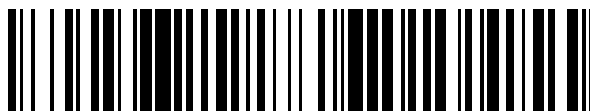


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 749**

51 Int. Cl.:

**H02P 6/18** (2006.01)

**H02P 6/182** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2011** **PCT/BR2011/000347**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2012** **WO12040805**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2011** **E 11773659 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018** **EP 2622731**

54 Título: **Sistema y método para monitorizar y controlar un motor eléctrico sin escobillas**

30 Prioridad:

**27.09.2010 BR PI1003901**

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

**26.04.2019**

73 Titular/es:

**EMBRACO INDÚSTRIA DE COMPRESSORES E  
SOLUÇÕES EM REFRIGERAÇÃO LTDA. (100.0%)  
Rua Rui Barbosa 1020, Distrito Industrial  
89219-100 Joinville SC, BR**

72 Inventor/es:

**JESKE, EDSON**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

ES 2 710 749 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema y método para monitorizar y controlar un motor eléctrico sin escobillas

5 La presente invención se refiere a un sistema de monitorización y control, capaz de impedir la formación de sobrecorrientes transitorias no deseables en un motor eléctrico sin escobillas, con el objeto de optimizar su eficiencia operativa cuando está sometido a cargas que presentan un transitorio del par relativamente elevado.

10 La presente invención se refiere asimismo a un método para monitorizar y controlar un motor eléctrico sin escobillas, que está dispuesto para evitar la desmagnetización de los imanes del motor y asimismo para impedir daños a sus componentes internos cuando se producen corrientes transitorias internas no deseables en dicho motor.

### DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA ACTUAL

15 Hoy en día, los motores eléctricos de imán permanente del tipo sin escobillas (Brushless DC o BLDC) son utilizados cada vez más en aplicaciones que requieren robustez de funcionamiento acoplada con eficiencia elevada y bajo coste. El principio de funcionamiento de un motor BLDC es similar al de un motor convencional de corriente continua (DC) con escobillas; sin embargo, en el BLDC los imanes están montados en el rotor del motor y en el estátor está instalado un conjunto de bobinas responsable de producir un campo giratorio capaz de proporcionar movimiento de rotación al motor. Adicionalmente, a diferencia del motor DC convencional en el que las bobinas son añadidas de forma secuencial mediante un sistema de conmutación con escobillas, en el motor BLDC las bobinas son activadas por medio de un sistema electrónico y tienen que estar sincronizadas según la posición del rotor en relación con el estátor.

25 En este sentido, para que un motor BLDC pueda ser controlado por un sistema electrónico, la posición del rotor debe ser conocida con el objeto de permitir la determinación de la conmutación de las bobinas del motor. Dicha posición del rotor puede ser obtenida con la utilización de sensores acoplados al motor, tales como por ejemplo los sensores de efecto Hall y codificadores adecuados que proporcionan un control preciso del motor, pero que tienen un coste elevado. En determinadas aplicaciones, tales como, por ejemplo, en compresores para refrigeración, los factores de coste, construcción y fiabilidad hacen que la utilización de dichos sensores sea prácticamente inviable.

30 Como contraste, una técnica ampliamente conocida utilizada para controlar motores BLDC, consiste en utilizar la información procedente de las propias bobinas del motor para estimar la posición del rotor con respecto al estátor. Dicha técnica es conocida como control sin sensores, dado que no utiliza ningún tipo de dispositivo de detección diseñado específicamente para este fin. En términos generales, esta técnica se basa en la premisa de que en un motor trifásico con activación simultánea de solamente dos bobinas, se producirá una variación del flujo magnético capaz de inducir una tensión en la fase no activada del motor, gracias a su movimiento de rotación. La amplitud de esta tensión está, a su vez, relacionada directamente con la posición del rotor con relación al estátor y, por consiguiente, puede ser utilizada para estimar el instante de la conmutación para la siguiente posición del motor.

40 Existen actualmente ciertas técnicas conocidas para el tratamiento de las tensiones inducidas en el control sin sensores, de modo que permiten la detección de la posición con el objeto de permitir el control del motor.

45 Por ejemplo, la solicitud de Patente norteamericana US 2004/200263109 da a conocer una estrategia de control que tiene en cuenta las tensiones inducidas en un motor BLDC, pero que solamente funciona con el motor en movimiento, esto es, cuando el motor tiene ya una velocidad de rotación suficiente en la que las tensiones inducidas tienen una amplitud mínima para permitir la utilización de esta técnica. Si el motor está en otra situación operativa, es necesario utilizar otras técnicas capaces de proporcionar movimiento al mismo hasta que es posible detectar las tensiones inducidas.

50 El documento de Patente japonesa JP 55005035 da a conocer una técnica para la puesta en marcha de motores BLDC con un control sin sensores. Dicha técnica consiste en la aplicación de una corriente a las bobinas del motor en una determinada secuencia, aumentando gradualmente la frecuencia de conmutación entre las posiciones del motor, hasta que el motor alcanza una velocidad suficiente de modo que las tensiones inducidas pueden ser monitorizadas. En este momento, el motor entra en modo de autocontrol, en el que la conmutación se produce a continuación en base a las tensiones inducidas. Un inconveniente de este método es que durante el procedimiento de puesta en marcha se puede producir una pérdida de sincronismo cuando las tensiones inducidas no están monitorizadas. Esta pérdida de sincronismo puede generar corrientes transitorias elevadas que pueden producir la desmagnetización del motor. Otro inconveniente es que esta técnica es muy sensible a las variaciones de carga, perdiendo fácilmente el sincronismo cuando funciona bajo diferentes condiciones del par de puesta en marcha.

60 La Patente norteamericana US 5,019,756 da a conocer una técnica que tiene cuatro etapas diferentes para el accionamiento de un motor BLDC hasta que está funcionando en modo auto-piloto, en el que el control de la velocidad se realiza de acuerdo con las tensiones inducidas del motor. En la primera etapa, se aplica una corriente a una disposición de las bobinas del motor, partiendo de cero hasta un valor máximo, y este procedimiento alinea el rotor del motor en una posición ya conocida por el sistema de control. En la segunda etapa, la corriente es

transferida a una segunda disposición de las bobinas del motor, de modo que se genera una aceleración del rotor del motor en la dirección deseada. Esta corriente se mantiene en la segunda bobina durante un tiempo específico, y una vez transcurrido este tiempo, se produce de nuevo una conmutación a una tercera disposición de las bobinas, iniciándose la tercera etapa de la estrategia de puesta en marcha. A partir de este punto, el motor alcanza ya una velocidad suficiente y, a continuación el control monitoriza las tensiones inducidas del motor. Si durante un intervalo de tiempo predefinido durante la tercera etapa el control detecta una posición válida del motor, se produce una conmutación y el motor entra en la cuarta etapa que se caracteriza por un funcionamiento basado en las tensiones inducidas del motor. Si no se detecta una posición válida, se vuelve a iniciar el procedimiento de puesta en marcha en la primera etapa. No obstante, este método cuando es aplicado a cargas que requieren un par inicial elevado, puede no presentar buenos resultados. Dichas cargas consisten, por ejemplo, en compresores para refrigeración que requieren una puesta en marcha bajo condiciones de presiones de aspiración y descarga desiguales (par de puesta en marcha elevado). Bajo estas condiciones que se pueden producir durante el periodo transitorio de puesta en marcha, el accionamiento del motor se realiza fuera de sincronismo con las tensiones inducidas, lo que ocasiona la formación de corrientes transitorias internas en el motor, y los imanes pueden desmagnetizarse o incluso dañarse el circuito de accionamiento. En otras palabras, en la situación de presión no equilibrada, se requiere un par elevado del motor hasta que el compresor consigue superar la presión transitoria inicial.

El par producido en un motor BLDC es proporcional a la corriente aplicada al mismo, y asimismo al flujo magnético generado por los imanes permanentes. En base a este concepto, si se desea un par máximo durante el procedimiento de puesta en marcha del motor, es suficiente aumentar la corriente aplicada al mismo hasta el valor máximo, teniendo en cuenta que esta corriente es aplicada de manera sincronizada con las tensiones inducidas del motor. No obstante, esta técnica puede producir la aparición de corrientes transitorias internas en el motor, que no pueden ser medidas directamente por medio de técnicas conocidas, dado que solamente se mide la corriente de la barra colectora del rectificador. Tal como ya se ha mencionado anteriormente, pueden surgir corrientes transitorias en el caso de una carga extrema en el eje del motor, las cuales son producidas por diferencias entre la detección de la posición y el accionamiento del motor. Dichas diferencias se derivan del hecho de que las tensiones inducidas son muy reducidas para permitir una identificación del instante exacto de la conmutación.

En particular, durante el procedimiento de puesta en marcha de un motor BLDC, se pueden producir situaciones en las que es necesario un par de puesta en marcha elevado, de tal modo que el motor consigue adquirir una cierta velocidad y empieza a funcionar en base a la detección de la posición determinada por las tensiones inducidas en sus bobinas. Los compresores de gas para aplicación en la refrigeración, cuando son utilizados en sistemas que tienen válvulas de bloqueo o de expansión, que requieren un par de puesta en marcha relativamente elevado, son susceptibles a importantes transitorios del par durante el procedimiento de puesta en marcha. En dichas situaciones, debido a la baja rotación del motor, la detección de la posición del motor queda afectada negativamente haciendo que el control del motor sea crítico en estas condiciones. En otras palabras, debido a la diferencia entre la posición real del motor y la tensión aplicada al motor, pueden aparecer corrientes transitorias en el interior del motor, que pueden alcanzar valores de una magnitud tal que son capaces de ocasionar daños a los componentes magnéticos internos del motor. Del mismo modo, la aparición de corrientes transitorias también se puede producir bajo un régimen operativo/de trabajo normal del motor, debido a la carga extrema requerida por la aplicación, y debido asimismo a las variaciones instantáneas y repentinas en el par. Estas corrientes transitorias pueden afectar asimismo al tamaño de los semiconductores de potencia, dado que deben estar diseñados para hacer frente a los niveles de corriente requeridos por la aplicación, ocasionando un incremento en el coste final de la solución.

Por consiguiente, todavía no se conoce un sistema/método de monitorización y control de un motor BLDC de bajo coste que tenga la capacidad de evitar la formación de corrientes transitorias internas en la situación y el régimen de puesta en marcha, aliado con la robustez frente a las variaciones de carga.

## OBJETIVOS DE LA INVENCION

Por lo tanto, es un primer objetivo de esta invención dar a conocer un sistema/método de bajo coste para monitorizar y controlar el funcionamiento de un motor eléctrico sin escobillas (BLDC - "Brushless DC"), que presenta la capacidad de evitar la formación de corrientes transitorias internas en el motor y, que asimismo es seguro frente a potenciales variaciones de carga que se pueden producir en el sistema.

Es asimismo un segundo objetivo de esta invención dar a conocer un sistema/método que es inmune a potenciales variaciones de carga que se pueden producir, que es capaz de estar dispuesto para la monitorización y el control del funcionamiento de un motor eléctrico sin escobillas (BLDC - "Brushless DC") de modo que optimiza su eficiencia operativa cuando es sometido a cargas que presentan un par transitorio relativamente elevado.

Es asimismo un tercer objetivo de esta invención dar a conocer un sistema/método de bajo coste que está dispuesto para la monitorización y el control de un motor eléctrico sin escobillas (BLDC - "Brushless DC"), capaz de evitar la desmagnetización de los imanes del motor y asimismo de evitar daños en sus componentes internos cuando en dicho motor se producen corrientes transitorias internas no deseables, mejorando las características de funcionamiento tanto en condiciones de régimen como en la puesta en marcha del motor, cuando este está sometido a cargas con un par transitorio elevado.

Es asimismo un cuarto objetivo de esta invención dar a conocer un sistema/método capaz de permitir la detección indirecta de corrientes transitorias internas de un motor eléctrico sin escobillas (BLDC - "Brushless DC") así como un algoritmo para eliminar estas corrientes.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Uno o varios objetivos de la invención es (o son) alcanzados proporcionando un sistema para la monitorización y control de un motor eléctrico sin escobillas, donde dicho motor es trifásico y puede ser asociado a una fuente de energía eléctrica por medio de un rectificador. El sistema comprende, por lo menos, un conjunto de accionamiento asociado operativamente al motor y al rectificador que, a su vez, está dispuesto para proporcionar una tensión continua en la barra colectora y una tensión continua de referencia a la tensión al conjunto de accionamiento. Dicho conjunto de accionamiento comprende conmutadores dispuestos para activar simultáneamente dos fases del motor. El conjunto de accionamiento es además capaz de mantener la tensión inducida en la fase no activada del motor al valor de la tensión de la barra colectora o al valor de la tensión de referencia cuando se produce una corriente transitoria en el motor. Adicionalmente, el sistema comprende asimismo, por lo menos, un dispositivo de observación de la tensión asociado operativamente al motor y al conjunto de accionamiento, capaz de permitir la monitorización de una tensión inducida en una fase no activada del motor. Adicionalmente, el sistema comprende asimismo, por lo menos, una unidad de control asociada operativamente al dispositivo de observación de la tensión. Dicha unidad de control está dispuesta para permitir una detección de la caída de tensión por medio del dispositivo de observación de la tensión. La unidad de control está dispuesta además para ordenar la apertura de un determinado conmutador del conjunto de accionamiento durante un cierto intervalo de tiempo para interrumpir el suministro de energía al motor cuando la medición de la tensión inducida en la fase no activada del motor presenta un valor comprendido dentro de un intervalo de tensiones predeterminado, estando el intervalo de tensiones predeterminado relacionado con la caída de tensión e indicando la aparición de una corriente transitoria, por lo menos en una fase no activada del motor.

En una realización preferente, una unidad de control está dispuesta asimismo para identificar la posición del motor y/o monitorizar una alteración en la posición del motor en base a la información procedente del dispositivo de observación de la tensión.

Preferentemente, la unidad de control está dispuesta asimismo para proporcionar dicha orden del conjunto de accionamiento en base al resultado de la monitorización del dispositivo de observación de la tensión durante el periodo del procedimiento de puesta en marcha del motor y durante el periodo de régimen de trabajo del motor.

Uno o varios objetivos de la invención es (o son) conseguidos, mediante la disposición de un método de monitorización y control de un motor trifásico sin escobillas y que puede ser asociado a una fuente de energía eléctrica. Dicha fuente de energía eléctrica es capaz de permitir disponer una tensión continua en la barra colectora y de una tensión continua de referencia en el motor. El método comprende las etapas siguientes:

- i) suministrar energía eléctrica simultáneamente a dos fases del motor;
- ii) detectar el instante en que se produce un cambio en la posición del motor;
- iii) mantener la tensión inducida en una fase no activada del motor al valor de la tensión de la barra colectora o al valor de la tensión de referencia cuando se produce una corriente transitoria en el motor;
- iv) medir la tensión inducida en una fase no activada del motor;
- v) comparar la tensión inducida en la fase no activada del motor medida en la etapa iv) con un intervalo de tensiones predeterminado, indicando el intervalo de tensiones predeterminado la aparición de una corriente transitoria en, por lo menos, una fase no activada del motor; e
- vi) interrumpir el suministro de energía al motor durante un primer intervalo de tiempo predeterminado si la comparación realizada en la etapa v) indica que la tensión inducida en la fase no activada del motor presenta un valor comprendido dentro del intervalo de tensiones predeterminado, durante un segundo intervalo de tiempo predeterminado.

En otras palabras, la presente invención da a conocer una técnica de detección indirecta de corrientes transitorias internas del motor, con el fin de eliminarlas. Más concretamente, las corrientes transitorias son evaluadas e identificadas en base al análisis de la tensión de un terminal no activado del motor, en el que se realiza una comparación de esta tensión con la tensión de DC de la barra colectora o con una tensión de referencia. De este modo, teniendo en cuenta que la corriente es conducida al terminal positivo de la unidad rectificadora o a otra parte de la fuente de referencia, es posible identificar la existencia de corrientes transitorias internas del motor utilizando esta técnica de detección indirecta. En ambos casos, la corriente circula a lo largo de un diodo libre del puente inversor del motor, forzando la tensión en la bobina al valor de la tensión de la barra colectora, o a la tensión de referencia. Después de identificar estas corrientes, se lleva a cabo una acción de control con el fin de interrumpir el suministro de energía eléctrica al motor durante un cierto tiempo.

El procedimiento de detección indirecta y acción de control es realizado y repetido tanto durante el tiempo en el que el motor es mantenido en una posición eléctrica, como en todas las posiciones eléctricas del motor, de modo que se

impide el desarrollo de corrientes transitorias y, asimismo, preserva los componentes magnéticos internos del motor además de los semiconductores de potencia utilizados para su accionamiento.

#### RESUMEN DESCRIPTIVO DE LOS DIBUJOS

A continuación se describirá la presente invención con mayor detalle, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema para monitorizar y controlar un motor sin escobillas (BLDC - "Brushless DC") según una realización preferente de la presente invención;

la figura 2 muestra un gráfico representativo de las formas de onda características del accionamiento del motor BLDC del sistema mostrado en la figura 1;

la figura 3 muestra un gráfico representativo de todas las etapas operativas del motor BLDC del sistema mostrado en la figura 1, empezando por la etapa de alineación del motor -S1-, el accionamiento en bucle abierto -S2- y, finalmente, el modo de auto piloto -S3- en el que el control de la velocidad del motor se realiza en bucle cerrado;

la figura 4 muestra un gráfico representativo de la aparición de una sobrecorriente en el motor BLDC del sistema mostrado en la figura 1, en situaciones de transitorios del par elevados, y adicionalmente, de los efectos derivados de la aparición de esta sobrecorriente en un punto de medición de la tensión en una fase no activada del motor BLDC;

la figura 5 muestra la circulación de una corriente en el motor BLDC y en un conjunto de accionamiento del sistema mostrado en la figura 1, durante una posición "3" del motor BLDC;

la figura 6 muestra la circulación de una corriente de desmagnetización de fase -FC- del motor BLDC del sistema mostrado en la figura 1, cuando se produce un cambio en posición, de la posición "3" a la posición "4" del motor BLDC, teniendo en cuenta el periodo de desconexión de la PWM en una conmutación del motor;

la figura 7 muestra la circulación de una corriente de desmagnetización de la fase -FC- del motor BLDC del sistema mostrado en la figura 1, cuando se produce un cambio en posición, de la posición "3" a la posición "4" del motor BLDC, considerando el periodo de conexión de la PWM o en el conmutador -3- del motor;

la figura 8 muestra la circulación de una corriente transitoria interna no deseable en el motor BLDC del sistema mostrado en la figura 1, producida tras el procedimiento de puesta en marcha a la posición "4" del motor BLDC;

la figura 9 ilustra un gráfico que muestra el efecto de las corrientes transitorias internas del motor BLDC del sistema mostrado en la figura 1 en la tensión inducida en la fase no activada del motor BLDC;

la figura 10 muestra un gráfico que representa las etapas de ejecución de un método de monitorización y control de un motor sin escobillas (BLDC - "Brushless DC") según una realización preferente de la presente invención, en la posición "4" del motor BLDC en régimen de trabajo;

la figura 11 muestra un gráfico que representa las etapas de ejecución de un método de monitorización y control de un motor sin escobillas (BLDC - "Brushless DC") según una realización preferente de la presente invención, en la posición "1" del motor BLDC en régimen de trabajo;

la figura 12 muestra la circulación de una corriente en el motor BLDC y en el conjunto de accionamiento del sistema ilustrado en la figura 1 tras la ejecución del método de monitorización y control de la presente invención, en la posición "4" del motor BLDC; y

la figura 13 muestra un gráfico que representa las etapas de ejecución de un método de monitorización y control de un motor sin escobillas (BLDC - "Brushless DC") según una realización preferente de la presente invención, durante un procedimiento de puesta en marcha del motor BLDC.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS Y DE LA INVENCION

##### Sistema de monitorización y control de un motor sin escobillas (BLDC - "Brushless DC")

El sistema para la monitorización y control de un motor -100- sin escobillas (BLDC - "Brushless DC"), objeto de la presente invención, se muestra esquemáticamente en la figura 1 en forma de un diagrama de bloques.

El motor -100- sin escobillas, denominado asimismo motor DC sin escobillas - BLDC de tipo trifásico, está configurado preferentemente en forma de estrella. Alternativamente, también se podría utilizar la configuración de tipo triángulo. Es importante tener en cuenta que la presente invención es aplicable asimismo a cualquier variante de motores de imán permanente del tipo BLDC.

El motor -100- puede estar asociado a una fuente de energía eléctrica de tensión alterna por medio de un rectificador. Opcionalmente, se podría aplicar una fuente de energía eléctrica de tensión o corriente continua al sistema de la presente invención que podría prescindir de la utilización del rectificador. Un ejemplo ampliamente utilizado de una fuente de energía de tensión continua consiste en una batería DC.

Preferentemente, el sistema para la monitorización y control de la presente invención es aplicado a un motor para su utilización en un compresor de gas para equipos de refrigeración domésticos, comerciales o industriales. Naturalmente, el sistema de la presente invención puede ser utilizado también en otras aplicaciones además de los motores para compresores de gas, siempre que sea implementada cualquier adaptación que pueda ser necesaria.

Tal como se puede ver en la figura 3, el motor -100- presenta tres etapas operativas, en las que en la primera etapa -S1- se aplica gradualmente una corriente eléctrica a dos de sus bobinas o fases, hasta el instante en que la alineación del rotor del motor -100- se produce en una posición conocida. En una segunda etapa -S2- se activa una nueva disposición del motor -100-, de modo que produce el movimiento del motor -100-. En lo que se refiere a la etapa -S3-, el motor -100- alcanza ya la velocidad suficiente, de modo que existen tensiones inducidas y, debido a ello, se puede iniciar el funcionamiento en bucle cerrado, proporcionando el control de la velocidad del motor -100-. El sistema y el método de la presente invención pueden ser aplicados en las etapas -S2- y -S3- antes mencionadas, de un modo que permite la identificación y la eliminación de las corrientes transitorias no deseables.

Tal como se puede ver en la figura 1, el sistema de la presente invención comprende, por lo menos, un conjunto de accionamiento -200- asociado operativamente al motor -100- y al rectificador, el cual a su vez, está dispuesto para proporcionar una tensión continua  $V_{bar}$  en la barra colectora y una tensión continua de referencia  $V_{ref}$  a dicho conjunto de accionamiento -200-. Si la fuente de energía es de tipo continuo, debería estar dispuesta para proporcionar la tensión continua  $V_{bar}$  en la barra colectora y la tensión continua de referencia  $V_{ref}$  directamente al conjunto de accionamiento -200-.

Además, según la figura 1, el conjunto de accionamiento -200- comprende una pluralidad de conmutadores -SW<sub>1-6</sub>- dispuestos para activar dos fases -FA-, -FB-, -FA-, -FC-, -FB-, -FC- del motor -100- de manera simultánea, con el objeto de producir el movimiento del motor -100-. Los conmutadores -SW<sub>1-6</sub>- pueden consistir en relés, diodos o transistores de potencia diseñados según las necesidades requeridas por la aplicación.

El conjunto de accionamiento -200- comprende asimismo una pluralidad de diodos libres -DI<sub>1-6</sub>-, estando cada uno de los diodos libres -DI<sub>1-6</sub>- asociado eléctricamente en paralelo a cada uno de los conmutadores -SW<sub>1-6</sub>- del conjunto de accionamiento -200-. Dicho diodo libre -DI<sub>1-6</sub>- es capaz de limitar y mantener ("fijar") la tensión en la fase no activada -FC-, -FB-, -FA- del motor -100- al valor de la tensión  $V_{bar}$  de la barra colectora o al valor de la tensión de referencia  $V_{ref}$  (dependiendo de la posición del motor -100- tras la aparición de una corriente transitoria en el motor -100-).

Preferentemente, el conjunto de accionamiento -200- comprende seis conmutadores -SW<sub>1-6</sub>- agrupados en tres grupos de parejas, y las parejas de conmutadores -SW<sub>1-6</sub>- están asociadas entre sí en paralelo, tal como se puede ver en la figura 1. En este caso el conjunto de accionamiento -200- comprende asimismo seis diodos libres -DI<sub>1-6</sub>-.

Adicionalmente, el sistema de la presente invención comprende asimismo, por lo menos, un dispositivo de observación de la tensión -300- (sensor de tensión o medidor de tensión) asociado operativamente al motor -100- y al conjunto de accionamiento -200-, capaz de permitir la monitorización de una tensión inducida en una fase no activada -FC-, -FB-, -FA- del motor -100-.

Las mediciones realizadas por medio del dispositivo de observación de la tensión -300- permiten asimismo la detección de una caída de tensión, por lo menos en un diodo libre -DI<sub>1-6</sub>- asociado operativamente a la fase no activada -FC-, -FB-, -FA- del motor -100-. Naturalmente, la obtención del valor de esta caída de tensión es ordenada por la unidad de control -400-, de modo que puede ser procesado a continuación.

Según la figura 1, el dispositivo de observación de la tensión -300- comprende tres barras colectoras de medición independientes, en las que cada línea de medición está asociada eléctricamente a una fase del motor -100-. En otras palabras, el dispositivo de observación de la tensión -300- es capaz de permitir la monitorización de cada fase del motor -100- de forma independiente.

Adicionalmente, el sistema de la presente invención comprende también, por lo menos, una unidad de control -400-, asociada operativamente al dispositivo de observación de la tensión -300-, que se compone de un microcontrolador, un microprocesador o incluso un circuito electrónico equivalente dotado de componentes discretos, circuitos integrados, u otros componentes electrónicos digitales que realizan la misma función que un microcontrolador o un microprocesador.

Merece la pena tener en cuenta que el sistema de la presente invención utiliza como base para controlar la posición del motor -100- la técnica descrita en el documento de Patente US 2004/0263109. En términos generales, la unidad de control -400- está dispuesta para analizar las mediciones del dispositivo de observación de la tensión y para accionar los conmutadores -SW1-, -SW2-, -SW3-, ... -SW6- del conjunto de accionamiento -200- en la secuencia indicada en la figura 2, con arreglo a la posición detectada del motor -100-. En particular, la figura 2 muestra como formas de onda ideales las que existen en el accionamiento de un motor de imán permanente de tipo trifásico sin escobillas DC, con onda trapezoidal.

La unidad de control -400- está dispuesta para ordenar la apertura de un determinado conmutador -SW<sub>1-6</sub>- del conjunto de accionamiento -200- durante un cierto intervalo de tiempo para interrumpir el suministro de energía al motor -100- cuando la medición de la tensión inducida en la fase no activada -FC-, -FB-, -FA- del motor presenta un valor comprendido dentro de un intervalo de tensiones predeterminado dV, que indica la aparición de una corriente transitoria, por lo menos en una fase del motor -100-.

Adicionalmente, la unidad de control -400- está dispuesta asimismo para identificar la posición del motor -100- y/o monitorizar un cambio en la posición del motor -100- en base a la información procedente del dispositivo de observación de la tensión -300-.

5 Por consiguiente, en base a la identificación de la posición del motor -100- y en base a la detección de una alteración en la posición del motor -100-, se puede determinar qué conmutador -SW<sub>1,6</sub>- del conjunto de accionamiento -200- debería ser abierto con el objeto de interrumpir el suministro de energía al motor -100-.

10 El intervalo de tensión predeterminado dV consiste en una gama de valores de tensión que comprende un límite superior de tensión y un límite inferior de tensión. Dichos límites son determinados preferentemente en base a la posición del motor -100- (para una cierta disposición de activación del motor -100-, en la que la diferencia entre el límite superior de tensión y el límite inferior de tensión consiste en el valor relativo a la caída de tensión en el diodo libre -DI<sub>1,6</sub>-). Naturalmente, el intervalo de tensión predeterminado dV puede ser determinado por medio de valores  
15 límite obtenidos experimentalmente.

Preferentemente, el intervalo de tensión dV está comprendido entre el límite superior de tensión Vbar y el límite inferior de tensión Vref.

20 Por lo tanto, la unidad de control -400- está dispuesta para determinar si la comparación de la tensión en la fase no activada -FC-; -FB-; -FA- del motor -100- debe ser realizada con el intervalo de tensión predeterminado dV que comprende la tensión de la barra colectora Vbar o con el intervalo de tensión predeterminado dV que comprende la tensión de referencia Vref, en la que dicha decisión está basada en la posición del motor -100- para una cierta disposición de activación del motor -100-.

25 En otras palabras, el módulo del intervalo de tensión predeterminado dV es sustancialmente constante y está determinado por la caída de tensión en un diodo libre -DI<sub>1,6</sub>-, sin bien los valores numéricos de la tensión de los límites (inferior y superior) de este intervalo dV varían de acuerdo con la posición del motor -100-. Por ejemplo, en la figura 10, se observa que el intervalo de tensión predeterminado dV comprende una tensión de referencia Vref para la posición "4" del motor -100- cuando la bobina de la fase -FC- no está activada. En la figura 11, se observa que el intervalo de tensión predeterminado dV comprende una tensión en la barra colectora Vbar para la posición "1" del motor -100- cuando la bobina de la fase -FC- no está activada. Por consiguiente, se puede afirmar que el intervalo de tensión predeterminado dV está "desplazado" de acuerdo con el movimiento del motor -100-.

30 Preferentemente, para determinar el intervalo de tensión predeterminado dV, es importante tener en cuenta un margen de seguridad que consiste en un valor de desplazamiento predeterminado. Este valor de desplazamiento puede ser calculado, por ejemplo, en base al ruido existente en la red eléctrica y al porcentaje de tolerancia de los componentes.

40 Además, la unidad de control -400- está dispuesta para monitorizar el dispositivo de observación de la tensión -300- tanto durante el tiempo en el que el motor -100- se mantiene en una posición durante un cierto periodo de tiempo, como asimismo durante el tiempo de transición entre dos posiciones del motor -100-. Por consiguiente, la apertura de dicho conmutador -SW<sub>1,6</sub>- del conjunto de accionamiento -200-, capaz de interrumpir el suministro de energía al motor -100- puede ser ordenada en estos dos momentos distintos.

45 Por lo tanto, el sistema de la presente invención puede ser aplicado para impedir la formación de corrientes transitorias internas en el motor -100-, tanto durante su periodo de procedimiento de puesta en marcha como asimismo durante su periodo de régimen de trabajo. Para clarificar esto, cuando el motor -100- es utilizado, por ejemplo en un compresor de gas, se tiene en cuenta lo siguiente:

- 50
- A) Puesta en marcha: cuando el compresor de gas es activado, aumenta gradualmente la rotación del motor -100- hasta alcanzar la rotación de trabajo.
  - B) Régimen de trabajo: cuando el compresor de gas funciona en una situación sustancialmente estable (régimen permanente).
  - 55 C) Detención: cuando el compresor eléctrico de gas es desconectado, la rotación del motor -100- disminuye gradualmente hasta llegar a cero.

La unidad de control -400- permite la identificación del instante en el que el motor -100- inicia el procedimiento de puesta en marcha y el instante en que el motor -100- alcanza el régimen de trabajo en base a la tensión inducida de las fases no activadas -FC-; -FB-; -FA- del motor -100- medidas mediante el dispositivo de observación de la tensión -300-.

60 De manera simultánea a la apertura del conmutador -SW<sub>1,6</sub>- del conjunto de accionamiento -200-, capaz de interrumpir el suministro de energía al motor -100-, la unidad de control -400- controla el comportamiento de la apertura y cierre de un segundo conmutador -SW<sub>1,6</sub>- del conjunto de accionamiento -200- mediante aplicar una  
65

modulación del tipo PWM, y la determinación del conmutador -SW<sub>1-6</sub>- que puede ser asignado como segundo conmutador -SW<sub>1-6</sub>- es realizada por medio de la unidad de control -400- en base a la posición del motor -100-.

La siguiente tabla 1 incluye todas las posibles combinaciones de accionamiento de los conmutadores -SW<sub>1-6</sub>- del conjunto de accionamiento -200- durante el procedimiento operativo del motor -100-. Esta tabla puede estar almacenada en una memoria interna de la unidad de control -400- o en una memoria externa, y se accede a la misma dependiendo del resultado de la detección de la posición del motor -100-. Tal como se puede observar en la tabla, se varía el conmutador -SW<sub>1-6</sub>-, en el que se aplica modulación PWM, siempre que se produce un cambio en la posición del motor -100-.

Tabla1: posibles combinaciones de los conmutadores SW1-6 durante el funcionamiento del motor

Conmutadores	Posiciones del motor BLDC					
	1	2	3	4	5	6
SW1	ON	PWM				
SW2				ON	PWM	
SW3			ON	PWM		
SW4	PWM					ON
SW5					ON	PWM
SW6		ON	PWM			

Además, según la figura 1, el sistema de la presente invención comprende asimismo, por lo menos, un dispositivo de observación de la corriente -500-, asociado operativamente a la unidad de control -400-, capaz de permitir la monitorización de la corriente total del motor -100- por medio de la unidad de control -400- mediante, por ejemplo, una resistencia de tipo derivación.

Como mediciones realizadas por medio del dispositivo de observación de la corriente -500, junto con las lecturas tomadas por el dispositivo de observación de la tensión -300-, pueden ser utilizadas por la unidad de control -400- para regular la tensión aplicada al motor -100- y para controlar la corriente máxima del motor -100-.

Para una mejor comprensión del funcionamiento del sistema de la presente invención antes descrito, a continuación se exponen algunos ejemplos prácticos de funcionamiento

### Ejemplos

Los gráficos ilustrados en la figura 4 muestran la aplicación de la presente invención en un motor BLDC durante su procedimiento de puesta en marcha. El detalle -D00- destaca una curva de corriente "Ic" que circula por la bobina de la fase -FC- del motor -100- durante la posición número "3". Dicha corriente "Ic" circulará a través de la bobina de la fase -FC- del motor -100- hasta que se produzca un cambio en la posición del motor -100-. A partir de este momento de cambio en la posición, tal como se presenta en el detalle -D01-, la corriente "Ic" empieza una etapa de desmagnetización, dado que en esta posición del motor -100- la bobina de la fase -FC- ya no está activada. En la posición "4" del motor -100-, la corriente que circula a través de la bobina de la fase -FC- permanece a cero después de la etapa de desmagnetización, pero, tal como se puede ver en el detalle -D02-, en ciertos casos puede aparecer una corriente transitoria en esta bobina, indicando unas condiciones operativas no deseables. Esta corriente es añadida a la corriente del motor y, tal como se presenta en el detalle -D03-, el resultado es la aparición de un pico de corriente en el motor -100-, en el cual el componente de la corriente que genera este pico no puede ser detectado por medio del procedimiento habitual de detección de la corriente, utilizando únicamente un sensor de corriente. El detalle -D04- consiste en valores medidos en la bobina de la fase -FC- no activada del motor, mostrando que su valor está vinculado a la tensión de referencia Vref, dado que el diodo libre -D16- (en paralelo con el conmutador "SW6") está conduciendo una corriente transitoria en la bobina de la fase -FC-. En el detalle -D05- se observa que la corriente transitoria eliminada y, en consecuencia, como el diodo libre -D16- ya no está siendo conducido, se puede medir una tensión inducida, tal como se puede ver en el detalle -D06-.

Los detalles -D07-, -D08-, -D09- y -D10- de la figura 4 muestran una situación análoga, pero en el caso de la posición "1" del motor. Por lo tanto, en -D07-, se advierte la aparición de una corriente transitoria en la bobina de la fase -FC-, vinculando la tensión medida en esta bobina a la tensión Vbar de la barra colectora Vbar, debido a la conducción del correspondiente diodo libre, tal como se puede ver en -D08-. En -D09- es posible advertir que no existe corriente transitoria, por lo tanto se puede medir una tensión inducida en la bobina no activada de la fase -FC- tal como se muestra en -D10-.

El análisis presentado anteriormente es aplicable asimismo a las demás fases -FA- y -FB- del motor -100-.

La figura 5 presenta el recorrido de la circulación de la corriente "Ic" del detalle -D00- de la figura 4 en el motor -100- y en el conjunto de accionamiento -200- cuando el motor está en la posición "3". Se puede observar que la corriente "Ic" parte de la fuente de energía y es aplicada a las bobinas de las fases -FB- y -FC- del motor -100-, de modo que se genera el par necesario para moverlo.

Las figuras 6 y 7 muestran ambas el recorrido de la circulación de la corriente "Ic" del detalle -D01- de la figura 4, en el instante en que se produce un cambio de la posición "3" a la posición "4" del motor -100-. Dicha corriente está compuesta por la corriente de desmagnetización de la bobina, generada en base a su característica de inducción. La figura 6 tiene en cuenta el ciclo inactivo de PWM (conmutador -SW3- conectado). Por el contrario, la figura 7 tiene en cuenta el ciclo activo de PWM 5 (conmutador -SW3- desconectado).

La figura 8 muestra el recorrido de la corriente "Ic" en -D02- de la figura 4 (corriente transitoria) durante la posición "4" del motor -100-. La caída de tensión en el diodo libre -DI6- (en paralelo al conmutador -SW6- es utilizada para identificar la existencia de esta corriente transitoria que, en condiciones operativas normales, no debería estar circulando en el motor -100-. El principal problema ocasionado por esta corriente es que es añadida a la corriente aplicada a la bobina de la fase -FA- del motor -100-, ocasionando la formación de una sobrecorriente, tal como se puede ver en el detalle -D03- de la figura 4.

En resumen, las figuras 5, 6, 7 y 8 muestran el comportamiento de la corriente que circula en el conjunto de accionamiento -200- y en una fase del motor -100- durante un instante antes de un cambio en la posición del motor -100-, durante el cambio de posición y, finalmente, durante un instante a continuación del cambio en la posición del motor -100-. El comportamiento de la corriente para todas las demás posiciones y fases del motor -100- puede ser deducido de forma análoga.

La figura 9 demuestra que dependiendo de la posición del motor -100-, la corriente transitoria que circula en el mismo a través del diodo libre fija la tensión de la bobina no activada a la tensión  $V_{bar}$  de la barra colectora o a la tensión de referencia  $V_{ref}$ . Si dichas corrientes transitorias no existen, la tensión medida está compuesta por la tensión inducida en el motor -100- que puede tener una tendencia ascendente o descendente, dependiendo de la posición del motor -100-. Tal como se ha explicado ya anteriormente, para identificar dichas corrientes, la unidad de control -400- utiliza una ventana de comparación en la que la tensión de la bobina no activada debe estar fuera de la ventana de tensión delimitada "dV" (intervalo de tensión predeterminado). Es importante recordar que el valor del intervalo de tensión predeterminado -dV- está ajustado teniendo en cuenta el valor de la caída de tensión en el diodo libre, más un valor de desplazamiento que garantiza un margen de seguridad para un funcionamiento fiable del algoritmo. La indicación hecha mediante "V inducida" en la figura 9, muestra que cuando no existen corrientes transitorias, las tensiones inducidas permanecen fuera de la ventana de tensión delimitada "dV".

La tabla 2 presenta a continuación todas las combinaciones de las condiciones para la detección de las corrientes transitorias en el motor -100-, indicando la tensión medida en la fase no activada -FC-; -FB-; -FA- con la posición del motor -100-. Adicionalmente, la tabla 2 presenta asimismo los conmutadores -SW<sub>1-6</sub>- correspondientes a cada posición del motor -100- que deberían ser abiertos para proporcionar la eliminación de la corriente transitoria. En la tabla, las indicaciones "Va", "Vb" y "Vc" relativas a las tensiones medidas en las bobinas de las fases no activadas, "Vbar" consiste en la tensión de la barra colectora, y "dV" consisten en la ventana de tensión (intervalo de tensión predeterminado -dV-) utilizado para determinar la existencia de las corrientes transitorias.

**Tabla 2:** tabla que es un listado de las mediciones de las tensiones en la bobina de la fase no activada del motor con la identificación de las corrientes transitorias internas y la presentación del conmutador correspondiente que debe ser abierto por el algoritmo de eliminación.

	Posiciones del motor BLDC					
Situación libre		2	3	4	5	6
Va > (Vbar -dV)						
Vb > (Vbar -dV)						
Vc > (Vbar -dV)						
Va < dV						
Vb < dV						
Vc < dV						
		2	3	4	5	
Acción de la técnica y eliminación de la corriente transitoria	SW1	SW6	SW3	SW2	SW5	SW4

Por consiguiente, en base a la identificación de las corrientes transitorias, la unidad de control -400- ejecuta una técnica para la eliminación de dichas corrientes, actuando para impedir su evolución a valores relativamente elevados.

5 La figura 10 muestra las etapas de la acción relativas a esta técnica en la posición "4" del motor -100-, tal como se describe a continuación: siempre que se produce un cambio en la posición del motor -100-, se identifica la nueva posición y las condiciones de ensayo para identificar la existencia de la corriente transitoria se cargan en la unidad de control -400-, según la tabla 2 anterior.

10 En secuencia, la unidad de control -400- espera a la finalización del tiempo "T3", que consiste en el tiempo necesario para eliminar la corriente de desmagnetización de la bobina, especificado mediante "Ic" en la figura 10. Este tiempo puede ser definido experimentalmente o puede ser definido mediante la monitorización de la tensión en la bobina de la fase no activada del motor -100- o incluso puede ser desactivado, dado que la situación de la corriente de desmagnetización fija la tensión en la bobina no activada en la referencia opuesta, lo que no conduce al algoritmo a un funcionamiento incorrecto.

15 Una vez ha finalizado el tiempo "T3", la unidad de control -400- empieza a monitorizar la tensión inducida "Vc" en la bobina no activada. Cuando la tensión "Vc" está dentro de la ventana "dV" se considera que existe alguna corriente transitoria no deseable circulando en el motor -100-. Por el contrario, si la tensión "Vc" está fuera de la ventana "dV" se considera que no existen corrientes transitorias no deseables. Si es este el caso, si la tensión "Vc" está dentro de la ventana "dV", se inicia el recuento del tiempo y, en cuanto la tensión "Vc" sale de la ventana "dV" se restablece el recuento del tiempo.

20 Si la tensión medida en la bobina permanece dentro de la ventana "dV" durante un tiempo igual o mayor que "T2", la unidad de control -400- desactiva uno de los conmutadores -SW<sub>1-6</sub>- dependiendo de la posición del motor -100-, de modo que interrumpe momentáneamente el suministro de energía al motor -100-. La interrupción del conmutador -SW<sub>1-6</sub>- se produce durante un tiempo indicado por medio de "T1" en la figura 11, en la que transcurrido este tiempo, se activa de nuevo el conmutador -SW<sub>1-6</sub>- y se inicia nuevamente la monitorización de la tensión inducida "Vc".

25 Este proceso de monitorización y control se produce, no obstante, cuantas veces sea necesario cuando el motor -100- permanece en una cierta posición, y asimismo en todas las posiciones del motor -100-.

30 En particular, en la figura 10, en -E01- surge una pequeña corriente transitoria en la bobina "Ic" que asegura la tensión "Vc" en la tensión de referencia Vref de la fuente de energía, gracias a su circulación a través del diodo libre. Después de detectar este caso, se inicia un recuento del tiempo que llega al valor de "T2". Con el objetivo de impedir un aumento de la corriente transitoria en "Ic", la unidad de control -400- abre el conmutador -SW2- durante un periodo de tiempo "T1". Después de esta acción, se puede observar que ya no aparecen corrientes transitorias en "Ic" y, por consiguiente, no son necesarias acciones de la unidad de control -400- en esta posición del motor -100-.

35 El funcionamiento de esta técnica para las otras posiciones del motor -100- es análogo al descrito anteriormente, y puede ser deducido en base al proceso descrito.

40 La figura 11 presenta una curva que muestra el resultado de la aplicación de la técnica de la presente invención, pero para la posición "1" del motor. Tal como se puede observar, la referencia de la ventana "dV" fue alterada en el caso de la tensión de la barra colectora Vbar y el conmutador utilizado para la acción del método es el "SW1", pero su funcionamiento es similar a todas las posiciones del motor -100-.

45 La figura 12 demuestra el recorrido de la corriente transitoria presentado en el detalle "D02" de la figura 4, en la posición "4" del motor -100-, tras la acción de la técnica y la eliminación de la corriente transitoria de la presente invención. La línea de puntos "Trip" indica la apertura del conmutador como resultado de la acción del método para la eliminación de la corriente transitoria. La figura 12 presenta el recorrido de la corriente en el ciclo de desconexión de PWM.

50 Por el contrario, la figura 13 presenta el recorrido de la corriente en el ciclo activo de PWM. La técnica puede ser ajustada o adaptada para permitir la apertura de dos conmutadores en relación con una posición del motor -100- durante el tiempo "T1" permitiendo de este modo que el comportamiento de la corriente sea siempre análogo al presentado en la figura 12.

55 La figura 14 ilustra un gráfico que muestra la acción de la técnica y la eliminación de corrientes transitorias de la presente invención, siendo aplicada a la puesta en marcha de un compresor de gas en un sistema con presiones desiguales. En -F03- se puede ver una pluralidad de pequeñas tendencias de aparición de corrientes transitorias que son detectadas inmediatamente por medio de la técnica de eliminación/protección. En respuesta a estas corrientes transitorias, en -F01- es posible observar la acción de control de la técnica para eliminar estas corrientes, de modo que se impide su evolución. Del mismo modo, en -F02-, en la siguiente posición del motor -100-, la técnica está

actuando para impedir la evolución de las corrientes transitorias. Por lo tanto, la acción de la técnica garantiza que la corriente del motor -100- permanezca siempre dentro de un límite máximo, tal como se puede observar en -F04-.

Método para la monitorización y el control de un motor sin escobillas (BLDC, "Brushless DC")

5 En base a la descripción del sistema y a los ejemplos mostrados anteriormente, es posible definir las etapas del método de monitorización y control de un motor -100- sin escobillas, que asimismo constituye el tema de la presente invención:

- 10 i) suministrar energía eléctrica a dos fases -FA-, -FB-, -FA-, -FC-, -FB-, -FC- del motor -100-, de manera simultánea;
- ii) detectar el instante en el que se produce un cambio en la posición del motor -100-. Esta etapa comprende una sub-etapa para identificar la posición del motor -100-;
- 15 iii) medir una tensión inducida en una fase no activada -FC-, -FB-, -FA- del motor -100-;
- iv) comparar la tensión inducida en la fase no activada -FC-, -FB-, -FA- del motor -100- medida en la etapa iii) con un intervalo de tensión predeterminado -dV-;
- v) interrumpir el suministro de energía al motor -100- durante un primer intervalo de tiempo predeterminado -T1- si la comparación realizada en la etapa iv) indica que la tensión inducida en la fase no
- 20 activada -FC-, -FB-, -FA- del motor -100- presenta un valor comprendido dentro del intervalo de tensión predeterminado -dV- durante un segundo intervalo dV de tiempo -T2- predeterminado. Esta etapa se compone de una etapa de apertura de un conmutador -SW<sub>1-6</sub>- del conjunto de accionamiento -200- asociado operativamente al motor -100-. Esta etapa comprende una sub-etapa de conducción de corriente eléctrica en un diodo libre -DI<sub>1-6</sub>- comprendido en el conjunto de accionamiento -200-, asociado eléctricamente en paralelo a un conmutador -SW<sub>1-6</sub>-.

25 Naturalmente, las etapas i) a v) se repiten mediante ciclos de iteraciones del método hasta el instante de la puesta en marcha del motor -100-.

30 Preferentemente, el método de la presente invención comprende una etapa de desmagnetización de la fase -FC-, -FB-, -FA- del motor -100- activada previamente, limitando el valor en la bobina al valor de la tensión Vbar en la barra colectora o al valor de la tensión Vref de referencia Vref, en que dicha etapa de limitación es ejecutada antes de ejecutar la etapa iii) y después de ejecutar la etapa ii).

35 La etapa iv) comprende una sub-etapa de definición de un límite superior de tensión y un límite inferior de tensión del intervalo de tensión predeterminado dV. Dichos límites superior e inferior de tensión están definidos en base a la posición identificada del motor -100- (teniendo en cuenta una cierta disposición de activación del motor -100- en la que la diferencia entre el límite superior de tensión y el límite inferior de tensión del intervalo de tensión predeterminado dV se compone de un margen de valores correspondientes a la caída de tensión en un diodo libre -DI<sub>1-6</sub>-).

40 Preferentemente, la tensión Vbar de la barra colectora o la tensión de referencia Vref están comprendidas entre el límite superior de tensión y el límite inferior de tensión del intervalo de tensión predeterminado dV. En este caso, el método de la presente invención comprende asimismo la etapa de decidir si la comparación de la tensión inducida en la fase no activada -FC-, -FB-, -FA- del motor -100- debe ser realizada con el intervalo de tensión predeterminado dV que comprende la tensión Vbar de la barra colectora o con el intervalo de tensión predeterminado dV que comprende la tensión de referencia Vref, en el que dicha decisión está basada en la posición del motor -100-, teniendo en cuenta una cierta disposición de activación del motor -100-, tal como se ha explicado anteriormente. Dicha etapa de decisión es ejecutada antes de ejecutar la etapa iv) y después de ejecutar la etapa iii).

50 La etapa de definir el límite superior de tensión y el límite inferior de tensión del intervalo de tensión predeterminado dV tiene en cuenta un margen de seguridad que, a su vez, se compone de un valor de desplazamiento predeterminado.

55 Además, el método de la presente invención comprende la etapa de esperar un tercer intervalo de tiempo predeterminado -T3- ejecutado antes de ejecutar la etapa iii). El tercer intervalo de tiempo -T3- puede ser determinado experimentalmente o definido mediante la tensión inducida en una fase no activada del motor -100- que es medida en la etapa iii) en una iteración futura del ciclo del método.

60 Adicionalmente, el método de la presente invención comprende asimismo la etapa de recuento del tiempo, cuando la comparación realizada en la etapa iv) indica que la tensión inducida en la fase no activada -FC-, -FB-, -FA- del motor -100- presenta un valor comprendido dentro del intervalo de tensión predeterminado dV. Cuando el recuento del tiempo llega a un tiempo equivalente al segundo intervalo de tiempo predeterminado -T2-, se produce la finalización de la etapa de recuento del tiempo.

65 Además, el método de la presente invención comprende una etapa de restablecimiento del tiempo (recuento) cuando la comparación realizada en la etapa iv) indica que la tensión inducida en la fase no

activada -FC-; -FB-; -FA- del motor -100- presenta un valor no comprendido dentro del intervalo de tensión predeterminado dV.

5 Todas las etapas descritas anteriormente del método de la presente invención tienen lugar durante el procedimiento de puesta en marcha o durante el régimen de trabajo del motor -100-.

10 Por consiguiente, la presente invención es capaz de evitar la aparición, formación y evolución de corrientes transitorias internas en el motor, que pueden desmagnetizar los imanes del motor o incluso dañar los semiconductores de potencia que accionan el motor BLDC, permitiendo su aplicación en situaciones en las que es necesario poner en marcha los compresores bajo condiciones de presión de aspiración y de descarga desiguales, tales como, por ejemplo, aplicaciones que utilizan valores de bloqueo o válvulas de expansión.

15 Adicionalmente, la presente invención permite también la utilización de semiconductores de potencia de menor capacidad de corriente en el dispositivo electrónico de accionamiento, reduciendo de este modo los costes.

Habiendo descrito un ejemplo de una realización preferente, se comprenderá que el alcance de la presente invención abarca otras posibles variantes, que están limitadas solamente por el contenido de las reivindicaciones adjuntas, estando incluidos en las mismas los posibles equivalentes.

20

## REIVINDICACIONES

1. Sistema para la monitorización y control de un motor (100) sin escobillas, siendo el motor (100) trifásico y asociable con una fuente de energía eléctrica por medio de un rectificador, estando el sistema **caracterizado por que** comprende, por lo menos:

- un conjunto de accionamiento (200) asociado operativamente al motor (100) y al rectificador, estando dispuesto el rectificador para proporcionar una tensión de la barra colectora ( $V_{bar}$ ) y una tensión de referencia ( $V_{ref}$ ) al conjunto de accionamiento (200), siendo continuas la tensión de la barra colectora ( $V_{bar}$ ) y la tensión de referencia ( $V_{ref}$ ), comprendiendo el conjunto de accionamiento (200) conmutadores ( $SW_{1-6}$ ) dispuestos para activar dos fases (FA, FB; FA, FC; FB, FC) del motor (100) de manera simultánea, siendo capaz además el conjunto de accionamiento (200) de mantener la tensión inducida en una fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) al valor de la tensión de la barra colectora ( $V_{bar}$ ) o al valor de la tensión de referencia ( $V_{ref}$ ) cuando se produce una corriente transitoria en el motor (100);

- un dispositivo de observación de la tensión (300) asociado operativamente al motor (100) y al conjunto de accionamiento (200), siendo capaz el dispositivo de observación de la tensión (300) de permitir la monitorización de una tensión inducida en una fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100); y

- una unidad de control (400) asociada operativamente al dispositivo de observación de la tensión (300), estando la unidad de control (400) dispuesta para permitir la detección de la caída de tensión por medio del dispositivo de observación de la tensión (300),

estando dispuesta además la unidad de control (400) para ordenar la apertura de un determinado conmutador ( $SW_{1-6}$ ) del conjunto de accionamiento (200) para interrumpir durante un cierto intervalo de tiempo el suministro de energía al motor (100) cuando la lectura de la tensión inducida en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) presenta un valor comprendido dentro de un intervalo de tensión predeterminado (dV), estando relacionado el intervalo de tensión predeterminado (dV) con la caída de tensión e indicando la aparición de una corriente transitoria, por lo menos, en una fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100).

2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la unidad de control (400) está dispuesta para identificar la posición del motor (100) y/o monitorizar una alteración de la posición del motor (100) en base a información procedente del dispositivo de observación de la tensión (300), estando dispuesta la unidad de control (400) para determinar qué conmutador ( $SW_{1-6}$ ) del conjunto de accionamiento (200) debería ser abierto para interrumpir el suministro de energía al motor (100) en base a la identificación de la posición del motor (100) y/o en base a la detección de una alteración en la posición del motor (100).

3. Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado por que** la unidad de control (400) está dispuesta para monitorizar el dispositivo de observación de la tensión (300) para ordenar la apertura del conmutador ( $SW_{1-6}$ ) capaz de interrumpir el suministro de energía al motor (100), durante el tiempo en que el motor (100) permanece en una posición durante un cierto periodo y durante el tiempo de transición entre dos posiciones del motor (100).

4. Sistema según la reivindicación 3, **caracterizado por que** la unidad de control (400) está dispuesta, simultáneamente a la apertura del conmutador ( $SW_{1-6}$ ), capaz de interrumpir el suministro de energía al motor (100), para controlar el comportamiento de la apertura y el cierre de un segundo conmutador ( $SW_{1-6}$ ) del conjunto de accionamiento (200) mediante la aplicación de la modulación del tipo PWM, estando asimismo dispuesta la unidad de control (400) para determinar qué conmutador ( $SW_{1-6}$ ) del conjunto de accionamiento (200) debería ser asignado como segundo conmutador ( $SW_{1-6}$ ) en base a la posición del motor (100).

5. Sistema según la reivindicación 4, **caracterizado por que** el conjunto de accionamiento (200) comprende diodos libres ( $DI_{1-6}$ ), en el que cada uno de los diodos libres ( $DI_{1-6}$ ) está asociado eléctricamente en paralelo a cada uno de los conmutadores ( $SW_{1-6}$ ) del conjunto de accionamiento (200), siendo capaz el diodo libre ( $DI_{1-6}$ ) de mantener la tensión inducida en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100), siendo detectada la caída de tensión, por lo menos en un diodo libre ( $DI_{1-6}$ ) asociado operativamente a la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100).

6. Sistema según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el intervalo de tensión predeterminado (dV) consiste en una gama de valores de tensión que comprende un límite superior de tensión y un límite inferior de tensión, estando determinados dichos límites superior e inferior de tensión en base a la posición del motor (100), consistiendo la diferencia entre el límite superior de tensión y el límite inferior de tensión en el valor relativo a la caída de tensión en un diodo libre ( $DI_{1-6}$ ), comprendiendo además el intervalo de tensión predeterminado (dV) un valor relativo a la tensión de la barra colectora ( $V_{bar}$ ) o a la tensión de referencia ( $V_{ref}$ ).

7. Sistema según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la unidad de control (400) está dispuesta para determinar si la comparación de la tensión en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) debe ser realizada con el intervalo de tensión predeterminado (dV) que comprende la tensión de la barra colectora ( $V_{bar}$ ) o con el intervalo de tensión predeterminado (dV) que comprende la tensión de referencia ( $V_{ref}$ ), basándose la decisión en la posición del motor (100).

8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** comprender, por lo menos, un dispositivo de observación de la corriente (500) asociado operativamente a la unidad de control (400), siendo capaz el dispositivo de observación de la corriente (500) de permitir la monitorización de la corriente total del motor (100) por medio de la unidad de control (400), estando dispuesta la unidad de control (400) para regular la tensión aplicada al motor (100) y para controlar la corriente máxima del motor (100) en base a las mediciones realizadas por el dispositivo de observación de la tensión (300) y por el dispositivo de observación de la corriente (500), estando además dispuesta la unidad de control (400) para proporcionar la orden de apertura del conmutador (SW<sub>1-6</sub>) capaz de interrumpir el suministro de energía al motor (100), en base al resultado de monitorizar el dispositivo de observación de la tensión (300) durante un periodo del procedimiento de puesta en marcha del motor (100) y durante el periodo de régimen de trabajo del motor (100).

9. Método para monitorizar y controlar un motor (100) sin escobillas, siendo el motor (100) trifásico y asociable a una fuente de energía eléctrica, siendo la fuente de energía eléctrica capaz de permitir el suministro de una tensión (Vbar) de la barra colectora y una tensión de referencia (Vref) al motor (100), siendo continuas la tensión (Vbar) de la barra colectora y la tensión de referencia (Vref), estando el método **caracterizado por que** comprende las etapas siguientes:

- i) suministrar energía eléctrica a dos fases (FA, FB; FA, FC; FB, FC) del motor (100) de manera simultánea;
- ii) detectar el instante en el que se produce un cambio en la posición del motor (100) y mantener la tensión inducida en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) al valor de la tensión (Vbar) de la barra colectora o al valor de la tensión de referencia (Vref) cuando se produce una corriente transitoria en el motor (100);
- iii) medir la tensión inducida en una fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100);
- iv) comparar la tensión inducida en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) medida en la etapa iii con el intervalo de tensión predeterminado (dV), indicando el intervalo de tensión predeterminado (dV) la aparición de una corriente transitoria, al menos en una fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100); e
- v) interrumpir el suministro de energía al motor (100) durante un primer intervalo de tiempo predeterminado (T1) si la comparación realizada en la etapa iv indica que la tensión inducida en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) presenta un valor comprendido dentro del intervalo de tensión predeterminado (dV) durante un segundo intervalo de tiempo (T2) predeterminado.

10. Método, según la reivindicación 9, **caracterizado por que** comprende una etapa de limitación de la tensión inducida en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) al valor de la tensión (Vbar) de la barra colectora o al valor de la tensión de referencia (Vref), siendo ejecutada dicha etapa de limitación antes de ejecutar la etapa iii y después de ejecutar la etapa ii.

11. Método, según la reivindicación 9 o 10, **caracterizado por que** la etapa ii comprende una sub-etapa de identificación de la posición del motor (100) y la etapa iv comprende una sub-etapa de definición de un límite superior de tensión y un límite inferior de tensión del intervalo de tensión predeterminado (dV), estando definidos los límites superior e inferior de tensión en base a la posición identificada del motor (100).

12. Método, según la reivindicación 11, **caracterizado por que** comprende una etapa de espera para un tercer intervalo de tiempo (T3) predeterminado, siendo ejecutada dicha etapa de espera antes de ejecutar la etapa iii.

13. Método, según la reivindicación 12, **caracterizado por que** comprende una etapa de recuento del tiempo, cuando la comparación realizada en la etapa iv indica que la tensión inducida en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) presenta un valor comprendido dentro del intervalo de tensión predeterminado (dV) y comprende una etapa de restablecimiento del tiempo, cuando la comparación realizada en la etapa iv indica que la tensión inducida en la fase no activada (FC; FB; FA) del motor (100) presenta un valor no comprendido dentro del intervalo de tensión predeterminado (dV).

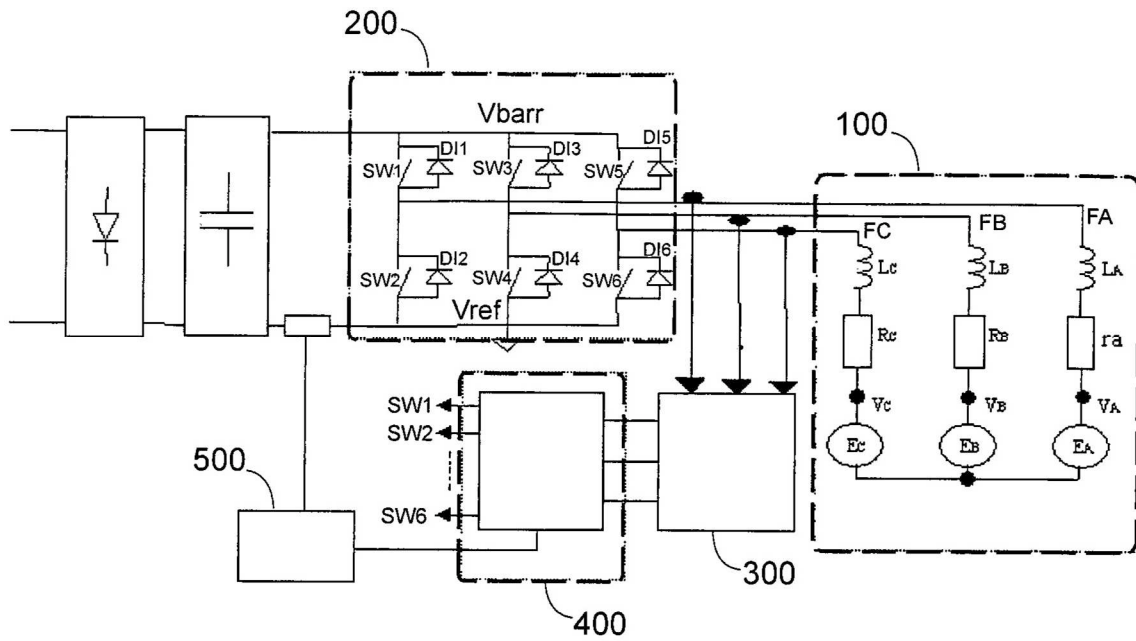
14. Método, según la reivindicación 13, **caracterizado por que** comprende una etapa de finalización del recuento del tiempo, cuando el recuento del tiempo alcanza un tiempo equivalente al segundo intervalo de tiempo (T2) predeterminado.

15. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, **caracterizado por que** la etapa v) que interrumpe el suministro de energía consiste en una etapa de apertura de un conmutador (SW<sub>1-6</sub>) comprendido por un conjunto de accionamiento (200) asociado operativamente al motor (100).

16. Método, según la reivindicación 15, **caracterizado por que** la etapa vi) que interrumpe el suministro de energía comprende una sub-etapa de conducción de corriente eléctrica en un diodo libre (DI<sub>1-6</sub>) comprendido por el conjunto de accionamiento (200), estando el diodo libre (DI<sub>1-6</sub>) asociado en paralelo a un conmutador (SW<sub>1-6</sub>).

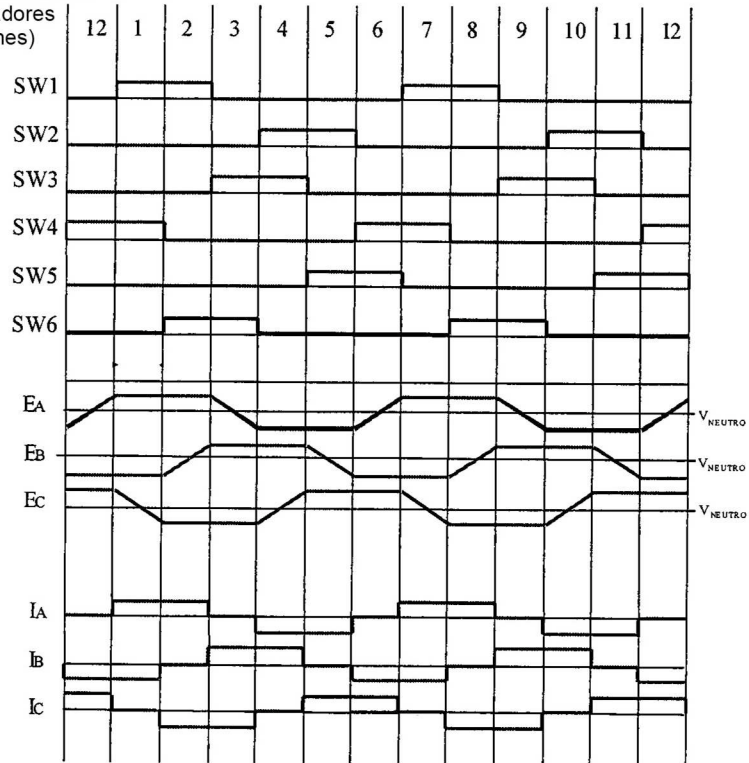
17. Método, según las reivindicaciones 11 a 16, **caracterizado por que** la diferencia entre el límite superior de tensión y el límite inferior de tensión del intervalo de tensión predeterminado (dV) consiste en un valor correspondiente a la caída de tensión en un diodo libre (DI<sub>1-6</sub>), comprendiendo el intervalo de tensión predeterminado (dV) la tensión de la barra colectora (Vbar) o una tensión de referencia (Vref).

18. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 17, **caracterizado por que** las etapas i a v se producen durante un procedimiento de puesta en marcha o durante el régimen de trabajo del motor (100) y son repetidas mediante ciclos de iteración hasta el instante de detención del motor (100).



**Fig. 1**

Combinaciones de  
conmutadores  
(posiciones)



**Fig. 2**

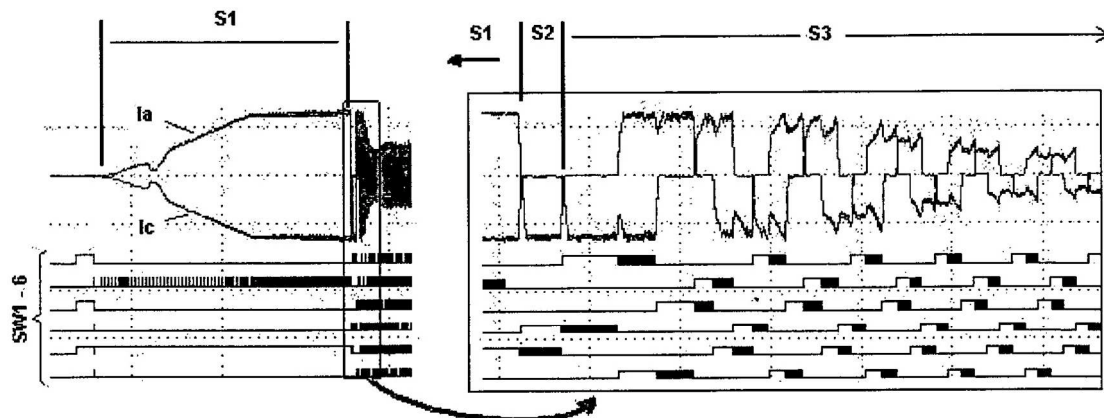


Fig. 3

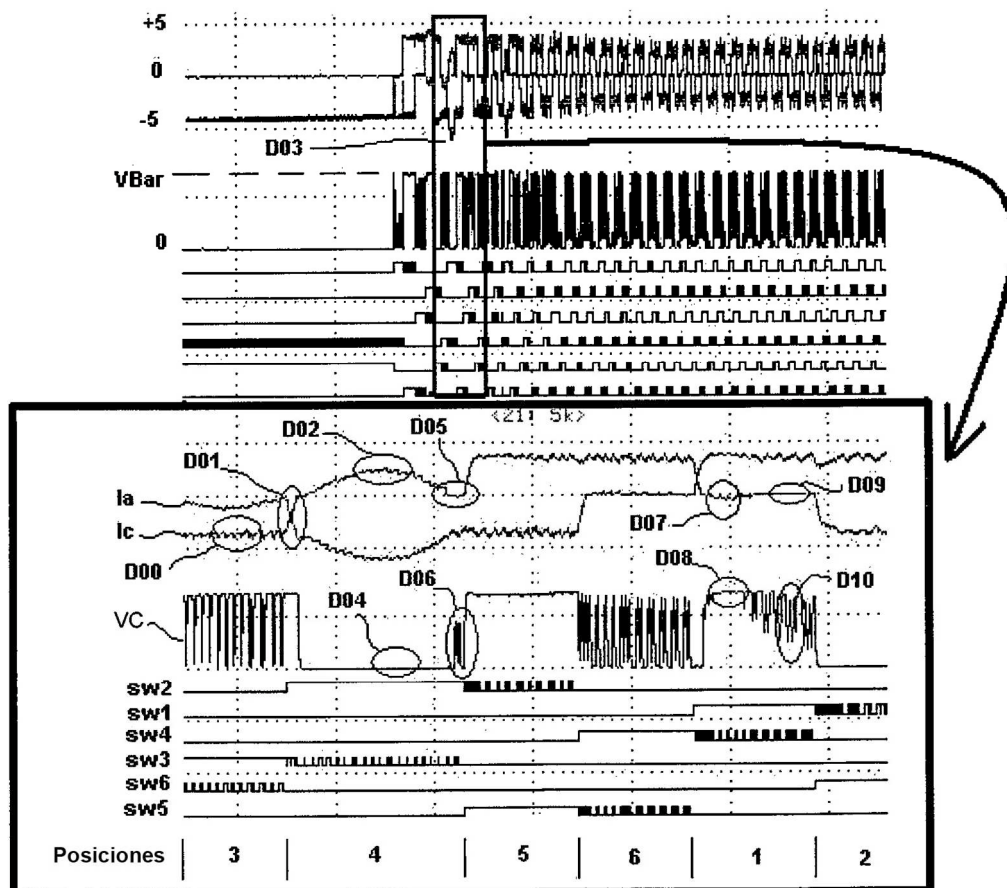


Fig. 4

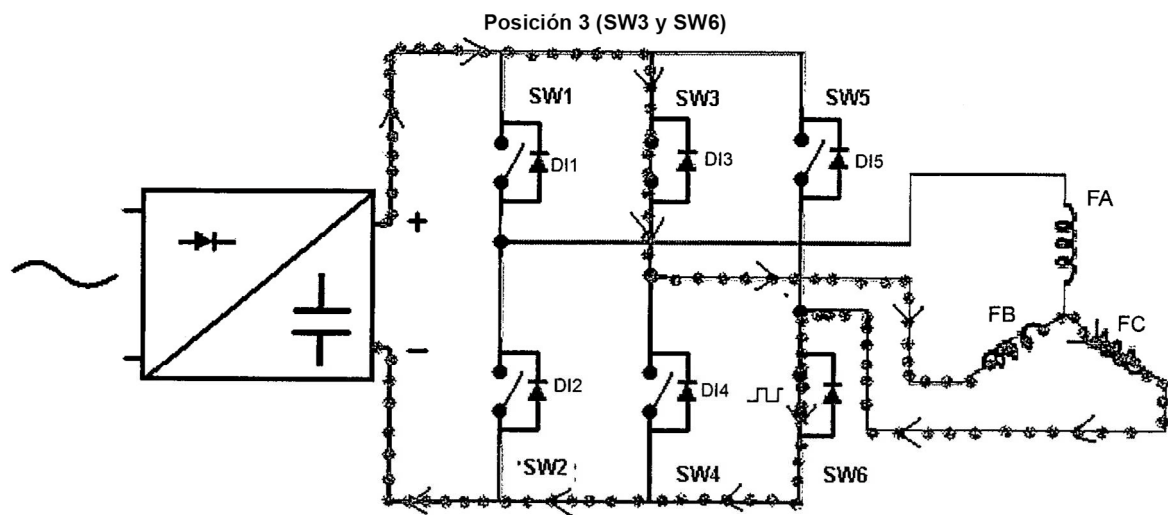


Fig. 5

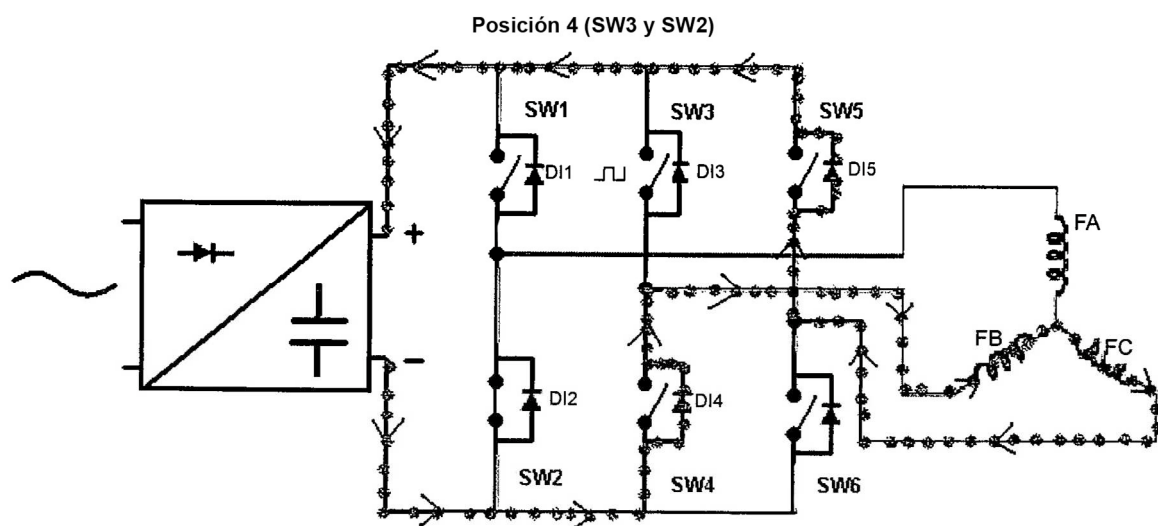
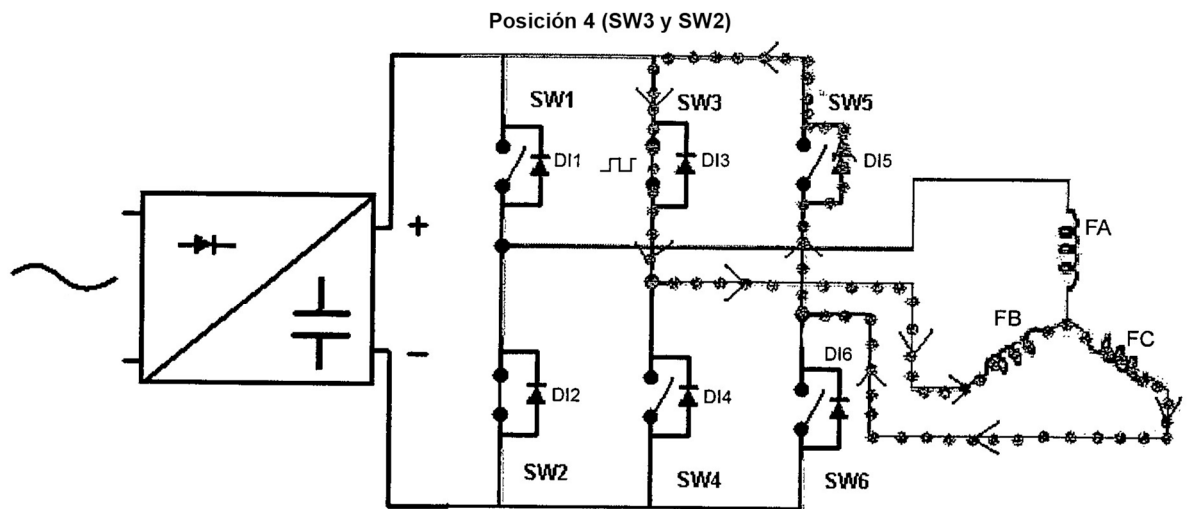
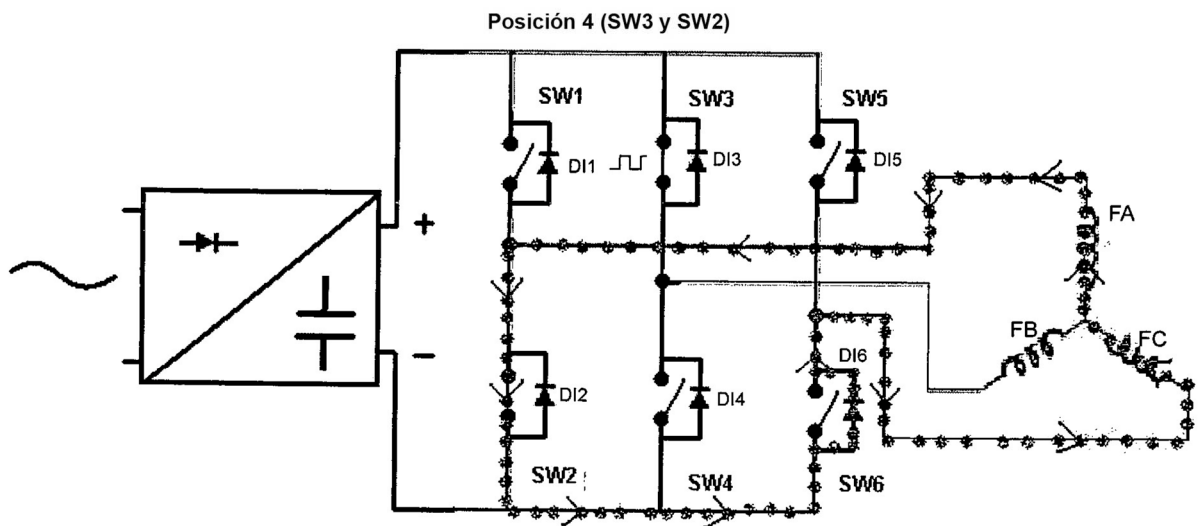


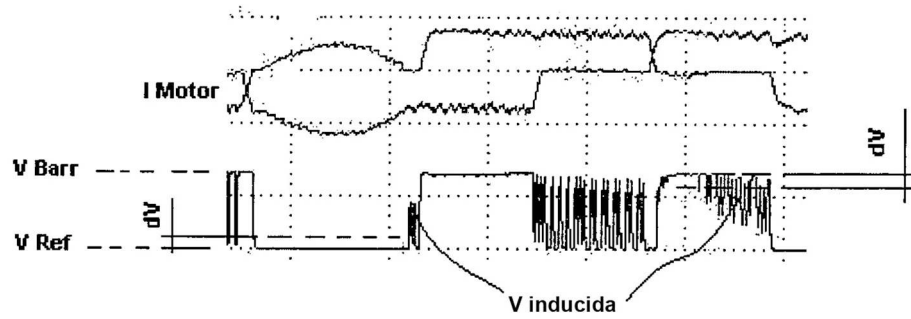
Fig. 6



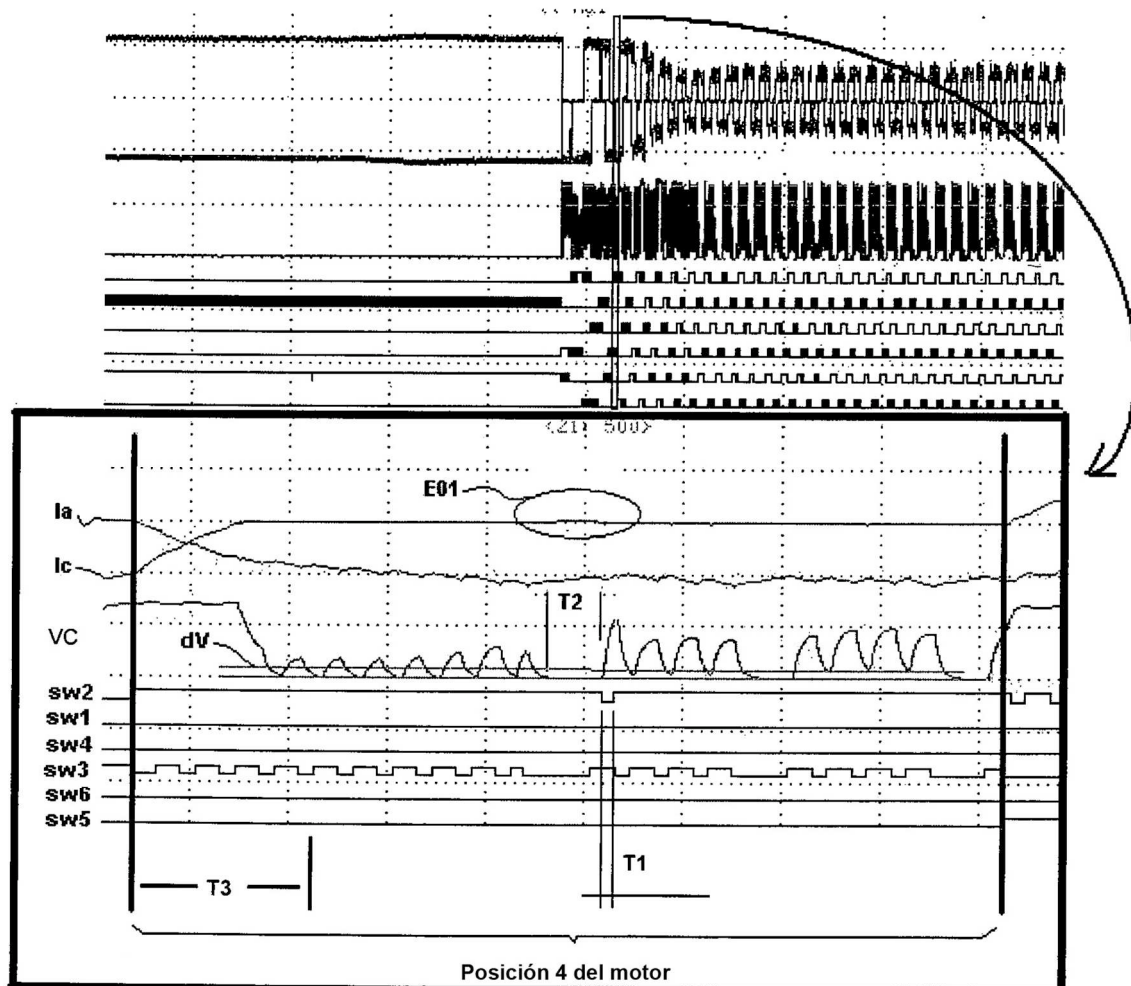
**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig.9**



**Fig.10**

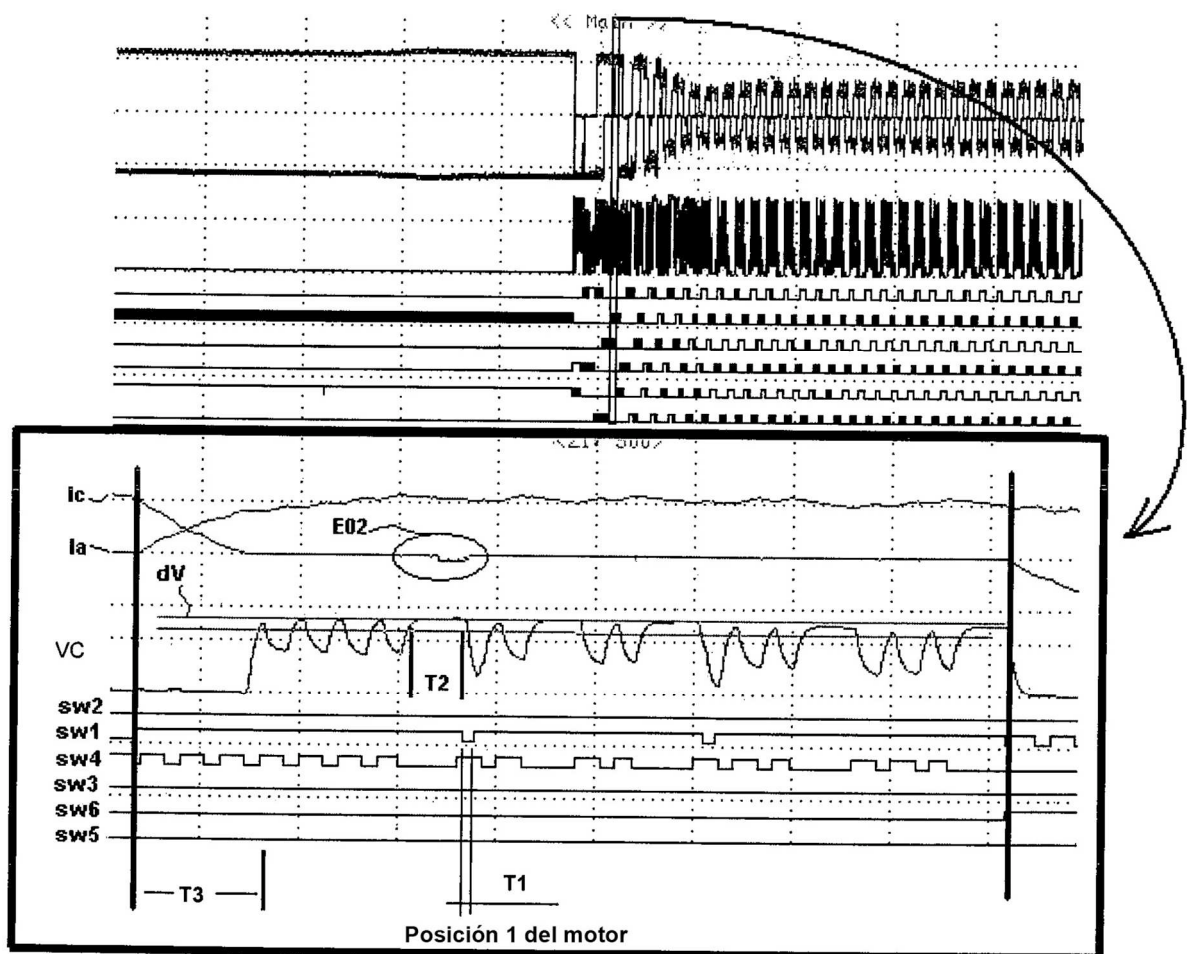


Fig.11

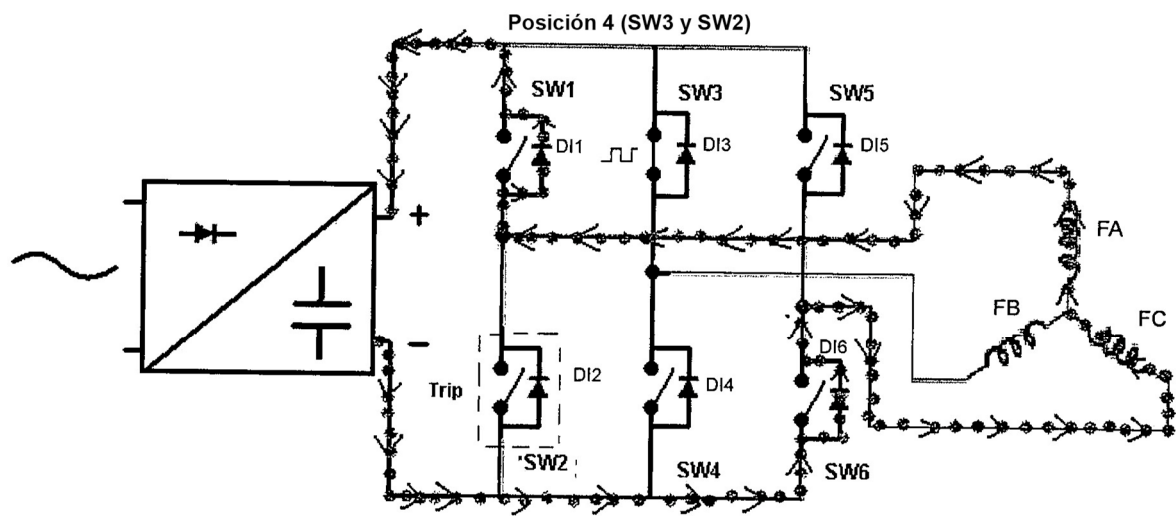


Fig.12

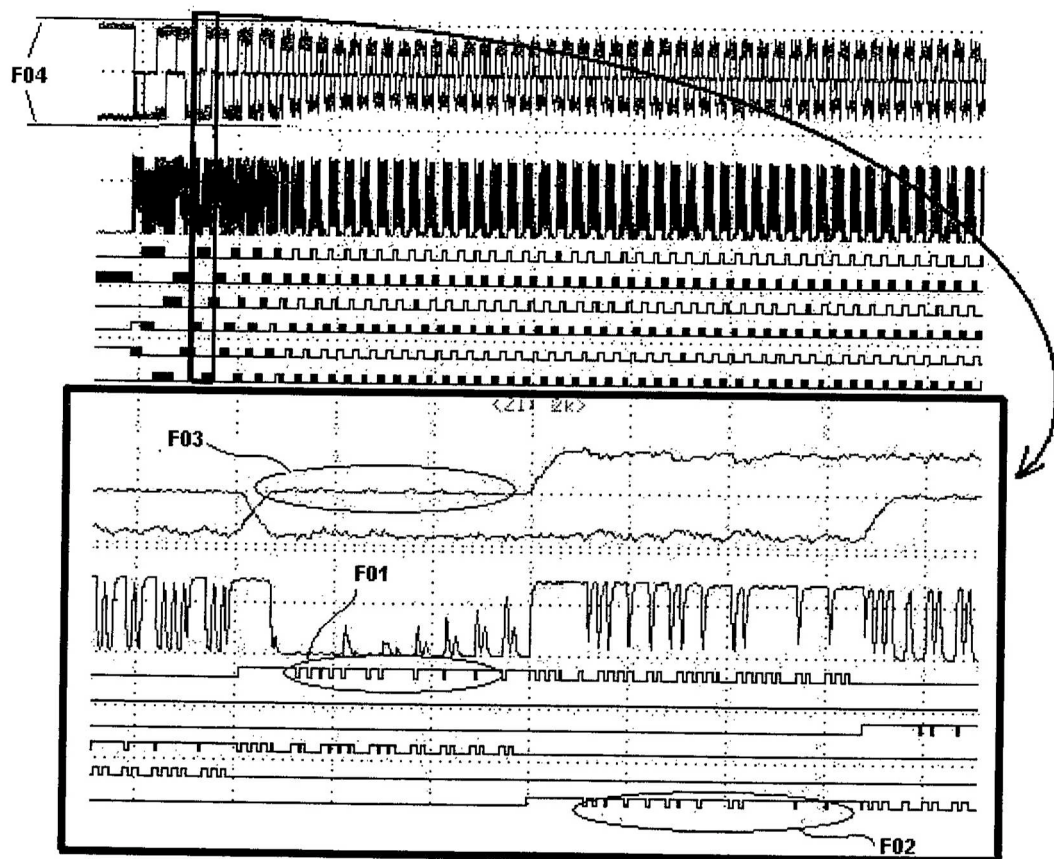


Fig.13