

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 905 597**

51 Int. Cl.:

**H02P 6/18**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.06.2018 PCT/EP2018/066832**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.01.2019 WO19020295**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2018 E 18733269 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.11.2021 EP 3659252**

54 Título: **Procedimiento para determinar una posición del rotor de una máquina eléctrica, rotativa, así como una máquina eléctrica, rotativa, para realizar un procedimiento de esa clase**

30 Prioridad:

**28.07.2017 DE 102017213069**

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

**11.04.2022**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ROETZER, MARCO y  
VOLLMER, ULRICH**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 905 597 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

Procedimiento para determinar una posición del rotor de una máquina eléctrica, rotativa, así como una máquina eléctrica, rotativa, para realizar un procedimiento de esa clase

Estado del arte

- 5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para determinar una posición del rotor de una máquina eléctrica, rotativa.

Un procedimiento de esa clase se describe por ejemplo en la primera publicación de la solicitud DE 10 2009 039 672 A1. En dicho documento se describe un control sin detector que intenta determinar la posición del rotor sin utilizar un sensor de posición. De este modo, en el caso de velocidades de rotación reducidas se emplean los así llamados procedimientos basados en anisotropía, que determinan la posición del rotor mediante la anisotropía magnética de la máquina. En los accionamientos altamente dinámicos, para generar la tensión de fase que puede regularse de las máquinas eléctricas, en general se utiliza un inversor con modulación por ancho de pulsos (PWM). Las señales de control del inversor se calculan con la ayuda de un vector espacial que recalcula las tensiones predeterminadas, determinadas por la regulación, en relaciones de muestreo PWM. Las tensiones predeterminadas son determinadas por el regulador, por ejemplo en función de la posición del rotor y de las corrientes de fase detectadas, así como de ciertos requerimientos con respecto a la máquina eléctrica, por ejemplo la velocidad de rotación o el torque. En los procedimientos corrientes basados en anisotropía, mediante la variación específica de las tensiones predeterminadas entre dos etapas de muestreo del regulador, se produce una variación de corriente que depende de la posición, en donde añadida con respecto a la tensión predeterminada por la regulación se inducen tensiones de alta frecuencia. La variación de corriente que resulta debido a esto a continuación puede detectarse mediante mediciones de corriente de las respectivas corrientes de fase de la máquina eléctrica, en instantes determinados. En función de las corrientes de fase detectadas y de las tensiones suministradas, a continuación puede determinarse la posición del rotor, tal como está descrito por ejemplo en la primera publicación de la solicitud antes mencionada.

Además, los documentos US 2011/101906 A1 y DE 202016106678 U1 describen procedimientos para determinar una posición del rotor de una máquina eléctrica, rotativa.

Descripción de la invención

La invención se define mediante las características de la reivindicación 1 independiente.

La invención hace referencia a un procedimiento para determinar una posición del rotor de una máquina eléctrica, rotativa, donde la máquina eléctrica presenta al menos un primer subsistema multifase y un segundo subsistema multifase, donde cada subsistema presenta un grupo de bobinado y un inversor controlado por PWM, para la alimentación del respectivo grupo de bobinado, donde los grupos de bobinado de al menos el primer y el segundo subsistema esencialmente están dispuestos desplazados eléctricamente uno con respecto a otro en 360°. El procedimiento comprende las etapas del procedimiento:

a. variación de tensiones predeterminadas mediante un regulador para la activación de los subsistemas, entre una primera etapa de muestreo del regulador y una segunda etapa de muestreo del regulador, en donde para cada subsistema respectivamente se suministran tensiones de alta frecuencia añadida con respecto a las tensiones predeterminadas, para lograr respectivamente una variación de corriente que depende de la posición, donde las tensiones de alta frecuencia de al menos el primer y el segundo subsistema se seleccionan de manera que las mismas presentan una posición de fase desplazada una con respecto a otra, y donde las tensiones predeterminadas de al menos el primer y el segundo subsistema se seleccionan de manera que las mismas presentan esencialmente una misma posición de fase una con respecto a otra,

b. medición síncrona por PWM de una primera corriente de fase y de una segunda corriente de fase para cada subsistema entre la primera etapa de muestreo del regulador y la segunda etapa de muestreo del regulador, para en cada caso obtener un perfil de corriente de las corrientes de fase,

c. determinación de la posición del rotor en función de los perfiles de corriente obtenidos en la etapa del procedimiento b y de las tensiones de alta frecuencia suministradas en la etapa del procedimiento a.

En este caso se considera ventajoso el hecho de que debido a la posición de fase desplazada de las tensiones de alta frecuencia de los subsistemas, puede reducirse un rizado del torque de la máquina eléctrica, generado mediante el procedimiento basado en anisotropía, y aquí en particular debido al suministro de las tensiones de alta frecuencia. A su vez, debido a esto puede reducirse una producción de ruido que se genera durante el funcionamiento de la máquina eléctrica, mediante la determinación de la posición del rotor. Mediante el procedimiento, de este modo, puede tener lugar una determinación sin detector de la posición del rotor, que sólo afecta de forma mínima las

propiedades de la máquina eléctrica durante el funcionamiento. Además, según la invención también es posible que mediante el procedimiento se valide el resultado de un sensor de posición del rotor que se encuentra presente.

5 Los subsistemas de la máquina eléctrica, en este caso, en particular están conformados respectivamente de tres fases y, entre otros, respectivamente presentan un grupo de bobinado y un inversor controlado por PWM, para la alimentación del respectivo grupo de bobinado. Además, sería posible que la máquina eléctrica, añadida con respecto al primer y al segundo subsistema, presente además un tercer o un cuarto subsistema, o incluso cualquier número de otros subsistemas, que en particular entonces están dispuestos igualmente desplazados respectivamente de forma eléctrica en  $360^\circ$ , unos con respecto a otros. Por esencialmente la misma posición de fase de las tensiones predeterminadas del primer y del segundo subsistema debe entenderse en este caso una desviación máxima de algunos grados, que por ejemplo está condicionada por influencias perturbadoras externas o tolerancias en función de la fabricación, de los respectivos subsistemas.

15 Por desplazados de forma eléctrica en  $360^\circ$  unos con respecto a otros debe entenderse que los grupos de bobinado de dos subsistemas diferentes están dispuestos desplazados unos con respecto a otros de forma mecánica en un múltiplo entero de  $360^\circ$ , dividido por el número de los polos de la máquina eléctrica. Donde un múltiplo también puede significar 1.

En una configuración del procedimiento según la invención se prevé que en la etapa del procedimiento a las tensiones de alta frecuencia de al menos el primer y el segundo subsistema se seleccionen de manera que las tensiones de alta frecuencia, una con respecto a otra, presenten una posición de fase desplazada n-veces de  $360^\circ$ , dividido por el número de los subsistemas, donde n es un número entero.

20 En este caso, se considera ventajoso que mediante ese desplazamiento correspondiente de la posición de fase, la producción de ruido pueda optimizarse aún más, en donde por ejemplo en el caso de dos subsistemas las tensiones de alta frecuencia se seleccionan de manera que las mismas están orientadas de forma opuesta en el sistema de coordenadas orientado hacia el flujo del rotor. De este modo, un vector de tensión total que se produce, de manera ventajosa, puede ser muy reducido, debido a lo cual puede mantenerse reducido el rizado del torque correspondiente de la máquina eléctrica. Por consiguiente, mediante una selección de esa clase de las tensiones de alta frecuencia, la producción de ruido se reduce aún más gracias al procedimiento según la invención para determinar la posición del rotor.

30 En el caso de dos subsistemas, las tensiones de alta frecuencia, por ejemplo, pueden presentar una posición de fase de  $180^\circ$  una con respecto a otra. En el caso de tres subsistemas, por ejemplo, sería posible un desplazamiento de la posición de fase de las tensiones de alta frecuencia en cada caso de  $120^\circ$  por subsistema. En el caso de cuatro subsistemas, por ejemplo, existe la posibilidad de que los subsistemas presenten una posición de fase de  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  y  $270^\circ$  unos con respecto a otros. No obstante, también es posible que las tensiones de alta frecuencia, en dos subsistemas, se agreguen en la misma dirección, y que en los otros dos subsistemas se agreguen con una posición de fase desplazada en  $180^\circ$  en comparación con los dos primeros subsistemas.

35 Según una configuración del procedimiento según la invención se prevé que en la etapa del procedimiento a, amplitudes de las tensiones de alta frecuencia de al menos el primer y el segundo subsistema, se seleccionen de manera que una suma de todos los indicadores de tensión de las tensiones de alta frecuencia de los subsistemas, en el sistema de coordenadas orientado al flujo del rotor, de como resultado un vector nulo. Se considera ventajoso aquí que mediante la regulación adicional de las tensiones de alta frecuencia con respecto a su amplitud, incluso puede evitarse por completo la generación de un rizado del torque, debido a la determinación de la posición del rotor. El vector nulo significa que en el caso de subsistemas trifásicos, la suma de las tensiones de alta frecuencia de todas las primeras fases, la suma de las tensiones de alta frecuencia de todas las segundas fases, así como la suma de las tensiones de alta frecuencia de todas las terceras fases, dan cero como resultado.

45 Según una configuración del procedimiento según la invención se prevé que en la etapa del procedimiento c, para al menos el primer y el segundo subsistema, se determine la respectiva variación de corriente que se produce mediante la variación de las tensiones predeterminadas, en función del perfil de corriente de las corrientes de fase, obtenido en la etapa del procedimiento b, donde el perfil de corriente se divide en una primera corriente que circularía sin una variación de la tensión predeterminada, y en una segunda corriente que se genera mediante la alimentación de las tensiones de alta frecuencia, y donde la posición del rotor se determina en función de la variación de corriente respectivamente determinada. La determinación correspondiente de la posición del rotor, a modo de ejemplo, está descrita en el estado del arte antes mencionado. En este caso, se considera ventajoso que esto representa una posibilidad sencilla para determinar la posición del rotor. Gracias a esto, la inversión necesaria para el cálculo puede mantenerse reducida y la determinación de la posición del rotor puede tener lugar rápidamente.

55 En una configuración del procedimiento según la invención se prevé que la segunda corriente, que se genera mediante la alimentación de las tensiones de alta frecuencia, se determine formando una diferencia de las corrientes

de fase obtenidas en la etapa del procedimiento b, de al menos el primer y el segundo subsistema. Además, se considera ventajoso que debido a la misma posición de fase de las tensiones predeterminadas de los subsistemas, la primera corriente, que circularía sin una variación de las tensiones predeterminadas, se compensa recíprocamente en la formación de diferencia y, con ello, la segunda corriente que se genera mediante la alimentación de las tensiones de alta frecuencia, puede determinarse con mucha facilidad. La segunda corriente, en cambio, no se compensa recíprocamente debido a la posición de fase desplazada de las tensiones de alta frecuencia.

Según una configuración del procedimiento según la invención se prevé que la primera corriente, que circularía sin una variación de la tensión predeterminada, se determine formando un valor medio de las corrientes de fase obtenidas en la etapa del procedimiento b, de al menos el primer y el segundo subsistema. Se considera ventajoso aquí que debido a la posición de fase desplazada de las tensiones de alta frecuencia de los subsistemas, la segunda corriente, que se genera mediante la alimentación de las tensiones de alta frecuencia, en la formación del valor medio se compensa recíprocamente al menos en cierto grado y, con ello, la primera corriente, que circularía sin una variación de las tensiones predeterminadas, puede determinarse con mucha facilidad. De manera correspondiente, la primera corriente no se compensa recíprocamente debido a la misma posición de fase de las tensiones predeterminadas.

Según una configuración del procedimiento según la invención se prevé que un periodo de muestreo del regulador, que representa la duración entre la primera etapa de muestreo del regulador y la segunda etapa de muestreo del regulador, sea mayor que un periodo PWM. Se considera ventajoso aquí que mediante la medición síncrona por PWM de las corrientes de fase se detectan más valores de medición que los que se necesitan realmente para determinar la posición del rotor. Gracias a esto puede mejorarse la relación de señal- ruido.

En este caso puede suponerse que la diferencia de las corrientes de fase, que se utiliza para calcular las corrientes de alta frecuencia, posee un error de baja frecuencia que se estima y se compensa. Esa proporción de error resulta por ejemplo de tolerancias, condicionadas por la fabricación, de los respectivos subsistemas o también de los grupos de bobinado. La estimación del error en particular puede realizarse con la ayuda del método de cuadrados de error más reducidos. Puede suponerse que las tensiones predeterminadas mediante el regulador, entre dos etapas de muestreo del regulador, son constantes. La proporción de error de baja frecuencia puede describirse en espacios de tiempo en los cuales las tensiones predeterminadas mediante el regulador son constantes, mediante una función de modelo, preferentemente mediante un polinomio de orden inferior. Las corrientes de alta frecuencia que se producen debido a la alimentación de las tensiones de alta frecuencia, además, pueden describirse mediante una ecuación lineal, en función de la inductancia inversa que depende de la posición del rotor, o en función de errores en la posición del rotor. Mientras que las tensiones predeterminadas sean constantes, de este modo, un perfil en el tiempo de la diferencia de las corrientes de fase puede describirse con la ayuda de un sistema de ecuaciones lineal. Ahora, si la frecuencia de muestreo del regulador, que representa el valor recíproco del periodo de muestreo del regulador, se selecciona marcadamente más reducida que la frecuencia PWM, entonces se detectan muchos más valores de medición de la corriente de fase, que para la solución del sistema de ecuaciones lineal. Aquí puede utilizarse ahora el método de cuadrados de error más reducidos, para solucionar el sistema de ecuaciones sobredeterminado. Esto significa que cuanto más reducida se seleccione la frecuencia de muestreo del regulador en comparación con la frecuencia PWM, tanto mejor será la relación de señal-ruido de los parámetros de solución determinados. Según una configuración del procedimiento según la invención se prevé que las tensiones de alta frecuencia presenten un rango de frecuencia que se encuentra por encima de una frecuencia de resonancia de vibraciones mecánicas que pueden generarse en una carcasa de la máquina eléctrica. Se considera ventajoso en este caso que mediante la selección de un rango de frecuencia correspondiente para las tensiones de alta frecuencia, una producción de ruido debido a la alimentación de las tensiones de alta frecuencia en los respectivos subsistemas puede reducirse o incluso puede no presentarse en absoluto.

Mediante la alimentación de las tensiones de alta frecuencia, sobre el estátor de la máquina eléctrica actúan fuerzas de alta frecuencia, de forma radial, que esencialmente presentan la misma frecuencia que las tensiones de alta frecuencia. Dependiendo de la topología de la máquina eléctrica y de la selección de las tensiones de alta frecuencia, las fuerzas radiales que se generan mediante las tensiones de alta frecuencia tienen órdenes espaciales diferentes. Debido a las fuerzas, el estátor comienza a vibrar. Los modos de la vibración mecánica en general son idénticos a los órdenes espaciales de las fuerzas, donde la frecuencia de resonancia es diferente para cada modo. Por consiguiente, es ventajoso que el rango de frecuencia de las tensiones de alta frecuencia se encuentre por encima de la frecuencia de resonancia del modo excitado, para de ese modo reducir al mínimo las vibraciones mecánicas.

Además, la invención hace referencia a una máquina eléctrica, rotativa, con al menos un primer subsistema multifase y un segundo subsistema multifase, definida por las características de la reivindicación 9 independiente.

Según una configuración de la máquina eléctrica según la invención se prevé que los grupos de bobinado de al menos el primer y el segundo subsistema, estén conectados uno con otro de manera que esté proporcionada una matriz de inductancia esencialmente constante en un sistema de coordenadas orientado al flujo del rotor.

En este caso se considera ventajoso que se posibilita una determinación sencilla de la posición del rotor. Esto se debe al hecho de que existen diferentes posibilidades en cuanto a la conexión, de unos con otros, de los bobinados de los grupos de bobinado individuales de los subsistemas. Dependiendo de la conexión de los subsistemas, así como de los grupos de bobinado, la máquina eléctrica presenta diferentes propiedades de simetría. Ante todo, esto tiene efectos en los acoplamientos magnéticos entre las fases individuales. De este modo, en el sistema de coordenadas orientado al flujo del rotor, las inductancias de fase y de acoplamiento de una máquina eléctrica con subsistemas separados poseen órdenes matemáticos adicionales en comparación con una máquina con bobinados entrecruzados. Esos órdenes adicionales dificultan a su vez la determinación de la posición del rotor mediante un procedimiento basado en anisotropía, ya que los órdenes adicionales deben ser conocidos para poder deducir la posición del rotor a partir de una variación de corriente de alta frecuencia. Mediante una conexión de los grupos de bobinado, que conduce a una matriz de inductancia constante de la máquina eléctrica, pueden reducirse al mínimo los órdenes adicionales y, con ello, la determinación de la posición del rotor puede mantenerse sencilla.

Según una configuración de la máquina eléctrica se prevé que al menos el primer subsistema y el segundo subsistema presenten un circuito intermedio de tensión en común. De este modo, se considera ventajoso que adicionalmente con respecto al rizado del torque pueda reducirse al mínimo también un rizado de corriente de la batería, que se genera debido a la alimentación de las tensiones de alta frecuencia hacia los respectivos subsistemas, y que circula en las líneas de alimentación hacia los inversores.

#### Dibujos

La figura 1 muestra un ejemplo de ejecución de un procedimiento según la invención para determinar una posición del rotor de una máquina eléctrica, rotativa.

La figura 2 muestra un ejemplo de ejecución de una máquina eléctrica, rotativa, según la invención, que está configurada para realizar un procedimiento según la invención.

Las figuras 3a y 3b muestran en detalle dos disposiciones diferentes de grupos de bobinado de un primer y de un segundo subsistema de una máquina eléctrica, por ejemplo según la figura 2.

#### Descripción de ejemplos de ejecución

La figura 1 muestra un ejemplo de ejecución de un procedimiento según la invención para determinar una posición del rotor de una máquina eléctrica, rotativa. La máquina eléctrica 10, por ejemplo según la figura 2, presenta al menos un primer subsistema multifase 21 y un segundo subsistema multifase 22. Los subsistemas 21, 22 en particular están conformados de tres fases. Además, cada subsistema 21, 22 presenta un grupo de bobinado 31, 32 y un inversor 41, 42 controlado por PWM, para la alimentación del respectivo grupo de bobinado 31, 32. Los grupos de bobinado 31, 32 de al menos el primer y el segundo subsistema 21, 22 esencialmente están dispuestos desplazados eléctricamente uno con respecto a otro en  $360^\circ$ .

En el procedimiento representado en el ejemplo de ejecución según la figura 1, después del inicio S, en una etapa del procedimiento a, para cada uno de los subsistemas 21, 22, entre una primera etapa de muestreo del regulador y una segunda etapa de muestreo del regulador, se modifican tensiones predeterminadas  $u_{\text{control}}$ , mediante un regulador 50, para la activación de los dos subsistemas 21, 22, en donde añadida con respecto a las tensiones predeterminadas  $u_{\text{control}}$  se agregan tensiones de alta frecuencia  $u_{\text{añad}}$  para lograr una variación de corriente que depende de la posición. De este modo, para cada subsistema 21, 22, las tensiones de alta frecuencia  $u_{\text{añad}}$  se añaden a las tensiones predeterminadas  $u_{\text{control}}$ , y a continuación, para la activación del respectivo subsistema 21, 22, se recalcula en una relación de muestreo PWM Las tensiones de alta frecuencia  $u_{\text{añad}}$  de al menos el primer y el segundo subsistema 21, 22 se seleccionan de manera que las mismas presentan una posición de fase desplazada una con respecto a otra. De este modo, por ejemplo las tensiones de alta frecuencia  $u_{\text{añad}}$  del primer subsistema 21 pueden presentar una posición de fase desplazada en  $180^\circ$  con respecto a las tensiones de alta frecuencia  $u_{\text{añad}}$  del segundo subsistema 22. Además, las tensiones de alta frecuencia  $u_{\text{añad}}$  de los dos subsistemas 21, 22; con respecto a su amplitud, se seleccionan de manera que una suma de todos los indicadores de tensión de las tensiones de alta frecuencia  $u_{\text{añad}}$  de los subsistemas 21, 22 da como resultado un vector nulo. En el caso de un desplazamiento de fases de las tensiones de alta frecuencia  $u_{\text{añad}}$  de los dos subsistemas de  $180^\circ$  las amplitudes, de este modo, pueden seleccionarse de forma idéntica, para obtener en total un vector nulo. Además, las tensiones predeterminadas  $u_{\text{control}}$  de al menos el primer y el segundo subsistema 21, 22 se seleccionan de manera que las mismas presentan esencialmente una misma posición de fase una con respecto a otra. La duración entre la primera etapa de muestreo del regulador y la segunda etapa de muestreo del regulador en particular puede seleccionarse de manera que la misma sea varias veces más grande que la duración de un periodo PWM.

A continuación de la etapa del procedimiento a, en una etapa del procedimiento b, para cada subsistema 21, 22 se mide de forma sincrónica por PWM al menos una primera corriente de fase y una segunda corriente de fase entre la primera etapa de muestreo del regulador y la segunda etapa de muestreo del regulador, para en cada caso obtener

un perfil de corriente de todas las corrientes de fase. Si en una máquina eléctrica 10 con subsistemas 21, 22 diseñados de tres fases, se miden por ejemplo sólo la primera corriente de fase y la segunda corriente de fase del respectivo subsistema 21, 22, entonces una tercera corriente de fase del respectivo subsistema 21, 22 puede determinarse mediante la primera Ley de Kirchhoff, a partir de la primera corriente de fase y de la segunda corriente de fase:

$$i_c = -i_a - i_b$$

De manera alternativa puede medirse igualmente la tercera corriente de fase del respectivo subsistema 21, 22.

Por último, en una etapa del procedimiento c, la posición del rotor de la máquina eléctrica 10 se determina en función de los perfiles de corriente obtenidos en la etapa del procedimiento b y de las tensiones de alta frecuencia suministradas en la etapa del procedimiento a, y a continuación el procedimiento termina. La posición del rotor en particular puede determinarse determinando la variación de corriente que se produce debido a la variación de la tensión predeterminada  $u_{control}$  en la etapa del procedimiento a. De este modo, la determinación de la variación de corriente tiene lugar en función del perfil de corriente de las corrientes de fase obtenido en la etapa b y de las tensiones de alta frecuencia  $u_{añad}$  suministradas en la etapa del procedimiento a. Para ello, el perfil de corriente obtenido en la etapa del procedimiento b se divide en una primera corriente que circularía sin una variación de la tensión predeterminada  $u_{control}$ , y en una segunda corriente que se genera mediante la variación de la tensión  $u_{control}$ . La segunda corriente por ejemplo puede determinarse formando una diferencia de las corrientes de fase obtenidas en la etapa del procedimiento b, de al menos el primer y el segundo subsistema 21, 22. Además, la primera corriente por ejemplo puede determinarse formando un valor medio de las corrientes de fase obtenidas en la etapa del procedimiento b, de al menos el primer y el segundo subsistema 21, 22.

En un ejemplo de ejecución alternativo, no representado en los dibujos, el procedimiento puede iniciarse nuevamente de forma regular, para determinar de forma continua la posición del rotor de la máquina eléctrica.

La figura 2 muestra un ejemplo de ejecución de una máquina eléctrica, rotativa, según la invención, que está configurada para realizar un procedimiento según la invención.

Está representada una máquina eléctrica 10. La máquina eléctrica 10 presenta un rotor 15 con imanes permanentes, que está rodeado por un grupo de bobinado 31 de un primer subsistema multifase 21 y un segundo grupo de bobinado 32 de un segundo subsistema multifase 22. Los subsistemas 21, 22 aquí en particular están diseñados de tres fases, lo cual sin embargo no está representado en las figuras. Los grupos de bobinado 31, 32 están dispuestos en un estátor no representado en las figuras, de manera que los grupos de bobinado 31, 32 de al menos el primer y el segundo subsistema 21, 22 esencialmente están dispuestos desplazados eléctricamente uno con respecto a otro en  $360^\circ$ . Además, el grupo de bobinado 31 del primer subsistema 21 está conectado a un inversor 41 que aplica corriente al grupo de bobinado 31. De manera correspondiente, también el grupo de bobinado 32 del segundo subsistema 22 está conectado a un inversor 42. A su vez, los dos inversores 41, 42 de los dos subsistemas 21, 22 están conectados a una unidad PWM 70, que activa los inversores 41 y 42 de modo correspondiente. De este modo, la unidad PWM 70, para cada subsistema 21, 22, obtiene tensiones predeterminadas  $u_{control}$ , desde un regulador 50, y desde una unidad de excitación de alta frecuencia 80, obtiene tensiones de alta frecuencia  $u_{añad}$ , que son sumadas y recalculadas por la unidad PWM 70 en relaciones de muestreo PWM correspondientes. En este caso, las tensiones de alta frecuencia  $u_{añad}$  de al menos el primer y el segundo subsistema 21, 22 están seleccionadas de manera que las mismas presentan una posición de fase desplazada una con respecto a otra. Además, las tensiones predeterminadas  $u_{control}$  de al menos el primer y el segundo subsistema 21, 22 están seleccionadas de manera que las mismas presentan esencialmente una misma posición de fase una con respecto a otra. Además, el primer subsistema 21 y el segundo subsistema 22 están conectados a un circuito intermedio de tensión 60 en común.

La máquina eléctrica 10, en el caso de tres subsistemas trifásicos 21, 22 para al menos una primera fase y una segunda fase de cada subsistema 21, 22, presenta en cada caso una unidad de sensor de medición de corriente 55. Mediante esa unidad de sensor de medición de corriente 55 puede detectarse una corriente de fase correspondiente. Los valores de las corrientes de fase detectadas, de este modo, se ponen a disposición tanto del regulador 50, como también de una unidad de posición del rotor 90. La unidad de posición del rotor 90 está configurada para determinar una posición del rotor 15 en función de los perfiles de corriente correspondientes de las corrientes de fase, y para transmitir esa posición del rotor, entre otros, al regulador 50. El regulador 50 está configurado para determinar las tensiones predeterminadas  $u_{control}$  en función de los perfiles de corriente de las corrientes de fase y de la posición del rotor obtenida, para el primer y el segundo subsistema 21, 21, y para transmitir esas tensiones predeterminadas  $u_{control}$ , del modo antes descrito, a la unidad PWM 70.

Las figuras 3a y 3b muestran en detalle dos disposiciones diferentes de grupos de bobinado de un primer y de un segundo subsistema de una máquina eléctrica, por ejemplo según la figura 2. En las figuras 3a y 3b respectivamente están representados grupos de bobinado 31, 32 del primer y del segundo subsistema 21, 22, que están dispuestos en un estátor 13 de la máquina eléctrica 10 y alrededor de un rotor 15 de la máquina eléctrica 10. Los grupos de

5 bobinado 31, 32 respectivamente están diseñados de tres fases y, por tanto, respectivamente presentan una bobina por fase. Por consiguiente, el primer grupo de bobinado 31 del primer subsistema 21 presenta en cada caso una bobina para las fases  $u_1$ ,  $v_1$ , y  $w_1$ . De manera correspondiente, el segundo grupo de bobinado 32 del segundo subsistema 22 presenta en cada caso una bobina para las fases  $u_2$ ,  $v_2$  y  $w_2$ . Las bobinas de los grupos de bobinado 31, 32, en las figuras 3a y 3b, respectivamente están desplazadas eléctricamente en  $360^\circ$  una con respecto a otra, y debido a su respectiva disposición, solamente conducen a propiedades de simetría diferentes de la máquina eléctrica 10, debido al acoplamiento magnético entre las bobinas individuales de las respectivas fases.

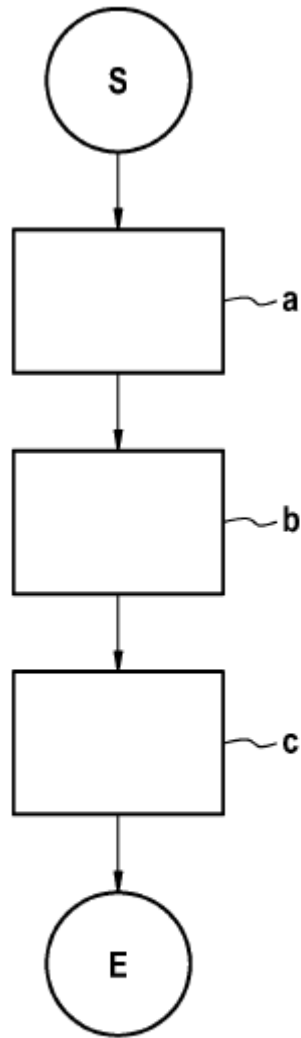
**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para determinar una posición del rotor de una máquina eléctrica, rotativa (10), donde la máquina eléctrica (10) presenta al menos un primer subsistema multifase (21) y un segundo subsistema multifase (22), donde cada subsistema (21, 22) respectivamente presenta un grupo de bobinado (31, 32) y un inversor (41, 42) controlado por PWM, para la alimentación del respectivo grupo de bobinado (31, 32), donde los grupos de bobinado (31, 32) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22) esencialmente están dispuestos desplazados eléctricamente uno con respecto a otro en 360°, caracterizado por las etapas del procedimiento:
  - 10 a. variación de tensiones predeterminadas ( $U_{control}$ ) mediante un regulador para la activación de los subsistemas (21, 22), entre una primera etapa de muestreo del regulador y una segunda etapa de muestreo del regulador, en donde para cada subsistema (21, 22) respectivamente se suministran tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) añadida con respecto a las tensiones predeterminadas ( $U_{control}$ ), para lograr respectivamente una variación de corriente que depende de la posición, donde las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22) se seleccionan de manera que las mismas presentan una posición de fase desplazada una con respecto a otra, y donde las tensiones predeterminadas ( $U_{control}$ ) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22) se seleccionan de manera que las mismas presentan esencialmente una misma posición de fase una con respecto a otra,
  - 15 b. medición síncrona por PWM de una primera corriente de fase y de una segunda corriente de fase para cada subsistema (21, 22) entre la primera etapa de muestreo del regulador y la segunda etapa de muestreo del regulador, para en cada caso obtener un perfil de corriente de las corrientes de fase,
  - 20 c. determinación de la posición del rotor en función de los perfiles de corriente obtenidos en la etapa del procedimiento b y de las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) suministradas en la etapa del procedimiento a.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en la etapa del procedimiento a las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22) se seleccionan de manera que las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ), una con respecto a otra, presentan una posición de fase desplazada n-veces de 360°, dividido por el número de los subsistemas (21, 22), donde n es un número entero.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque en la etapa del procedimiento a, amplitudes de las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22) se seleccionan de manera que una suma de todos los indicadores de tensión de las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) de los subsistemas (21, 22), en el sistema de coordenadas orientado al flujo del rotor, da como resultado un vector nulo.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque en la etapa del procedimiento c, para al menos el primer y el segundo subsistema, se determina la respectiva variación de corriente que se produce mediante la variación de las tensiones predeterminadas ( $U_{control}$ ), en función del perfil de corriente de las corrientes de fase, obtenido en la etapa del procedimiento b, donde el perfil de corriente se divide en una primera corriente que circularía sin una variación de la tensión predeterminada ( $U_{control}$ ), y en una segunda corriente que se genera mediante la alimentación de las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ), y donde la posición del rotor se determina en función de la variación de corriente respectivamente determinada.
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque la segunda corriente, que se genera mediante la alimentación de las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ), se determina formando una diferencia de las corrientes de fase obtenidas en la etapa del procedimiento b, de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22).
6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque la primera corriente, que circularía sin una variación de la tensión predeterminada ( $U_{control}$ ), se determina formando un valor medio de las corrientes de fase obtenidas en la etapa del procedimiento b, de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22).
- 45 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque un periodo de muestreo del regulador, que representa la duración entre la primera etapa de muestreo del regulador y la segunda etapa de muestreo del regulador, es más grande que un periodo PWM.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) presentan un rango de frecuencia que se encuentra por encima de una frecuencia de resonancia de vibraciones mecánicas que pueden generarse en una carcasa de la máquina eléctrica (10).
- 50 9. Máquina eléctrica, rotativa (10) con al menos un primer subsistema multifase (21) y un segundo subsistema multifase (22), donde cada subsistema (21, 22) presenta un grupo de bobinado (31, 32) y un inversor (41, 42) controlado por PWM, para la alimentación del respectivo grupo de bobinado (31, 32), caracterizada porque los grupos de bobinado (31, 32) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22) esencialmente están

5 dispuestos desplazados eléctricamente uno con respecto a otro en  $360^\circ$ , caracterizada porque la máquina eléctrica (10) presenta una unidad PWM (70) que está configurada para modificar tensiones predeterminadas ( $U_{control}$ ) mediante un regulador, para la activación de los subsistemas (21, 22), entre una primera etapa de muestreo del regulador y una segunda etapa de muestreo del regulador, en donde para cada subsistema (21, 22) respectivamente  
 10 pueden suministrarse tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) añadida con respecto a las tensiones predeterminadas ( $U_{control}$ ), para lograr respectivamente una variación de corriente que depende de la posición, y donde la unidad PWM (70) está configurada para seleccionar las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22), de manera que las mismas presentan una posición de fase desplazada una con respecto a otra, y para seleccionar las tensiones predeterminadas ( $U_{control}$ ) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22), de manera que las mismas presentan esencialmente una misma posición de fase una con respecto a otra, donde la máquina eléctrica presenta una unidad de sensor de medición de corriente (55) que está configurada para medir de forma síncrona por PWM al menos una primera corriente de fase y una segunda corriente de fase para cada subsistema (21, 22) entre la primera etapa de muestreo del regulador y la segunda etapa de muestreo del regulador, para en cada caso obtener un perfil de corriente de las corrientes de fase, y donde la máquina eléctrica  
 15 (10) presenta una unidad de posición del rotor (90) que está configurada para determinar la posición del rotor en función de los perfiles de corriente obtenidos y de las tensiones de alta frecuencia ( $U_{añad}$ ) suministradas.

10. Máquina eléctrica según la reivindicación 9, caracterizada porque los grupos de bobinado (31, 32) de al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22) están conectados uno con otro de manera que está proporcionada una matriz de inductancia esencialmente constante en un sistema de coordenadas orientado al flujo del rotor.

20 11. Máquina eléctrica según la reivindicación 9 ó 10, caracterizada porque al menos el primer y el segundo subsistema (21, 22) presentan un circuito intermedio de tensión (60) en común.



**FIG. 1**

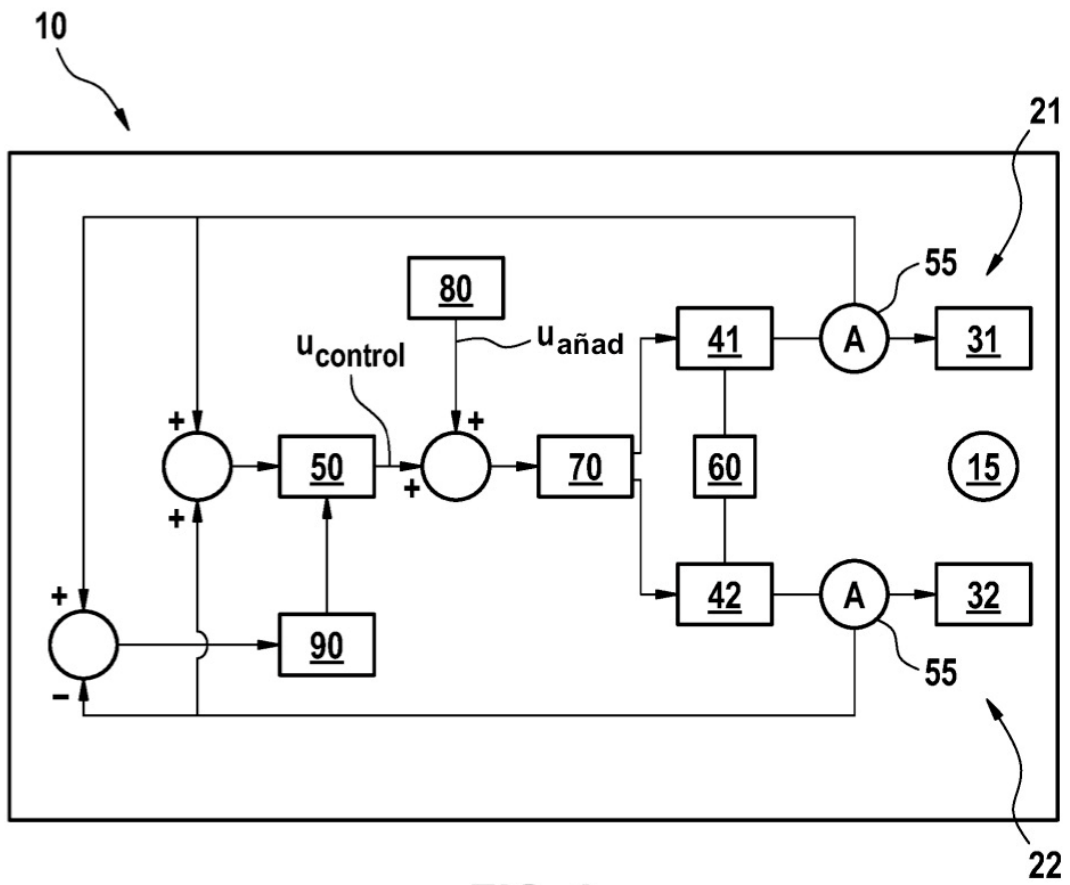


FIG. 2

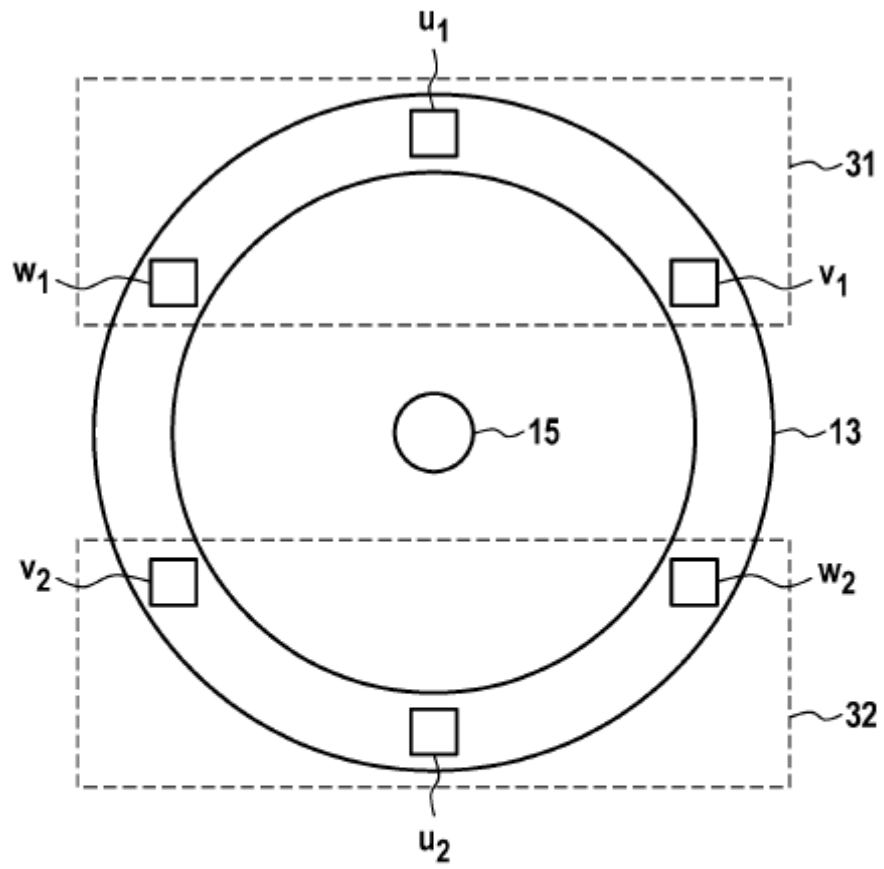


FIG. 3a

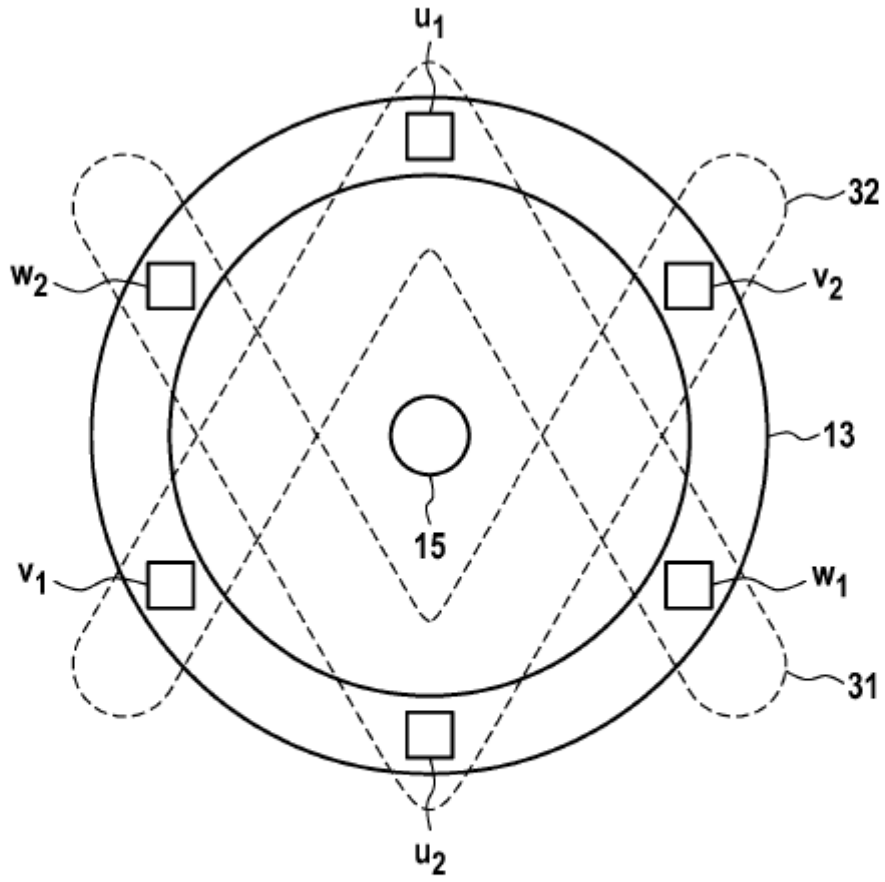


FIG. 3b