecto al umbral de referencia (U_{REF}), la segunda señal de ajuste (S_{F1} , S_{F2}) estando conectada tanto directamente como indirectamente a una entrada de un segundo regulador de corriente (12a, 12b) para el control de bucle cerrado de la corriente de entrada (I_{F1} , I_{F2}) del segundo opto acoplador (5, 5a, 5b).
7. Motor EC según la reivindicación 6 caracterizado por que el motor EC comprende un segundo modulador (13a, 13b) y un segundo demodulador (14a, 14b), el segundo modulador (13a, 13b) modulando, aguas arriba de la entrada del primer opto acoplador (5, 5a, 5b), la señal de ajuste (S_{F1} , S_{F2}) para el regulador de corriente (12a, 12b) del segundo opto acoplador (5, 5a, 5b) sobre la señal útil que va a ser transmitida a través del primer opto acoplador (5, 5a, 5b) y el demodulador desmodulando, aguas abajo de la salida del primer opto acoplador (5, 5a, 5b), la señal de ajuste (S_{F1} , S_{F2}) para el regulador de corriente (12a, 12b) del segundo opto acoplador (5, 5a, 5b) a partir de la señal útil.



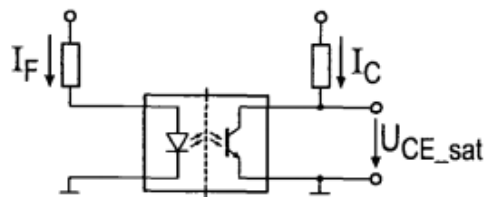


Fig. 3

U_{CE_Sat} cuando $I_F = 0 \dots 15\text{mA}$, $I_C = 5\text{ mA}$

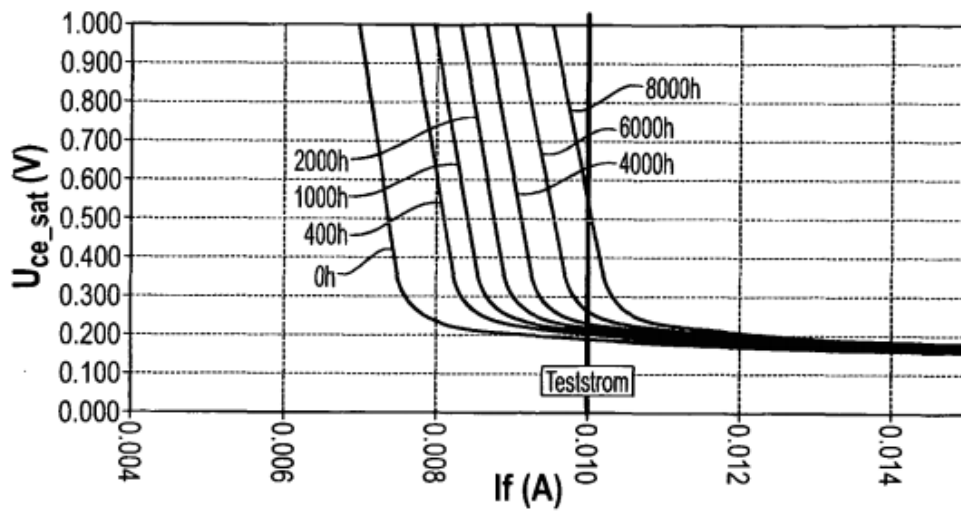


Fig. 4a

U_{CE_Sat} cuando CTR mín; $I_F = 10\text{ mA}$; $I_C = 5\text{ mA}$, CTR=50%

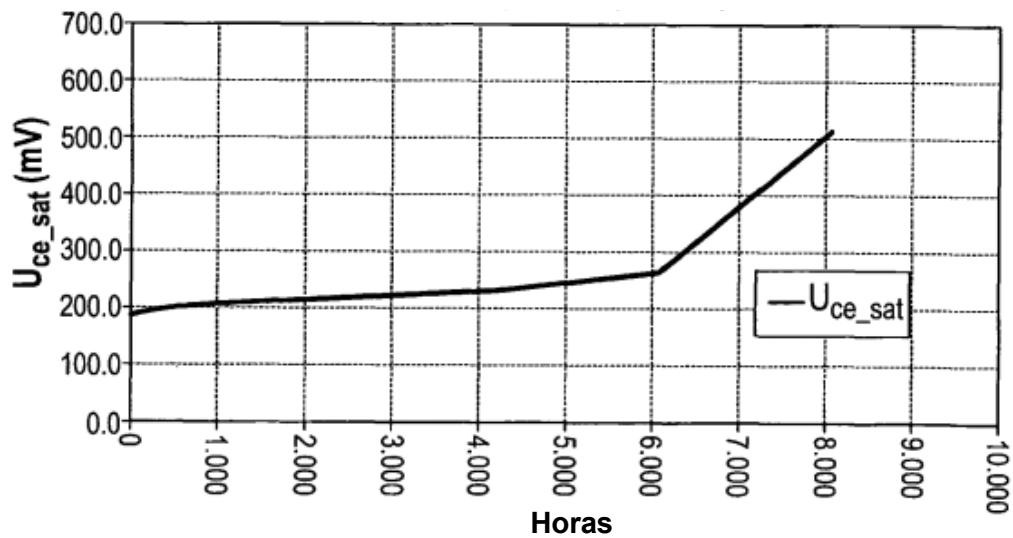


Fig. 4B

Fig. 5

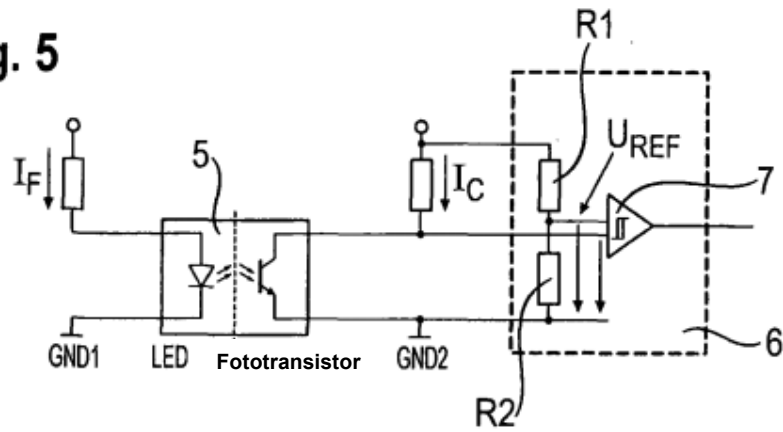


Fig. 6

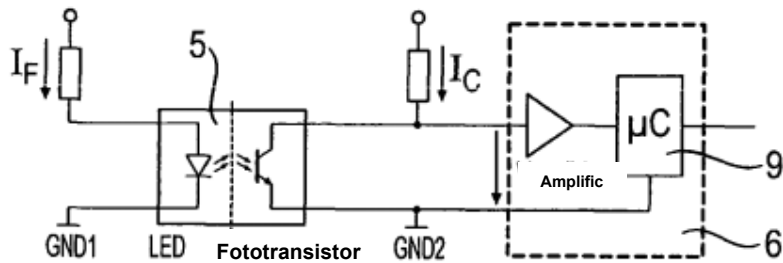
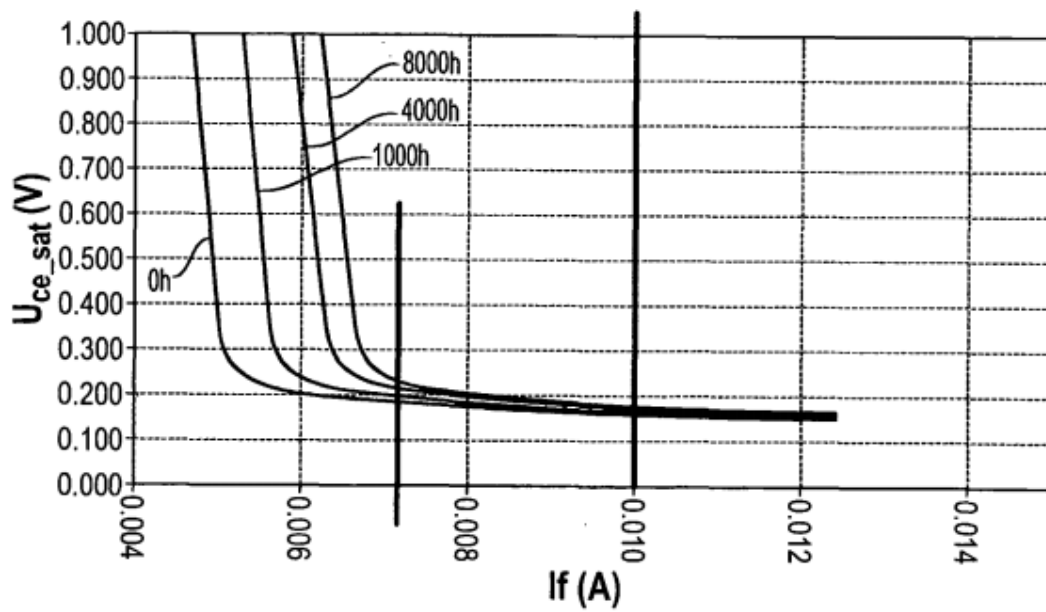


Fig. 7

U_{CE_Sat} cuando $I_F = 10 \text{ mA}$; $I_C = 5 \text{ mA}$



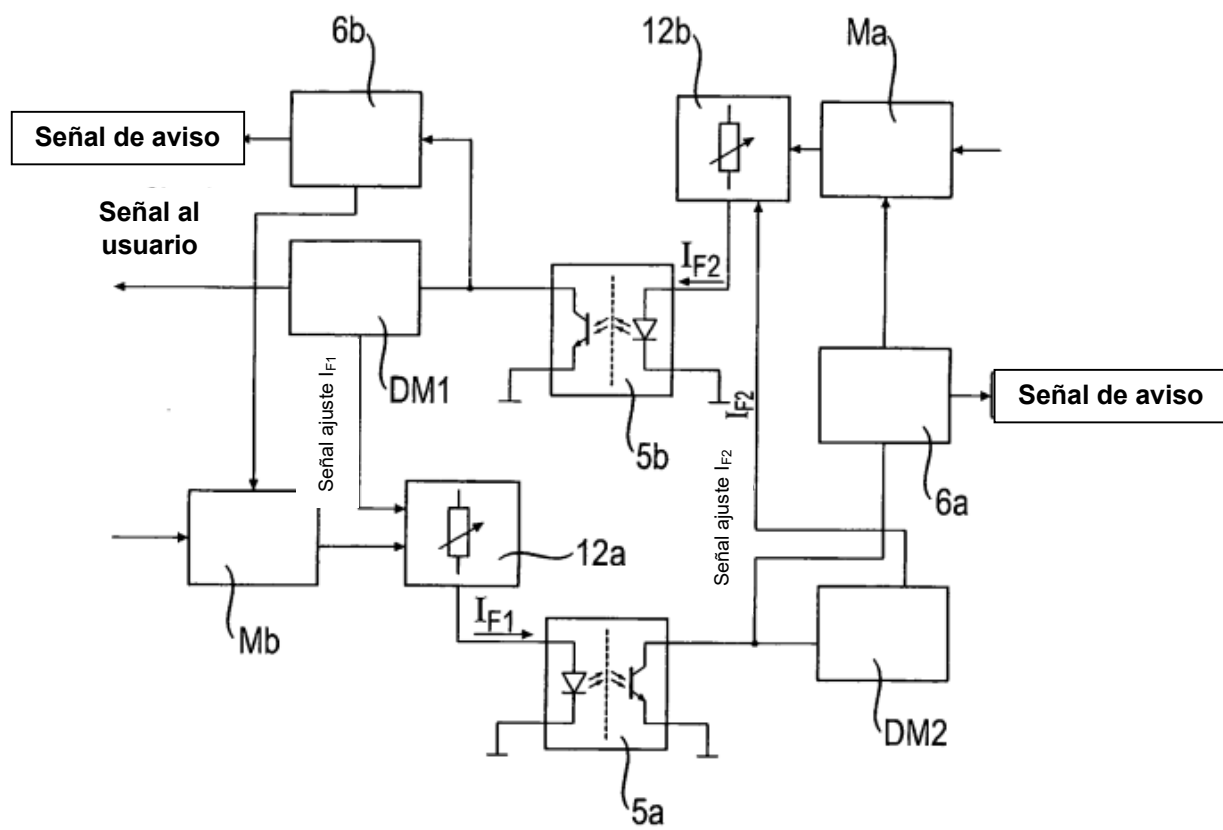


Fig. 8