

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 783**

51 Int. Cl.:

H02P 6/00 (2006.01)

H02P 6/18 (2006.01)

H02P 6/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2011 E 11730963 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016 EP 2596577**

54 Título: **Método y dispositivo para activar una máquina eléctrica polifásica conmutada de forma electrónica, así como un sistema de motor**

30 Prioridad:

20.07.2010 DE 102010031566

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

16.03.2016

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)
Postfach 30 02 20
70442 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

KNECHT, GERHARD

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 563 783 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

Método y dispositivo para activar una máquina eléctrica polifásica conmutada de forma electrónica, así como un sistema de motor.

Área técnica

5 La presente invención hace referencia a máquinas eléctricas conmutadas de forma electrónica, a las cuales se aplican tensiones de fase para accionar la máquina eléctrica. Además, la presente invención hace referencia a métodos para la detección sin sensores de una posición del rotor de la máquina eléctrica.

Estado del arte

10 Las máquinas eléctricas polifásicas conmutadas de forma electrónica, en particular motores síncronos, pueden ser accionadas por ejemplo proporcionándose un campo magnético del estator que avanza con respecto a un campo magnético de excitación proporcionado por un rotor. El campo magnético del estator, en particular su dirección e intensidad, se genera a través de la aplicación de tensiones de fase en arrollamientos de fases del estator de la máquina eléctrica.

15 Para poder determinar el avance del campo magnético del estator es necesario conocer la posición del rotor de la máquina eléctrica. Frecuentemente, en las máquinas eléctricas de esta clase, la posición del rotor se determina sin sensores, para evitar los costes de un sensor de posición. Un método posible consiste en medir la tensión inversa inducida en los arrollamientos de fases, determinando el momento de su punto cero. El momento del punto cero de la tensión inversa inducida puede utilizarse para determinar la posición del rotor (método de fuerza contraelectromotriz).

20 Para medir la tensión inversa inducida debe garantizarse que en cada respectivo arrollamiento de fase no se aplique ninguna tensión externa. Sin embargo, en el caso de una excitación de la máquina eléctrica con la ayuda de una conmutación en bloque, por lo general en cualquier momento el arrollamiento de fase correspondiente se aplica con una tensión de fase de excitación, de manera que el método sin sensores mencionado no puede aplicarse o se requieren otras medidas para medir la tensión inversa inducida a pesar de una conmutación en bloque.

25 Por ese motivo, al utilizar una conmutación en bloque, un circuito de excitación que genera tensiones de fase para activar la máquina eléctrica, generalmente es activado de manera que en una ventana de tiempo en donde debe medirse la tensión inversa inducida, no se aplique ninguna tensión externa en el respectivo arrollamiento de fase, así como la conexión de fases correspondiente para el arrollamiento de fases es conectada de modo que se suspende libremente, de manera que pueda medirse la tensión inversa inducida. La ventana de tiempo, en donde al respectivo
30 arrollamiento de fases no se aplica un potencial de tensión o una tensión de fase, se denomina intervalo de supresión de trama y se selecciona de manera que se encuentre comprendido el punto cero de la tensión inversa inducida. El momento del punto cero de la tensión inversa inducida puede asociarse de forma unívoca a una posición determinada del rotor y puede utilizarse para determinar los momentos de conmutación entre patrones de excitación para aplicar las tensiones de fase a los arrollamientos de fases de la máquina eléctrica.

35 En el caso de rotores continuos como bombas o ventiladores, debido a sus exigencias de dinámica limitadas, con frecuencia es suficiente detectar sólo el punto cero de la tensión inversa inducida de un arrollamiento de fase. De este modo, en su conjunto existe una posibilidad conveniente en cuanto a costes para el funcionamiento sin sensores de las bombas de esa clase.

40 La conmutación en bloque implementada y la previsión de los intervalos de supresión de trama conducen sin embargo a un nivel de ruido elevado que se produce a través de las conmutaciones/cambios. Las conmutaciones provocan modificaciones de la corriente del arrollamiento con laterales relativamente inclinados. Los pares de rizado y las excitaciones de la fuerza radial que resultan de ello conducen a ruidos que pueden percibirse con claridad. Al utilizar máquinas eléctricas de esa clase en vehículos eléctricos es importante observar la emisión acústica, porque
45 los ruidos de los dispositivos que se encuentran presentes en las máquinas eléctricas de esa clase pueden percibirse con claridad, debido a que los mismos ya no son ocultados por un motor de combustión relativamente ruidoso. La reducción de la emisión acústica a través de transiciones de conmutaciones más suaves es objeto de diferentes documentos, por ejemplo de las solicitudes US 2007252542, US 6181093, US 6064175, US 5493189.

Por tanto, es objeto de la presente invención proporcionar una máquina eléctrica conmutada de forma electrónica que pueda ser operada sin sensores y que presente un nivel acústico reducido.

50 Descripción de la invención

Dicho objeto se alcanzará a través del método para activar una máquina eléctrica polifásica conmutada de forma electrónica según la reivindicación 1, así como a través del dispositivo según la reivindicación 6 y del sistema de motor según las reivindicaciones secundarias.

En las reivindicaciones dependientes se indican otras variantes ventajosas.

5 De acuerdo con un primer aspecto se proporciona un método para operar una máquina eléctrica conmutada de forma electrónica. Para efectuar una conmutación, unos potenciales de tensión de fase alternantes se aplican a los arrollamientos de fases de la máquina eléctrica, donde los potenciales de tensión de fase se generan a través de una modulación del ancho del pulso, de manera que el nivel del potencial de tensión de fase que se aplica está determinado por un factor de duración de la modulación del ancho del pulso. Para determinar un instante de paso
10 cero de una tensión inducida en un arrollamiento de fase se prevé un intervalo de supresión de trama que representa una ventana de tiempo, durante el cual no se aplica ningún potencial de tensión de fase al arrollamiento de fase correspondiente, donde antes y/o después del intervalo de supresión de trama se prevé un primer tiempo de transición, durante el cual el perfil del potencial de tensión de fase aplicado presenta un primer gradiente acotado.

15 Una idea de la presente invención, en el caso de un intervalo de supresión de trama para la medición de un instante de paso cero de una tensión inducida en un arrollamiento de fase, consiste en proporcionar transiciones de conmutación para las modificaciones de los potenciales de tensión de fase para la realización de los intervalos de supresión de trama, las cuales no se producen entre los patrones de la aplicación de corriente de forma inconstante, sino con un primer gradiente acotado. A través de las transiciones de conmutación "suaves" de esa clase el nivel acústico de una máquina eléctrica conmutada de forma electrónica, operada de ese modo, es marcadamente más
20 reducido, puesto que se reducen los pares de rizado y las excitaciones de la fuerza axial.

Además, el potencial de tensión de fase puede desarrollarse de forma lineal en el área de transición.

De acuerdo con una forma de ejecución, los potenciales de tensión de fase pueden aplicarse según una conmutación en bloque, donde en cada cambio entre potenciales de tensión de fase durante un segundo tiempo de transición, el perfil del potencial de fases aplicado presenta un segundo gradiente acotado.

25 Puesto que en el caso de una conmutación en bloque con transiciones de conmutación de esa clase, sin embargo, ya no se encuentran presentes las ventanas de tiempo en las que no se aplica ningún potencial de tensión de fase (en suspensión o flotante) al respectivo arrollamiento de fase para medir la tensión inversa inducida, el intervalo de supresión de trama se proporciona mediante una transición de conmutación.

30 A través de transiciones de conmutación más suaves, tanto entre las transiciones de conmutación entre los potenciales de tensión de fase, como también para los intervalos de supresión de trama, la corriente del arrollamiento controlada ya no presenta gradientes notables, sino que se desarrolla de forma relativamente plana, presentando un perfil casi sinusoidal.

35 Gracias a ello, por una parte, la reducción del nivel acústico de las máquinas eléctricas conmutadas de forma electrónica y, por otra parte, la utilización del método BEMF, pueden combinarse para la realización de un funcionamiento del motor sin sensores.

Puede preverse que el segundo gradiente de los potenciales de tensión de fase presente un valor inferior que el primer gradiente de los potenciales de tensión de fase.

40 Durante el primer tiempo de transición el perfil del potencial de tensión de fase puede partir de un potencial de tensión medio o terminar en el potencial de tensión medio, donde el potencial de tensión medio se determina como el valor medio de los potenciales de tensión de fase antes y después del intervalo de supresión de trama provisto a partir de los periodos de tiempo de transición.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un dispositivo para operar una máquina eléctrica conmutada de forma electrónica con una unidad de control que se encuentra diseñada para:

45 - aplicar a los arrollamientos de fases de la máquina eléctrica potenciales de tensión de fase alternantes para una conmutación,

- generar los potenciales de tensión de fase a través de una modulación del ancho del pulso, de manera que el nivel del potencial de tensión de fase que se aplica esté determinado por un factor de duración de la modulación del ancho del pulso,

- prever un intervalo de supresión de trama que representa una ventana de tiempo, para determinar un instante de paso cero de una tensión inducida en un arrollamiento de fase, donde durante dicho intervalo no se aplica ningún potencial de tensión de fase al arrollamiento de fase correspondiente, y

5 - prever un primer tiempo de transición antes y/o después del intervalo de supresión de trama, donde durante dicho tiempo el perfil del potencial de tensión de fase aplicado presenta un primer gradiente acotado.

De acuerdo con otro aspecto se proporciona un sistema de motor con una máquina eléctrica conmutada de forma electrónica y con el dispositivo antes indicado.

10 De acuerdo con otro aspecto se proporciona un programa de producto informático que contiene un código de programa que, cuando es ejecutado en un dispositivo de procesamiento de datos, realiza el método antes mencionado.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se explican en detalle formas de ejecución de la presente invención, mediante los dibujos añadidos. Las figuras muestran:

15 Figura 1: una representación esquemática de un sistema de motor para operar una máquina eléctrica polifásica conmutada de forma electrónica;

Figura 2: un diagrama para la representación esquemática del patrón de conmutación, en el caso de una conmutación en bloque para activar la máquina eléctrica según el estado del arte; y

Figura 3: un diagrama para la representación esquemática de una conmutación según una forma de ejecución de la presente invención, con una ventana de tiempo de supresión de trama.

20 Descripción de las formas de ejecución

25 La figura 1 muestra un sistema de motor 1 con una máquina eléctrica 2. La máquina eléctrica 2 está conmutada de forma electrónica, es decir que en arrollamientos de fases, por ejemplo en un estator que no se encuentra representado, los cuales respectivamente comprenden uno o más devanados de la bobina, se aplican tensiones de fase alternantes, para accionar un rotor de la máquina eléctrica 2. A modo de ejemplo, la máquina eléctrica 2 se encuentra diseñada en forma de un motor síncrono, de un motor asíncrono o de otro modo comparable. En el ejemplo de ejecución representado, la máquina eléctrica 2 consiste en un motor síncrono con tres arrollamientos de fases que comprenden devanados de la bobina conectados en una conexión en estrella, alrededor de dientes del estator.

30 El motor síncrono 2 es activado con la ayuda de un circuito de excitación 3. El circuito de excitación 3 proporciona tres conexiones de fases K_U , K_V y K_W , a las que se aplican respectivamente potenciales de tensión de fase. Los potenciales de tensión de fase en las conexiones de fases K_U , K_V y K_W son proporcionados por las respectivas conexiones del inversor 31.

35 Cada una de las conexiones del inversor 31 presenta un disyuntor superior 32 y un disyuntor inferior 33 que se encuentran conectados en serie. Los disyuntores 32, 33 pueden estar diseñados en forma de MOSFETs de potencia, tiristores, IGBTs, IGCTs y similares. Entre los dos disyuntores 32, 33 se encuentra la respectiva conexión de fases K_U , K_V y K_W . Los disyuntores 32, 33 son activados a través de señales de control T_1 a T_6 .

40 Indicado en detalle, un primer disyuntor superior 32a de una primera conexión del inversor 31a es activado por una primera señal de control T_1 y un primer disyuntor inferior 33a de la primera conexión del inversor 31a el cual se encuentra conectado en serie al primer disyuntor superior 32a, es activado por una segunda señal de control T_2 . De manera correspondiente, un segundo disyuntor inferior 32 b de una segunda conexión del inversor 31b es activado con una tercera señal de control T_3 y un segundo disyuntor inferior 33b de la segunda conexión del inversor 31b es activado por una cuarta señal de control T_4 . De manera correspondiente, un tercer disyuntor superior 32c de una tercera conexión del inversor 31 es activado por una quinta señal de control T_5 y un tercer disyuntor inferior 33c es activado por una sexta señal de control T_6 . La excitación de los disyuntores tiene lugar de manera que los mismos son conectados o desconectados, es decir que son conectados de forma conductora o no conductora, dependiendo del nivel de la respectiva señal de control T_1 a T_6 .

45 El circuito de excitación 3 es activado a través de una unidad de control 4 que proporciona las señales de control T_1 a T_6 .

En la unidad de control 4 se proporciona además un detector de tensión 41 para medir una tensión en una o en varias conexiones de fases K_U , K_V y K_W . En el presente ejemplo de ejecución, el detector de tensión 41 mide el potencial de tensión de fase en la conexión de fases K_U .

5 En la figura 2 se representa un patrón para la conmutación en bloque que es implementada por la unidad de control 4. A través del ajuste de las señales de control T_1 a T_6 correspondientes, la unidad de control 4 activa las conexiones del inversor 31 a, 31 b, 31 c, de manera que independientemente de la posición eléctrica del rotor de la máquina eléctrica 2 se emite a la respectiva conexión de fases un potencial de tensión positivo, un potencial de tensión negativo o un potencial suspendido.

10 El nivel de la tensión de fase emitida se obtiene proporcionando una modulación del ancho del pulso, donde los potenciales de tensión de fase positivos pueden representarse a través de un factor de duración de la modulación del ancho del pulso superior al 50%, y los potenciales de tensión de fase negativos pueden representarse a través de un factor de duración TV de la modulación del ancho del pulso inferior al 50%. La modulación del ancho del pulso prevé una excitación cíclica de los disyuntores 32, 33 de las conexiones del inversor 31 a, 31 b, 31 c con un tiempo de ciclo predeterminado. El factor de duración corresponde a la relación de un tiempo de conexión del disyuntor superior con respecto al tiempo de ciclo predeterminado.

15 En la conmutación en bloque se prevé que tenga lugar una conmutación desde un potencial de tensión de fase positivo a un potencial de tensión de fase negativo, en el caso de modificaciones de la posición de las fases de 180° . Las tres conexiones del inversor 31a, 31 b, 31c son activadas una con respecto a otra con un desplazamiento de las fases de 120° , de manera que resulta un indicador de tensión rotativo.

20 Tal como puede observarse en el diagrama de la figura 2, una conmutación debe tener lugar respectivamente en fases de 60° con respecto a la posición eléctrica del rotor. Para que esto pueda suceder se debe tener conocimiento de la posición momentánea del rotor. En el caso de un procedimiento sin sensores para operar el motor síncrono 2, la información sobre la posición momentánea del rotor debe determinarse a partir de magnitudes eléctricas.

25 Un método posible para detectar la posición del rotor consiste en determinar un punto cero del perfil de la tensión inversa inducida. Sin embargo, la tensión inversa inducida en una conexión de fases sólo puede determinarse cuando a la conexión de fases no se aplica ningún potencial externo. Por lo tanto, generalmente, para la medición del potencial de tensión en la conexión de fases para un tiempo determinado y un tiempo determinado después de una conmutación prevista, tanto el disyuntor superior 32a, 32b, 32c correspondiente, como también el disyuntor inferior 33a, 33b, 33c correspondiente de la conexión del inversor 31a, 31b, 31c, en donde debe efectuarse la medición, se desactiva, y en la conexión de fases se determina el potencial de tensión resultante.

30 A través del perfil de la tensión inversa inducida, determinado dentro del intervalo de supresión de trama AT previsto puede determinarse el momento del punto cero de la tensión inversa inducida, el cual puede asociarse a una posición eléctrica determinada del rotor. El momento del punto cero determina generalmente el momento adecuado de la conmutación, así como depende del mismo. A modo de ejemplo, en la figura 2 se representa con líneas punteadas la utilización del intervalo de supresión de trama AT de la primera conexión del inversor 31a.

35 El método de la conmutación en bloque para activar un motor síncrono 2, debido a las modificaciones inconstantes de los potenciales de tensión de fase en las conexiones de fases K_U , K_V y K_W , puede conducir a un nivel de ruido elevado. Por ello, puede preverse diseñar las transiciones con gradientes más reducidos, tal como se representa por ejemplo en la figura 3. La figura 3 muestra un patrón de excitación de una conmutación trapezoidal, donde las transiciones desde la aplicación de un potencial de tensión de fase positivo a un potencial de tensión de fase negativo en una de las conexiones de fase durante el segundo tiempo de transición $\ddot{U}T2$ y de forma inversa realizan de forma lineal. Generalmente, una transición lineal de esa clase no puede combinarse con un intervalo de supresión de trama AT, ya que el intervalo de supresión de trama AT se solaparía sobre las áreas de la transición entre el potencial de tensión de fase positivo y negativo.

40 Se prevé por tanto, proporcionar un intervalo de supresión de trama AT para al menos uno de los procesos de conmutación y conducir a cero, así como a un potencial de suspensión, el potencial de tensión de fase que debe ser aplicado, con una pendiente (gradiente) limitada a un valor límite de pendiente predeterminado durante un primer tiempo de transición $\ddot{U}T1$, de manera que se proporcione un intervalo de supresión de trama AT. Esto puede utilizarse por ejemplo solamente para la detección de un único punto cero, ya que lo mencionado por lo general es suficiente para las aplicaciones con exigencias dinámicas reducidas, como por ejemplo en el caso de bombas y ventiladores, para determinar los puntos cero de conmutación restantes.

45 En el ejemplo de ejecución mostrado en la figura 3 se representa un diagrama en donde se utiliza sólo el punto cero negativo de la conexión de fases K_U para determinar el momento del punto cero de la tensión inversa inducida. Se proporciona por ejemplo un intervalo de supresión de trama AT de 60° de la posición eléctrica del rotor, donde dentro de un primer área de un tiempo de transición ($\ddot{U}T1$) de 15° de la posición eléctrica del rotor antes del intervalo de

5 supresión de trama AT se proporciona una transición lineal desde un potencial de tensión de fase elevados (factor de duración TV > 50%) (TV: factor de duración) hacia un potencial de tensión de fase neutral (factor de duración TV = 50%) para alcanzar el respectivo potencial de tensión de fase que debe ser aplicado con un gradiente acotado. De forma análoga, dentro de una segunda área de un primer tiempo de transición $\dot{U}T1$ de 15° de la posición eléctrica del rotor después del intervalo de supresión de trama AT se proporciona una transición lineal desde el potencial de tensión de fase neutral (factor de duración TV = 50%) para alcanzar un potencial de tensión de fase reducido (factor de duración TV < 50%) con un gradiente acotado. La primera y la segunda área de los periodos de tiempo de transición $\dot{U}T1$ suman en total 30° de la posición eléctrica del rotor.

10 Las transiciones restantes entre los potenciales de tensión de fase positivo y negativo de las otras conexiones del inversor 31 y de los pasos por puntos cero positivos se efectúan durante un segundo tiempo de transición $\dot{U}T2$ de por ejemplo 60° de la posición eléctrica del rotor. En el caso de una transición lineal, el gradiente corresponde a la modificación del factor de duración TV

$$(TV_{\text{antes}} - TV_{\text{después}}) / (\dot{U}T2)$$

15 El segundo tiempo de transición no debe corresponder a 60° de la posición eléctrica del rotor, sino que puede corresponder también a otras diferencias de la posición.

En las formas de ejecución antes indicadas, las transiciones entre el potencial de tensión de fase positivo y negativo tienen lugar respectivamente con un gradiente predeterminado definido (transición lineal), pero pueden tener lugar también con una transición que presente un gradiente variable. No obstante, la magnitud del gradiente no debe superar un valor umbral predeterminado del gradiente.

20 Generalmente, la determinación del punto cero de la tensión inversa inducida tiene lugar respectivamente después de 360° de la posición eléctrica del rotor; sin embargo, la determinación puede tener lugar también respectivamente después de una multiplicación de 360° de la posición eléctrica del rotor, de manera que una ventana de tiempo de esa clase no debe proporcionarse en cada rotación de la posición eléctrica del rotor.

25 A partir de la suma requerida de los periodos de tiempo de transición $\dot{U}T1$ de por ejemplo 30° de la posición eléctrica del rotor, la unidad de control 4 determina la modificación del factor de duración (gradiente del factor de duración) dTV/dt , la cual se utiliza para el aumento y la reducción lineal sobre el tiempo de transición $\dot{U}T1$.

$$dTV/dt = (TV_{\text{antes}} - TV_{\text{después}}) / (\dot{U}T1)$$

Para la modificación del factor de duración en periodos de tiempo de ciclo sucesivos resulta:

$$\Delta \text{ PWM} = dTV/dt / (\text{tiempo de ciclo de la modulación del ancho del pulso})$$

30 Generalmente, la adecuación o la modificación del factor de duración TV tienen lugar después de cada periodo de tiempo de ciclo transcurrido de la modulación del ancho del pulso. Sin embargo, múltiplos del periodo del tiempo de ciclo pueden ser suficientes para alcanzar cargas inferiores del microcontrolador proporcionado como unidad de control. De este modo, un microcontrolador puede utilizarse para realizar las transiciones lineales de conmutación.

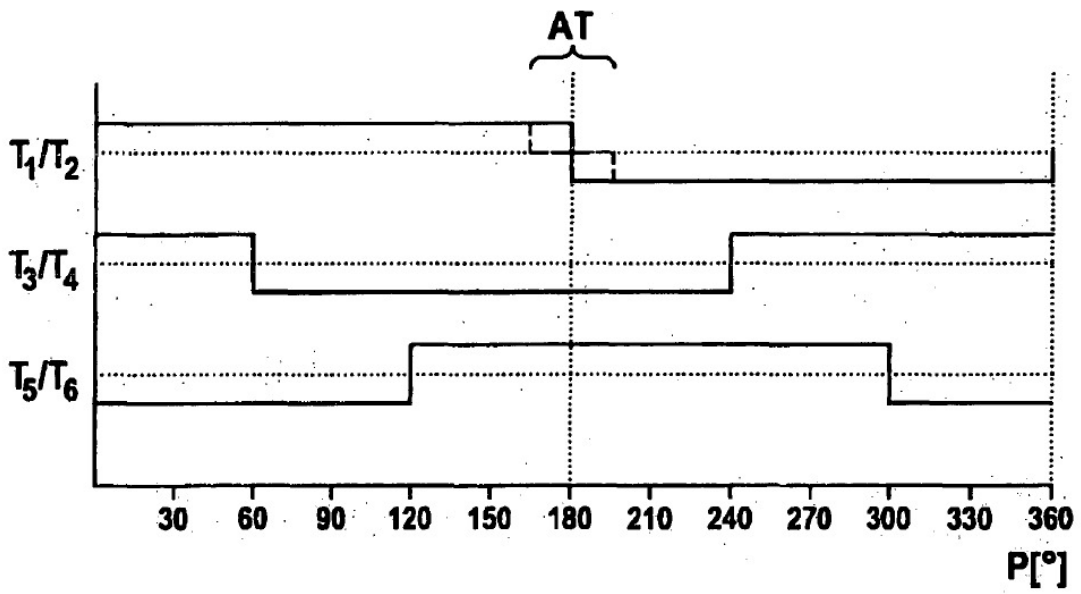
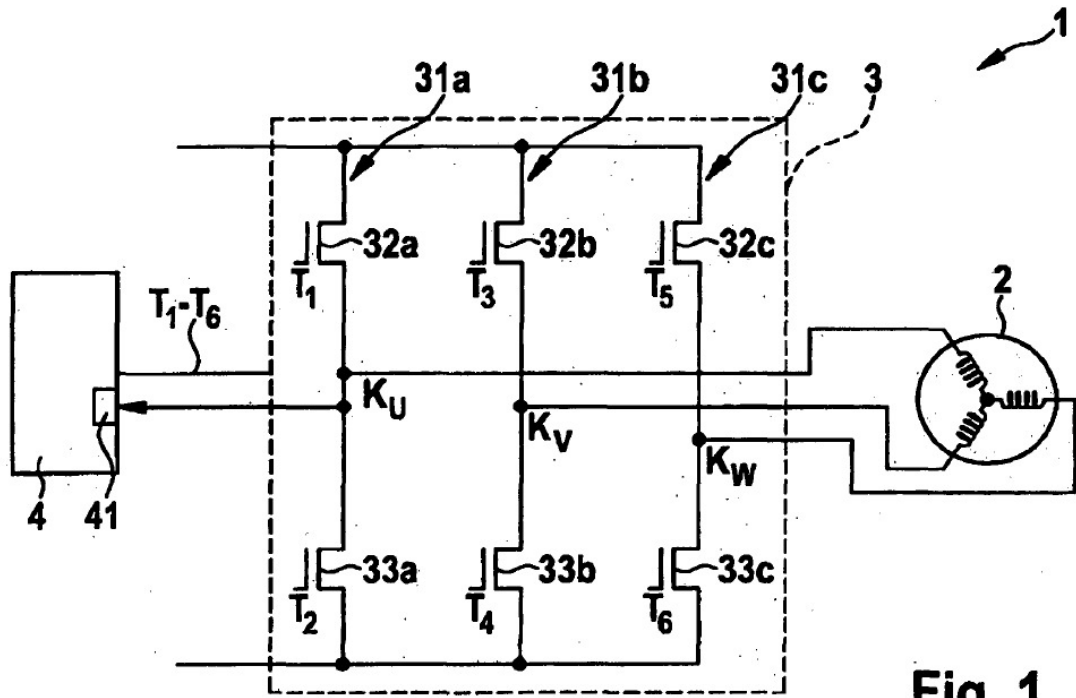
35 En la forma de ejecución representada en la figura 3 se proporciona una transición lineal entre dos potenciales de tensión de fase de diferente signo, donde al proporcionar un intervalo de supresión de trama AT la transición del potencial de tensión de fase para el potencial de suspensión se proporciona con la pendiente doble. Al utilizar la estructura del circuito de excitación 3, tal como se representa en la figura 1, el factor de duración es reconducido desde un potencial de tensión de fase positivo a un factor de duración del 50% con una pendiente predeterminada. El disyuntor superior 32a y el disyuntor inferior 33a se conectan por tanto de forma no conductora, para realizar el intervalo de supresión de trama AT. Al final del intervalo de supresión de trama AT, comenzando con un factor de duración de 50%, el factor de duración TV se reduce aún más de acuerdo con la pendiente predeterminada, hasta el factor de duración TV, con el cual el potencial de tensión de fase negativo deseado se aplica a la respectiva conexión de fases.

45 Del modo antes explicado, el factor de duración de la modulación del ancho del pulso con respecto a un factor de duración del 50% se modifica según la dirección positiva y negativa. No obstante, en el caso del factor de duración más reducido resulta siempre en un ciclado de la modulación del ancho del pulso, de manera que el disyuntor inferior 33a, 33b, 33c nunca se conecta a masa durante un periodo prolongado. Debido a ello, en particular en el caso de potencias elevadas, la bomba de carga para el disyuntor superior no se recarga de forma suficiente. Para ese caso, se sustrae en total el factor de duración más reducido que se presenta de la modulación del ancho del pulso, como valor de desplazamiento de fase (offset) y, con ello, los disyuntores inferiores se conectan a masa de forma permanente en las fases de aplicación de corriente negativas. Lo mencionado mejora claramente la recarga

de la bomba de carga. En el potencial de tensión de fase resultan con ello períodos suficientes en los cuales tiene lugar la recarga de la bomba de carga.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para operar una máquina eléctrica (2) conmutada de forma electrónica, en donde para una conmutación, unos potenciales de tensión de fase alternantes se aplican a los arrollamientos de fases de la máquina eléctrica (2) según una conmutación en bloque, donde en la conmutación en bloque se prevé que en cualquier momento los arrollamientos de fases sean aplicados con un potencial de tensión de fase de excitación, donde los potenciales de tensión de fase se generan a través de una modulación del ancho del pulso, de manera que el nivel del potencial de tensión de fase que se aplica está determinado por un factor de duración (TV) de la modulación del ancho del pulso, donde para determinar un instante de paso cero de una tensión inducida en un arrollamiento de fase se prevé un intervalo de supresión de trama (AT) que representa una ventana de tiempo, durante la que no se aplica ningún potencial de tensión de fase al arrollamiento de fase correspondiente, donde antes y/o después del intervalo de supresión de trama (AT) se prevé un primer tiempo de transición ($\dot{U}T1$), durante el cual el perfil del potencial de tensión de fase aplicado presenta un primer gradiente acotado.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, donde el potencial de tensión de fase se desarrolla de forma lineal durante el tiempo de transición ($\dot{U}T1$).
- 15 3. Método según la reivindicación 1 ó 2, donde en cada cambio entre potenciales de tensión de fase durante un segundo tiempo de transición ($\ddot{U}T2$), el perfil del potencial de tensión de fase aplicado presenta un segundo gradiente acotado.
4. Método según la reivindicación 3, donde el segundo gradiente de los potenciales de tensión de fase presenta un valor inferior que el primer gradiente de los potenciales de tensión de fase.
- 20 5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, donde durante el primer tiempo de transición ($\dot{U}T1$) el perfil del potencial de tensión de fase parte de un potencial de tensión medio o termina en el potencial de tensión medio, donde el potencial de tensión medio se determina como el valor medio de los potenciales de tensión de fase antes y después del intervalo de supresión de trama (AT) provisto a partir de los periodos de tiempo de transición.
- 25 6. Dispositivo para operar una máquina eléctrica (2) conmutada de forma electrónica con una unidad de control (4) que se encuentra diseñada para
- aplicar a los arrollamientos de fases de la máquina eléctrica (2) potenciales de tensión de fase alternantes para una conmutación, donde la conmutación corresponde a una conmutación en bloque, la cual prevé que en cualquier momento los arrollamientos de fases sean aplicados con un potencial de tensión de fase de excitación,
 - generar los potenciales de tensión de fase a través de una modulación del ancho del pulso, de manera que el nivel del potencial de tensión de fase que se aplica esté determinado por un factor de duración (TV) de la modulación del ancho del pulso,
 - prever un intervalo de supresión de trama (AT) que representa una ventana de tiempo, para determinar un instante de paso cero de una tensión inducida en un arrollamiento de fase, donde durante dicho intervalo no se aplica ningún potencial de tensión de fase al arrollamiento de fase correspondiente, y
- 30 35 - prever un primer tiempo de transición ($\dot{U}T1$) antes y/o después del intervalo de supresión de trama (AT), donde durante dicho tiempo el perfil del potencial de tensión de fase aplicado presenta un primer gradiente acotado.
7. Sistema de motor con una máquina eléctrica (2) conmutada de forma electrónica y con un dispositivo según la reivindicación 6.
- 40 8. Producto de programa informático que contiene un código de programa que, cuando es ejecutado en un dispositivo de procesamiento de datos, realiza el método según una de las reivindicaciones 1 a 5.



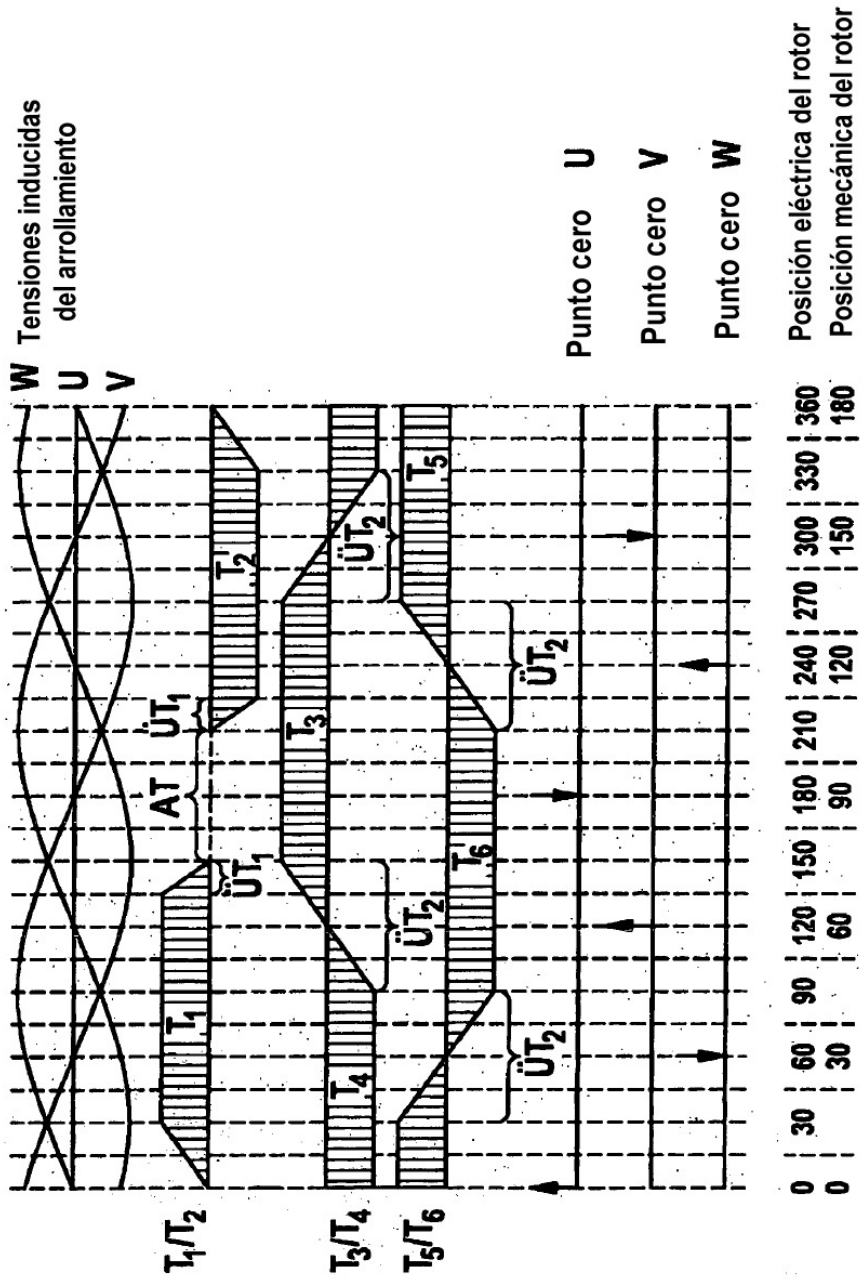


Fig. 3