

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 920 161**

51 Int. Cl.:

H02P 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2020** **E 20159271 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2022** **EP 3709504**

54 Título: **Procedimiento, programa y dispositivo para configurar un variador de velocidad para alimentar un motor eléctrico**

30 Prioridad:

14.03.2019 FR 1902610

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

01.08.2022

73 Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS
(100.0%)
33, rue André Blanchet
27120 Pacy sur Eure, FR**

72 Inventor/es:

**MALRAIT, FRANÇOIS;
DEVOS, THOMAS y
JEBAI, AL KASSEM**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 920 161 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, programa y dispositivo para configurar un variador de velocidad para alimentar un motor eléctrico

Campo técnico de la invención

5 La invención se refiere a la configuración de un variador de velocidad encargado de alimentar un motor eléctrico, y en particular a la configuración del variador de velocidad según un tipo de motor eléctrico, especialmente para motores eléctricos trifásicos.

Estado de la técnica

Los motores eléctricos pueden dividirse en varias categorías. Se trata de motores de corriente continua, por un lado, y de motores de corriente alterna, por otro.

10 En el uso industrial, la mayoría de los motores de corriente alterna (CA) son motores trifásicos. Estos motores pueden estar alimentados directamente de la red eléctrica, o mediante un convertidor de potencia activo, un arrancador electrónico o un variador de velocidad.

Dado que cada tipo de motor de CA trifásico funciona de forma diferente, es necesario configurar el variador de velocidad con parámetros específicos para el tipo de motor al que se conecta.

15 Algunos variadores de velocidad requieren la selección manual de un tipo de motor por parte del usuario. Esta selección activa las funciones dedicadas al tipo de motor, como las funciones de alineación, flujo, identificación o compatibilidad con otras funciones.

La selección manual puede comprender la selección de un parámetro como:

- 20 - una ley de control vectorial, o "*vector control*" en inglés, para motores asíncronos, que es un control de bucle de velocidad;
- una ley de control para motores síncronos de imanes permanentes que también puede ser con bucle de velocidad sobre un principio de control vectorial;
- una ley de control para motores síncronos de reluctancia variable que también puede ser con bucle de velocidad sobre un principio de control vectorial;
- 25 - otras leyes de control.

Una selección manual de este tipo es además susceptible de errores, en cuyo caso una configuración errónea puede causar un mal funcionamiento del motor (incapacidad de arranque, rendimiento degradado, ...) hasta el daño del motor eléctrico.

30 Así pues, existe la necesidad de facilitar la configuración de un variador de velocidad dispuesto para alimentar varios tipos de motor eléctrico, evitando al mismo tiempo los errores relacionados con esta configuración.

La presente invención resuelve los inconvenientes mencionados anteriormente.

Los documentos US2014265990A1 y EP1257049A2 revelan un procedimiento para configurar e identificar un tipo de motor eléctrico conectado a un variador de velocidad.

Divulgación de la invención

35 Un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento de configuración de un variador de velocidad encargado de la alimentación (por ejemplo, trifásica) de un motor eléctrico, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- aplicar una secuencia S1 de tensiones de motor al motor eléctrico a través del variador de velocidad;
- 40 - obtener mediciones M1 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S1 de tensiones del motor;
- determinar una característica C1 del motor eléctrico a partir de las mediciones M1 de las corrientes del motor;
- determinar un tipo de motor eléctrico en función al menos de la característica C1 ;
- configurar el variador de velocidad en función del tipo determinado de motor eléctrico.

45 De este modo, la invención permite configurar, sin intervención del usuario, un variador de velocidad en función del tipo de motor determinado.

Según una realización, la característica C1 puede caracterizar si el motor eléctrico tiene o no propiedad anisotrópica.

Por lo tanto, se pueden aplicar configuraciones diferenciadas dependiendo de si el motor eléctrico es anisotrópico o no.

5 La secuencia S1 de tensiones del motor se aplica sucesivamente dos veces, en al menos dos direcciones no colineales de tensión, según las siguientes operaciones:

- aplicar la secuencia S1 de tensiones del motor al motor eléctrico en una dirección D1 ;
- obtener mediciones M11 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia de tensiones del motor en la dirección D1 ;
- 10 - si se determina que las mediciones M11 muestran oscilaciones, determinar que el motor eléctrico tiene una propiedad anisotrópica;
- en caso contrario:
 - aplicar la secuencia S1 de tensiones del motor al menos una segunda vez en una dirección D2 no colineal a la dirección D1;
 - 15 -- obtener mediciones M12 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S1 de tensiones del motor en el sentido D2;
 - en caso de detectar que las mediciones M12 presentan oscilaciones, determinar que el motor eléctrico tiene una propiedad anisotrópica;
 - en caso contrario, determinar que el motor eléctrico no tiene una propiedad anisotrópica.

20 Esta realización mejora la precisión de la detección de la propiedad anisotrópica. En efecto, las inyecciones en dos direcciones diferentes y no colineales (preferiblemente separadas 60 grados) garantizan la detección fiable de la anisotropía. También es preferible que las dos direcciones D1 y D2 no sean ortogonales, lo que evita que el motor se bloquee en un equilibrio inestable en la dirección D2, especialmente cuando el motor eléctrico es del tipo síncrono con reluctancia variable.

25 Preferiblemente, cuando la secuencia S1 se aplica por segunda vez, las aplicaciones de la secuencia S1 en diferentes direcciones están espaciadas por un retardo predefinido, por ejemplo comprendido entre 1 y 30 segundos, dependiendo de la potencia del variador de velocidad. En el caso de un motor de inducción, este retardo permite que el flujo magnético vuelva a cero en el motor eléctrico entre las dos inyecciones, evitando así la detección errónea del tipo de motor.

30 Adicional o alternativamente, si el motor no tiene una propiedad anisotrópica, se puede determinar que el motor eléctrico es del tipo de inducción.

Así, es posible detectar un motor eléctrico de inducción y en consecuencia configurar el variador de velocidad al que está conectado.

Según una realización, si el motor tiene una propiedad anisotrópica, el procedimiento puede comprender además:

- 35 - detectar un eje principal de anisotropía del motor eléctrico tras la aplicación de la secuencia S1 de tensiones del motor;
- aplicar una secuencia S2 de tensiones de motor para impulsar el motor en rotación según el eje de anisotropía;
- obtener las mediciones M2 resultantes de la aplicación de la secuencia S2 de tensiones del motor;
- determinar un tipo de anisotropía del motor eléctrico basado en las mediciones M2. El tipo de motor eléctrico se determina al menos en función de la característica C1 y de la característica C2.

40 Además, la característica C2 puede caracterizar si el motor eléctrico comprende un rotor que tiene o no un flujo magnético permanente.

Por lo tanto, se pueden aplicar configuraciones diferenciadas dependiendo de si el motor eléctrico tiene un flujo magnético permanente o no.

Las mediciones M2 pueden ser:

- 45 - mediciones de la corriente del motor adquiridas durante la aplicación de la secuencia S2 ;
- mediciones de la tensión del motor adquiridas tras la aplicación de la secuencia S2.

Las mediciones M2 de la corriente del motor pueden utilizarse para determinar si el rotor tiene o no un flujo magnético permanente. Para ello, la secuencia S2 puede consistir en disminuir la tensión del motor a partir de un valor inicial determinado, observando el porcentaje de disminución de la corriente del motor y comparando este porcentaje con un umbral predeterminado, como se detalla a continuación.

- 5 Alternativamente, la determinación de la característica C2 puede basarse no en las mediciones M2 de las corrientes del motor, sino en las mediciones de las tensiones del motor durante una fase de rodaje libre, como se detalla a continuación.

Por lo tanto, se pueden aplicar configuraciones diferenciadas dependiendo de si el motor eléctrico tiene un flujo magnético permanente o no.

- 10 Además, si el motor eléctrico no comprende un imán permanente, se puede determinar que el motor eléctrico es del tipo síncrono reluctante.

De este modo, es posible detectar un motor eléctrico síncrono reluctante y configurar en consecuencia el variador de velocidad al que está conectado.

- 15 En una realización, la secuencia S2 de tensiones del motor puede ser aplicada en una dirección ortogonal a la dirección de anisotropía del motor eléctrico para impulsar el motor en rotación.

Así, la secuencia S2 se aplica en la dirección que favorece la rotación del motor eléctrico, lo que garantiza que la inyección de la secuencia S2 no dañe el motor eléctrico, cuyo tipo aún no se ha determinado.

- 20 Según una realización, el procedimiento puede comprender además la determinación de una ganancia estática del motor basada en las mediciones M1 y la secuencia S1, y la secuencia S2 de tensiones del motor puede determinarse basándose en la ganancia estática determinada.

Esta realización permite inyectar una secuencia S2 de tensiones de motor que no daña el motor eléctrico.

Según una realización, si el motor es anisotrópico, una secuencia S3 de tensiones del motor puede aplicarse sucesivamente dos veces, en dos direcciones ortogonales de tensión, según las siguientes operaciones:

- aplicar una secuencia S3 de tensiones de motor al motor eléctrico en una dirección D3;
- 25 - obtener mediciones M31 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S3 de tensiones del motor en la dirección D3;
- aplicar la secuencia D3 de tensiones del motor al motor eléctrico en una dirección D4 no colineal a la dirección D3 ;
- 30 - obtener mediciones M32 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S3 de tensiones del motor en la dirección D4 ;
- comparar las mediciones M31 y M32 para determinar una característica C3 del motor eléctrico. El tipo de motor eléctrico puede determinarse al menos en función de la característica C1 y la característica C3.

- 35 De este modo, se mejora la precisión asociada a la configuración del motor, ya que se tienen en cuenta varias características del mismo. En el caso de que la secuencia S3 se aplique sólo en dos direcciones D3 y D4, D3 y D4 pueden ser sustancialmente ortogonales. S3 puede aplicarse en tres direcciones D3, D4 y D5 espaciadas aproximadamente 120° entre sí.

Además, la característica C3 puede caracterizar si el motor eléctrico tiene saliencia o no, y si el motor eléctrico no tiene saliencia de inductancia de un rotor, se puede determinar que el motor eléctrico es del tipo de motor de imán permanente de polos lisos, como por ejemplo un motor síncrono con imán en superficie.

- 40 De este modo, se pueden aplicar configuraciones diferenciadas dependiendo de si el motor eléctrico tiene saliencia o no.

Además, si el motor tiene saliencia de inductancia del rotor y si el motor comprende un rotor con flujo permanente, el motor eléctrico puede determinarse como un motor de polos salientes de imán permanente, como un motor síncrono con imán interior.

- 45 Así, es posible detectar un motor eléctrico de imanes permanentes de tipo saliente y configurar en consecuencia el variador de velocidad conectado a él.

Según una realización, la secuencia S3 puede ser una sucesión de alta frecuencia de tensiones del motor o puede ser un salto de tensión.

Según una realización, la secuencia S1 de tensiones del motor consiste en aumentar progresivamente la tensión del motor mientras las mediciones M1 de la corriente del motor permanezcan por debajo de un valor máximo de corriente del motor.

5 Esta realización garantiza que la inyección de la secuencia S1 no dañe el motor eléctrico, cuyo tipo no se ha determinado todavía.

Además, el procedimiento puede incluir una etapa preliminar de introducción manual del valor máximo de la corriente del motor.

El valor máximo de corriente del motor está generalmente disponible para el usuario (puede estar incluido en la referencia del motor eléctrico).

10 En una realización, la secuencia S2 de tensiones del motor puede determinarse en función de la ganancia estática y del valor máximo de la corriente del motor.

De este modo, la secuencia S2 puede adaptarse al motor eléctrico para no dañarlo, evitando así la necesidad de monitorizar las corrientes del motor en tiempo real al inyectar la secuencia S2.

15 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un programa ejecutable por un procesador y que comprende instrucciones para, cuando es ejecutado por el procesador, llevar a cabo las etapas de un procedimiento según el primer aspecto de la invención.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a un dispositivo para configurar un variador de velocidad encargado de la alimentación (por ejemplo, trifásica) de un motor eléctrico, según la reivindicación 18.

Breve descripción de las figuras

20 A modo de ejemplo solamente, las realizaciones de la invención se describirán con referencia a los dibujos, entre los cuales:

[FIG. 1] - La figura 1 ilustra un sistema de control de la alimentación de un motor eléctrico según una realización de la invención;

[FIG. 2] - La figura 2 ilustra la estructura de un dispositivo de control según las realizaciones de la invención;

25 [FIG. 3] - La figura 3 es un diagrama que ilustra las etapas de un procedimiento según una realización general de la invención;

[FIG. 4] - La figura 4 es un diagrama que ilustra las etapas de un procedimiento según una realización específica de la invención;

30 [FIG. 5] - La figura 5 ilustra la estructura de una unidad de un dispositivo de configuración según una realización de la invención.

Descripción detallada

La figura 1 muestra un sistema según una realización de la invención.

35 El sistema comprende un variador de velocidad 110, un motor eléctrico 100 y un dispositivo de configuración 120 según una realización de la invención. El dispositivo de configuración puede estar integrado en el variador de velocidad 110 o puede estar separado del variador de velocidad 110.

El variador de velocidad 110 puede ser alimentado por un transformador 111 conectado a una red eléctrica principal 112, como una red que proporciona energía trifásica.

El dispositivo de configuración 120 comprende:

- una unidad para obtener las corrientes del motor 121;
- 40 - una unidad de detección de oscilaciones 122;
- una unidad de inyección de secuencia de tensión del motor 123;
- una unidad de determinación del tipo de motor 124;
- una unidad de configuración del variador de velocidad 125.

45 En la siguiente descripción, el motor eléctrico 100 es del tipo trifásico. Sin embargo, no hay restricciones en la alimentación del motor eléctrico.

El procedimiento puede implementarse en una etapa de configuración (“commissioning”) antes del funcionamiento normal del motor en su aplicación.

El procedimiento puede implementarse una sola vez para identificar el tipo de motor eléctrico.

Un variador de velocidad 110 comprende típicamente, pero de manera no limitativa:

- 5 - Una etapa rectificadora conectada a una fuente de alimentación para recibir una tensión alterna; la etapa rectificadora puede ser de tipo pasivo, como un puente de diodos, o activo, basado en transistores controlados;
- Un bus de alimentación de corriente continua al que se aplica la tensión rectificada por la etapa rectificadora y que comprende en particular dos líneas de bus y al menos un condensador de bus conectado entre las dos líneas para estabilizar la tensión del bus;
- 10 - Una etapa inversora conectada a la salida del bus de CC y destinada para dividir la tensión de CC suministrada por el bus en una tensión variable destinada al motor eléctrico 100. La etapa inversora tiene varios brazos de conmutación, cada uno con transistores de potencia controlados para aplicar la tensión variable al motor eléctrico.

En la Figura 2, se utilizan las siguientes notaciones:

- 15 θ_s : ángulo eléctrico;
- u_d : tensión del motor en un eje d;
- u_q : tensión del motor en un eje q;
- i_d : corriente del motor en el eje d;
- i_q : corriente del motor en el eje q;
- 20 u_a, u_b y u_c : tensiones del motor;
- i_a, i_b e i_c : corrientes del motor;

Los ejes d y q forman una referencia en un plano perpendicular a un eje de rotación del motor eléctrico 100.

- 25 Como se ilustra en la figura 2, el variador de velocidad 110 comprende una etapa inversora 202 que puede ser controlada directamente por las tensiones del motor u_a, u_b y u_c o por las tensiones del motor en los ejes d y q , a través de un bloque de transformación 200. El bloque de transformación 200 está configurado para aplicar un cambio de referencia, de la referencia d, q a la referencia a, b, c . Este bloque recibe como entrada la tensión del motor u_d en el eje d y la tensión del motor u_q en el eje q y determina, a partir del ángulo θ_s , las tensiones u_a, u_b y u_c a aplicar en las tres fases del motor eléctrico 100. Dicho bloque 200 es bien conocido y no se detallará más en esta descripción.

- 30 El variador de velocidad 110 comprende además medios para medir las corrientes del motor i_a, i_b e i_c , en particular sensores de corriente para medir las corrientes i_a, i_b e i_c presentes en las tres fases del motor M.

- 35 El variador de velocidad 110 puede comprender además un segundo bloque de transformación 201 para aplicar un cambio de referencia, de la referencia a, b, c a la referencia d, q . Este bloque recibe como entrada las corrientes i_a, i_b e i_c medidas en las tres fases del motor eléctrico y determina a partir del ángulo θ_s , la corriente i_d en el eje d y la corriente i_q en el eje q .

La unidad de obtención de la corriente del motor 121 del dispositivo de configuración 120 puede estar adaptada para recibir las corrientes del motor medidas por el variador de velocidad 110 o puede comprender sus propios medios para medir las corrientes del motor i_a, i_b e i_c , concretamente sensores de corriente para medir las corrientes i_a, i_b e i_c presentes en las tres fases del motor M.

- 40 El variador de velocidad puede comprender una serie de leyes de control según las cuales puede ser configurado:
 - una ley de control vectorial, o “vector de control” para motores asíncronos, que es un control de bucle de velocidad;
 - una ley de control para motores síncronos de imanes permanentes que también puede ser con bucle de velocidad sobre un principio de control vectorial;
 - 45 - una ley de control para motores síncronos de reluctancia variable que también puede ser con bucle de velocidad sobre un principio de control vectorial;
 - otras leyes de control.

Otros parámetros de configuración son aplicables al variador de velocidad 110 según la invención, como los parámetros de alineación, de flujo, de identificación o de compatibilidad.

En particular, la invención prevé que dichos parámetros del variador de velocidad 110 se configuren en función del tipo de motor eléctrico al que esté conectado.

5 El funcionamiento del dispositivo de configuración se entenderá mejor con referencia a la Figura 3.

La figura 3 es un diagrama que ilustra las etapas de un procedimiento según una realización de la invención.

10 En una etapa opcional 300, se adquiere un valor máximo de corriente del motor. Por ejemplo, dicho valor puede derivarse de la entrada manual de un usuario a través de una interfaz de usuario del dispositivo de configuración (no mostrada en la figura 1). Esta etapa puede realizarse antes de las demás etapas del procedimiento según la invención, en particular cuando el variador de velocidad 110 está conectado al motor 100 o antes de su conexión al motor eléctrico 100. Este valor es fácilmente accesible para el usuario, ya que suele indicarse explícitamente con la referencia del motor eléctrico.

15 En una etapa 301, se transmite una primera secuencia S1 de tensiones del motor al variador de velocidad 110 para controlar la alimentación del motor eléctrico 100, mediante la unidad de inyección de secuencia de tensión del motor 123. Las tensiones del motor de la primera secuencia S1 pueden ser las tensiones del motor u_a , u_b y u_c o pueden ser las tensiones del motor u_d y u_q .

En particular, las tensiones del motor pueden transmitirse a un elemento de control de la etapa inversora 202.

20 La primera secuencia S1 de tensiones del motor puede comprender una rampa de tensiones crecientes en una escala de tiempo lenta. En particular, los valores de la tensión del motor pueden aumentarse gradualmente hasta que la corriente del motor alcance el valor máximo de corriente obtenido en la etapa 300, protegiendo así el motor eléctrico al asegurar que el valor de la corriente del motor se mantenga por debajo del valor máximo establecido en la etapa 300. En efecto, al no conocerse el tipo de motor, el variador de velocidad 110 no está configurado inicialmente para el tipo de motor eléctrico 100, por lo que es preferible ser prudente para no dañar el motor eléctrico 100.

25 En la etapa 302, que se realiza en paralelo con la etapa 301, se obtienen las mediciones M1 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S1 de tensiones del motor. Como se ha explicado anteriormente, las mediciones M1 pueden obtenerse de un medio de medición de la unidad de obtención de corriente del motor 121, o alternativamente pueden ser recibidas por la unidad de obtención de corriente del motor 121 desde los medios de medición del variador de velocidad 110.

30 En una etapa 303, se determina una característica C1 del motor eléctrico basada en las mediciones M1 por la unidad de determinación del tipo de motor 124. Por ejemplo, la característica C1 puede caracterizar si el motor eléctrico 100 tiene una propiedad anisotrópica o no. En la práctica, se trata de una anisotropía en el rotor del motor eléctrico 100. Por ejemplo, un motor asíncrono tiene un rotor de jaula de ardilla que es isótropo con respecto a las direcciones de inyección de las tensiones del motor, mientras que los motores síncronos tienen anisotropía y, por tanto, son sensibles a la dirección de inyección de las tensiones del motor.

Si se determina que el motor eléctrico 100 tiene anisotropía, la etapa 303 puede comprender además la detección de un eje principal de anisotropía. El eje "principal" es el eje a lo largo del cual el grado de anisotropía es mayor.

35 La etapa 303 puede comprender además la determinación de una ganancia estática del motor (resistencia estática), en particular, en caso de oscilaciones en las mediciones M1, cuando el valor de la corriente del motor se ha estabilizado después de oscilar.

40 La característica de anisotropía del motor eléctrico 110 puede determinarse en función de si se detectan oscilaciones en las mediciones M1 por la unidad de detección de oscilaciones 122. En particular, se pueden identificar las oscilaciones antes de que se estabilicen las mediciones de la corriente del motor. Por ejemplo, puede entenderse por "oscilación" una sucesión de al menos dos periodos de medición respectivamente por encima/por debajo de un valor de estabilización hacia el que converge la corriente del motor.

Así, si las mediciones M1 muestran oscilaciones, se puede deducir que el motor eléctrico tiene anisotropía.

45 Según una realización, la primera secuencia S1 se aplica dos veces, en dos direcciones no colineales D1 y D2. Se entiende por direcciones no colineales, dos vectores de valores de tensión del motor que no son colineales entre sí. Los vectores tienen dos componentes cuando las tensiones del motor u_d y u_q se utilizan para controlar el variador de velocidad 110, y tienen tres componentes u_a , u_b y u_c cuando las tensiones del motor se utilizan para controlar el variador de velocidad 110. Preferiblemente, las direcciones D1 y D2 forman un ángulo sustancialmente igual a 60 grados.

En particular, es preferible que las dos direcciones D1 y D2 no sean ortogonales.

- 5 Por ejemplo, considerando una dirección D1 correspondiente a una componente nula según el eje q (y una componente no nula según el eje d), la dirección D2 comprende una componente no nula según el eje q y una componente no nula según el eje d. Este diseño evita que el motor eléctrico quede bloqueado en una posición de equilibrio inestable según el eje d, especialmente cuando el motor eléctrico es del tipo síncrono de reluctancia magnética.
- 10 En el caso de que la secuencia S1 se inyecte al menos dos veces, durante la primera inyección de la secuencia S1 en una primera dirección, se obtienen mediciones M11 de la corriente del motor. Según una realización, si las mediciones M11 no incluyen oscilaciones (el valor de la corriente del motor se estabiliza sin oscilar), se realiza una segunda inyección en una segunda dirección no colineal a la primera dirección y se obtienen las mediciones M12 de corriente del motor. Si, de nuevo, las mediciones M12 no incluyen oscilaciones, se puede deducir que el motor eléctrico 100 no presenta anisotropía. De lo contrario, el motor eléctrico 100 tiene anisotropía.
- 15 La realización con dos inyecciones en direcciones no colineales permite una mejor detección de la característica C1 según la cual el motor presenta o no anisotropía.
- 20 En efecto, si sólo se realizara una inyección, podría producirse un error de detección en el siguiente caso: considerando un motor con anisotropía a lo largo de un eje de anisotropía, si la primera inyección se realiza en la dirección del eje de anisotropía, entonces no se observa ninguna oscilación en las mediciones M1 aunque el motor tenga efectivamente anisotropía. La realización de una segunda inyección a lo largo de un eje ortogonal resuelve este problema.
- 25 En una etapa 304, se puede determinar un tipo de motor eléctrico al menos en base a la característica C1 determinada en la etapa 303, por la unidad de determinación del tipo de motor 124. Se pueden considerar otras características para determinar el tipo de motor eléctrico 100.
- 30 En una etapa 305, la unidad de configuración 125 configura el variador de velocidad 110 según el tipo de motor eléctrico 100. Como se ha mencionado anteriormente, dicha configuración puede incluir la definición de las leyes de control o el ajuste de otros parámetros de configuración.
- 35 Según realizaciones de la invención, pueden determinarse otras características del motor eléctrico 100 para permitir la identificación de otros tipos de motores. En particular, cuando la característica C1 caracteriza que el motor eléctrico tiene una propiedad anisotrópica, se puede determinar con mayor precisión a qué se debe la anisotropía para determinar con precisión el tipo de motor eléctrico.
- 40 Para ello, el procedimiento según una realización de la invención puede comprender además una etapa opcional de envío de una orden al variador de velocidad 110 para alinear el motor eléctrico en la dirección del eje de anisotropía determinado en la etapa 303. Así, el eje d está alineado con el eje de anisotropía del motor eléctrico 100.
- 45 Según una realización, el procedimiento puede comprender además las etapas 307 a 309 para determinar una segunda característica C2 del motor eléctrico 100. La característica C2 puede caracterizar si el motor eléctrico 100 incluye un imán permanente.
- 50 En la etapa 307, se transmite una segunda secuencia S2 de tensiones del motor al variador de velocidad 110 para controlar la alimentación del motor eléctrico 100, mediante la unidad de inyección de secuencias de tensiones del motor 123.
- 55 La segunda secuencia S2 puede aplicarse para impulsar el motor en rotación según el eje de anisotropía. De manera óptima, la primera secuencia S2 consiste en aplicar tensiones de motor en una dirección correspondiente a (o sustancialmente igual a) una normal al eje principal de anisotropía determinado en la etapa 303. La secuencia S2 puede estar predeterminada. Alternativamente, la secuencia S2 puede recalcularse basándose en el valor máximo de la corriente del motor de la etapa 300 y en la ganancia estática determinada en la etapa 303, a fin de garantizar que las tensiones del motor aplicadas en la secuencia S2 no impliquen la superación del valor máximo de la corriente del motor.
- En la etapa 308, que se realiza en paralelo con la etapa 307, se obtienen mediciones M2 de la corriente del motor durante la aplicación de la secuencia S2 de tensiones del motor por la unidad de obtención de corriente del motor 121.
- En la etapa 309, basándose en las mediciones M2, la unidad de determinación del tipo de motor 124 puede determinar la característica C2 según la cual el motor eléctrico 100 incluye o no un imán permanente. Una vez identificado el eje principal (imán, reluctancia), se utilizan combinaciones de corriente (i_d, i_q) para detectar la presencia de una tensión procedente de la fuerza contra-electromotriz (Back Electromotive Force B-EMF en inglés) que genera el imán en rotación. Esta tensión es proporcional a la velocidad de rotación multiplicada por el flujo del imán permanente, por lo que su presencia puede utilizarse para detectar la presencia de un imán permanente.
- Por ejemplo, la secuencia S2 puede aplicarse en una dirección ortogonal a un eje de saliencia d' del motor eléctrico 100. La secuencia S2 puede determinarse además para impulsar el motor eléctrico 100 a una frecuencia constante.

- La corriente del motor se mide entonces en la dirección d de la anisotropía del motor para obtener las mediciones M2. La secuencia S2 puede consistir entonces en disminuir progresivamente las tensiones aplicadas al motor eléctrico en un porcentaje predefinido (sustancialmente igual al 20% por ejemplo), y se analiza la variación de las mediciones M2. Si el porcentaje de la variación de la corriente del motor en las mediciones M2 (valor absoluto de la diferencia entre el valor inicial y el valor final de la corriente del motor a lo largo del eje d), con respecto al valor absoluto del valor inicial de la corriente del motor a lo largo del eje d , es inferior a un determinado umbral predefinido (sustancialmente igual al 40%, por ejemplo), entonces la característica C2 puede ser que el motor eléctrico no comprende un imán permanente. En caso contrario, la unidad 124 puede deducir que la característica C2 es que el motor eléctrico 100 comprende un imán permanente.
- Alternativamente, en una realización en la que el dispositivo de configuración 120 o el variador de velocidad 110 comprende medios para medir las tensiones del motor, la etapa 308 puede consistir en la obtención de mediciones M2 no de la corriente del motor sino de las tensiones del motor. La mayoría de los variadores de velocidad 110 incluyen dichos medios de medición, en cuyo caso el dispositivo de configuración puede incluir una unidad de obtención de la tensión del motor (no mostrada en la figura 1) conectada a los medios de medición del variador de velocidad 110 (y capaz de comunicarse con ellos). Según esta variante, se puede aplicar la secuencia S2 y, a continuación, se desconecta el variador de velocidad 110 del motor (la parte de potencia del variador de velocidad 110, para ser más exactos) y se adquieren las mediciones M2 de la tensión del motor durante esta fase de "rueda libre". Si se detecta una tensión de motor proporcional a la velocidad durante la fase de rueda libre, la unidad 124 puede determinar que el motor eléctrico comprende un imán permanente. Para estimar la velocidad y la amplitud de la tensión del motor, la unidad 124 analiza las mediciones M2. Si la relación entre la amplitud de la tensión y la velocidad del motor no varía o varía muy poco (el porcentaje de variación está por debajo de un umbral predeterminado), entonces el rotor del motor eléctrico tiene un flujo permanente, lo que refleja la existencia de un imán permanente (característica C2). En caso contrario, el motor eléctrico 100 no incluye un imán permanente.
- La característica C2 y la característica C1 pueden así ser tenidas en cuenta en la etapa 304 de determinación del tipo de motor eléctrico 100 implementada por la unidad de determinación del tipo de motor eléctrico 124.
- Según una realización, el procedimiento puede comprender además las etapas 307 a 309 para determinar una tercera característica C3 del motor eléctrico 100. La característica C3 puede caracterizar si el motor eléctrico 100 tiene saliencia o no. El término "saliencia" se refiere a la característica de saliencia de la inductancia del motor eléctrico: el flujo eléctrico, creado por la corriente eléctrica, fluye a través del estator y el rotor. Según la forma geométrica del rotor, este flujo eléctrico no sigue siempre la misma trayectoria en función de la posición del rotor debido a la geometría del mismo, lo que se denomina saliencia geométrica. Así, en un rotor con polos salientes, las inductancias según los ejes d y q son diferentes debido a esta saliencia. En cambio, en un rotor de polos lisos, las inductancias no varían con la posición del rotor.
- En la etapa 310, una tercera secuencia S3 de tensiones del motor se transmite al variador de velocidad 110 para controlar la alimentación del motor eléctrico 100, por la unidad de inyección de secuencias de tensiones del motor 123. La secuencia S3 se inyecta al menos dos veces en al menos dos direcciones D3 y D4 ortogonales entre sí. Durante cada inyección, se adquieren las respectivas mediciones M31 y M32 de corriente del motor en la etapa 311 (cada una de las mediciones M31 a M32 es una serie de una o más mediciones). No hay restricciones para la secuencia S3 de tensiones del motor, que puede ser un escalón de tensión (en caso de que el motor eléctrico esté equipado con un freno), o tensiones de motor de alta frecuencia (especialmente cuando el motor eléctrico no está equipado con un freno). Alternativamente, la secuencia S3 puede ser inyectada en tres direcciones D3, D4 y D5. D3, D4 y D5 pueden estar separados 120 grados entre sí.
- Las direcciones D3, D4 y D5 corresponden a las tres fases del motor (a, b, c) en la referencia trifásica de base (situadas a 120 grados entre sí). En este caso, el variador inyecta una tensión de muy alta frecuencia directamente en las tres fases. Las corrientes trifásicas i_a , i_b e i_c se utilizan directamente para detectar la presencia de saliencia.
- En la etapa 312, las mediciones M31 y M32 se comparan para deducir si el motor eléctrico 100 presenta saliencia o no. Por ejemplo, si las mediciones M31 y M32 son iguales (o similares, es decir, su diferencia es inferior a un umbral determinado), la unidad de determinación del tipo de motor 124 puede deducir que el motor eléctrico no presenta saliencia (característica C3). Por el contrario, si las mediciones M31 y M32 son diferentes (por ejemplo, su diferencia es mayor que el umbral dado), la unidad de determinación del tipo de motor 124 puede deducir que el motor eléctrico tiene saliencia (característica C3).
- En la realización de tres inyecciones en tres direcciones D3, D4 y D5, se obtienen las mediciones M31, M32 y M33, y las mediciones se comparan una por una para deducir la tercera característica C3. De nuevo, si las mediciones M31, M32 y M33 son idénticas dos a dos (o similares), la unidad de determinación del tipo de motor 124 determina que el motor eléctrico 100 no presenta saliencia. En caso contrario, la unidad de determinación del tipo de motor 124 determina que el motor eléctrico 100 tiene saliencia.
- Así, en la etapa 304, la unidad de determinación del tipo de motor 124 puede determinar el tipo de motor teniendo en cuenta la característica C1 y la característica C3, o teniendo en cuenta las características C1, C2 y C3.

En la realización en la que se aplican las etapas 307 a 309 y 310 a 312 (determinación de las características C2 y C3), las etapas 310 a 312 pueden realizarse alternativamente antes de las etapas 307 a 309.

5 La figura 4 es un diagrama que ilustra las etapas de un procedimiento según una realización particular de la invención. En particular, presenta la determinación de las características C1 a C3 para seleccionar un tipo de motor eléctrico 100 entre cuatro tipos predefinidos de motores eléctricos, a saber, motor de inducción, motor de imanes permanentes de superficie (con polo liso), motor de imanes permanentes internos (con polo saliente) y motor síncrono reluctante.

La etapa 400 es similar a la etapa 300 de la Figura 3: se establece un valor máximo de corriente del motor.

10 En una etapa 401, se aplica una rampa S1 de tensiones del motor y se mide al mismo tiempo la corriente del motor (mediciones M1).

Paralelamente, en una etapa 402, se mide la corriente del motor y se compara con el valor máximo de la corriente del motor. Mientras la corriente del motor medida sea inferior al valor máximo de la corriente del motor, se continúa con la secuencia S1 y se aumenta el valor de la tensión del motor aplicada.

15 Cuando la corriente medida alcanza o excede el valor máximo de la corriente del motor, la secuencia S1 se interrumpe, el motor 100 deja de ser alimentado por el variador de velocidad 110 y el procedimiento procede a la etapa 403.

20 En la etapa 403, la unidad de detección de oscilaciones 122 determina si las mediciones M1 tienen o no oscilaciones. Si la unidad de detección de oscilaciones 122 determina que las mediciones M1 no presentan oscilaciones en una etapa 404, entonces la unidad de determinación del tipo de motor 124 determina que el motor es del tipo de inducción en una etapa 405.

En caso contrario, la unidad de detección de oscilaciones 122 determina que las mediciones M1 tienen oscilaciones en una etapa 406, se infiere que el motor eléctrico tiene anisotropía y puede ser determinado un eje principal de anisotropía por la unidad de determinación del tipo de motor 124.

25 A continuación, el variador de velocidad 110 es controlado en una etapa 407 por la unidad de inyección de tensión del motor 123 para alinear el motor eléctrico con el eje principal de anisotropía.

La secuencia S3 de tensiones del motor es entonces inyectada por la unidad de inyección de tensión del motor 123 en una etapa 408, según al menos dos direcciones D3 y D4 ortogonales entre sí. Paralelamente, se obtienen (al menos) las mediciones M31 y M32 de corriente del motor para las direcciones D3 y D4 respectivamente.

30 La unidad de determinación del tipo de motor 124 determina, basándose en una comparación de las mediciones M31 y M32, si el motor eléctrico 100 presenta o no saliencia en una etapa 409.

Si el motor eléctrico 100 no tiene saliencia, la unidad de determinación del tipo de motor 124 determina que el motor eléctrico 100 es del tipo síncrono de imanes permanentes de superficie, en una etapa 410.

35 Si el motor eléctrico 100 presenta saliencia, la unidad de inyección de tensión del motor 123 inyecta la secuencia S2 de tensiones del motor en una etapa 411 y, paralelamente, se obtienen mediciones M2 de las corrientes del motor (o de las tensiones del motor, según la variante considerada).

En una etapa 412, la unidad de determinación del tipo de motor 124 determina si el motor eléctrico 100 tiene o no un flujo magnético permanente.

Si el motor eléctrico 100 tiene un flujo magnético permanente, la unidad de determinación del tipo de motor 124 puede determinar que el motor eléctrico 100 es del tipo síncrono de imán permanente interno en una etapa 413.

40 Si el motor eléctrico 100 no tiene un flujo magnético permanente, la unidad de determinación del tipo de motor 124 determina que el motor eléctrico 100 es del tipo síncrono reluctante en una etapa 414.

Después de la etapa 405, 410, 413 o 414, la unidad de configuración 125 configura el variador de velocidad 110 según el tipo de motor eléctrico determinado.

45 La figura 5 muestra la estructura de cada una de las unidades 122 a 125 del dispositivo de configuración 120 mostrado en la figura 1.

50 La unidad comprende un procesador 500 asociado a una memoria 501, como una memoria de acceso aleatorio (Random Access Memory), RAM, una memoria de sólo lectura (Read Only Memory), una memoria flash, un disco duro y/o cualquier tipo de memoria. La memoria 501 almacena al menos los datos necesarios para realizar las operaciones de la unidad. Además, puede almacenar instrucciones de programa informático que pueden ser ejecutadas por el procesador 500 para implementar las funcionalidades de la unidad. Alternativamente, el

procesador 500 puede ser sustituido por un microcontrolador diseñado y configurado para realizar las funcionalidades de la unidad.

5 La unidad comprende además dos interfaces de entrada y salida 502 y 503. Alternativamente, la unidad comprende una única interfaz bidireccional de entrada/salida. Las interfaces 502 y 503 se utilizan para comunicar con otras unidades del dispositivo de configuración y/o con el variador de velocidad 110.

Cada una de las unidades 122 a 125 puede comprender la estructura mostrada en la Figura 5. Alternativamente, la funcionalidad de las unidades 122 a 125 puede agruparse en una sola estructura con un procesador que ejecute el conjunto de funcionalidades

10 Aunque la presente invención se ha descrito anteriormente con referencia a realizaciones particulares, la invención no se limita en absoluto a las formas descritas. La invención sólo está limitada por lo que se define en las reivindicaciones y otras realizaciones distintas de las descritas anteriormente pueden estar dentro del alcance de las reivindicaciones.

15 Además, aunque las realizaciones se han descrito anteriormente como una combinación de componentes y/o funciones, se entenderá bien que se pueden obtener realizaciones alternativas mediante otras combinaciones de componentes y/o funciones sin apartarse del ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para configurar un variador de velocidad (110) para alimentar un motor eléctrico (100), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - 5 - aplicar (301) una secuencia S1 de tensiones de motor al motor eléctrico a través del variador de velocidad;
 - obtener (302) mediciones M1 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S1 de tensiones del motor;
 - determinar (303) una característica C1 del motor eléctrico a partir de las mediciones M1 de la corriente del motor;
 - 10 - determinar (304) un tipo de motor eléctrico al menos en función de la característica C1;
 - configurar (305) el variador de velocidad según el tipo de motor eléctrico determinado;

estando el procedimiento **caracterizado porque** la secuencia S1 de tensiones se aplica sucesivamente dos veces, en al menos dos direcciones no colineales de tensión, según las siguientes operaciones:

 - 15 - aplicar (301) la secuencia S1 de tensiones del motor al motor eléctrico en una dirección D1;
 - obtener (302) mediciones M11 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia de tensiones en la dirección D1;
 - si se determina que las mediciones M11 muestran oscilaciones, determinar que el motor eléctrico tiene una propiedad anisotrópica;
 - en caso contrario:
 - 20 -- aplicar (301) la secuencia S1 de tensiones del motor al motor eléctrico al menos una segunda vez en una dirección D2 no colineal a la dirección D1;
 - obtener (302) mediciones M12 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S1 de tensiones del motor en la dirección D2;
 - 25 -- si se detecta que las mediciones M12 muestran oscilaciones, determinar (303) que el motor eléctrico tiene una propiedad anisotrópica;
 - en caso contrario, determinar (303) que el motor eléctrico no tiene propiedad anisotrópica.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que, cuando la secuencia S1 se aplica por segunda vez, las aplicaciones de las secuencias S1 están separadas por al menos un tiempo predeterminado.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que, si el motor eléctrico (100) no tiene propiedad anisotrópica, se determina que el motor eléctrico es del tipo de inducción.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que si el motor eléctrico (100) tiene una propiedad anisotrópica, el procedimiento comprende además:
 - 35 - detectar (306) un eje principal de anisotropía del motor eléctrico tras la aplicación de la secuencia S1 de tensiones del motor;
 - aplicar (307) una secuencia S2 de tensiones de motor para impulsar el motor en rotación según el eje de anisotropía;
 - obtener (308) las mediciones M2 resultantes de la aplicación de la secuencia S2 de tensiones del motor;
 - determinar (309) un tipo de anisotropía del motor eléctrico en base a las mediciones M2; en el que el tipo de motor eléctrico se determina en base a al menos la característica C1 y la característica C2.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que las mediciones M2 son:
 - 40 - mediciones de la corriente del motor adquiridas durante la aplicación de la secuencia S2;
 - mediciones de la tensión del motor adquiridas tras la aplicación de la secuencia S2.
6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, en el que la característica C2 caracteriza si el motor eléctrico (100) comprende un rotor con o sin flujo magnético permanente.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que, si el motor eléctrico (100) no comprende un imán permanente, se determina que el motor eléctrico es del tipo síncrono reluctante.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, en el que la secuencia S2 de tensiones del motor se aplica en una dirección ortogonal a la dirección de anisotropía del motor eléctrico (100) para impulsar el motor eléctrico en rotación.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende además determinar una ganancia estática del motor basada en las mediciones M1 y la secuencia S1, y en el que la secuencia S2 de tensiones del motor se determina en función de la ganancia estática determinada.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que, si el motor eléctrico (100) es anisotrópico, una secuencia S3 de tensiones del motor se aplica sucesivamente dos veces, a lo largo de dos direcciones ortogonales de tensión, según las siguientes operaciones:
- 5 - aplicar (310) una secuencia S3 de tensiones de motor al motor eléctrico en una dirección D3;
 - obtener (311) mediciones M31 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S3 de tensiones del motor en la dirección D3;
 - aplicar (310) la secuencia D3 de tensiones del motor al motor eléctrico en una dirección D4 no colineal a la dirección D3;
 - 10 - obtener (311) mediciones M32 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S3 de tensiones del motor en la dirección D4;
 - comparar (312) las mediciones M31 y M32 para determinar una característica C3 del motor eléctrico;
- en el que el tipo de motor eléctrico se determina al menos en función de la característica C1 y la característica C3.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la característica C3 caracteriza si el motor eléctrico (100) tiene o no saliencia y en el que, si el motor eléctrico no tiene saliencia de inductancia de un rotor, se determina que el motor eléctrico es del tipo de imán permanente de superficie.
12. Procedimiento según la reivindicación 6 y la reivindicación 11, en el que si el motor eléctrico (100) tiene saliencia de inductancia del rotor y si el motor comprende un rotor con flujo permanente, se determina que el motor eléctrico es del tipo de imán permanente interno.
- 20 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 12, en el que la secuencia S3 es una sucesión de tensiones de alta frecuencia o es un salto de tensión.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la secuencia S1 de tensiones del motor consiste en aumentar progresivamente la tensión del motor mientras las mediciones M1 de la corriente del motor permanezcan por debajo de un valor máximo de corriente del motor.
- 25 15. Procedimiento según la reivindicación 14, que comprende una etapa preliminar (300) de introducción manual del valor máximo de la corriente del motor.
16. procedimiento según la reivindicación 9 y según la reivindicación 14 o 15, en el que la secuencia S2 de tensiones se determina en función de la ganancia estática y del valor máximo de la corriente del motor.
- 30 17. Programa de ordenador ejecutable por un procesador (500) y que comprende instrucciones para, cuando es ejecutado por el procesador, llevar a cabo las etapas de un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 16.
18. Dispositivo de configuración de un variador de velocidad (110) encargado de alimentar un motor eléctrico (100), comprendiendo el dispositivo de configuración:
- 35 - una unidad de inyección de tensión (123) configurada para aplicar una secuencia S1 de tensiones de motor al motor eléctrico a través del variador de velocidad;
 - una unidad de obtención (121) configurada para obtener mediciones M1 de la corriente del motor durante la aplicación de la secuencia S1 de tensiones;
 - una unidad de determinación del tipo de motor (124) configurada para determinar una característica C1 del motor eléctrico sobre la base de las mediciones M1 de la corriente del motor y para determinar un tipo de motor eléctrico al menos en función de la característica C1 ;
 - 40 - una unidad de configuración (125) capaz de configurar el variador de velocidad en función del tipo de motor eléctrico determinado,
- estando el dispositivo **caracterizado porque** la unidad de inyección de tensión (123) está configurada para aplicar la secuencia S1 de tensiones sucesivamente dos veces, a lo largo de al menos dos direcciones no colineales de tensión, y **porque**:
- 45 - la unidad de inyección de tensión (123) está configurada para aplicar la secuencia S1 de tensiones del motor al motor eléctrico en una dirección D1;
 - la unidad de obtención (121) está configurada para obtener (302) mediciones M11 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia de tensiones en la dirección D1;
 - 50 - si se determina que las mediciones M11 muestran oscilaciones, la unidad de determinación del tipo de motor (124) está configurada para determinar que el motor eléctrico tiene una propiedad anisotrópica,
 - en caso contrario:

ES 2 920 161 T3

-- la unidad de inyección de tensión (123) está configurada para aplicar la secuencia S1 de tensiones del motor al motor eléctrico al menos una segunda vez en una dirección D2 no colineal a la dirección D1;

5 -- la unidad de obtención (121) está configurada para obtener mediciones M12 de las corrientes del motor durante la aplicación de la secuencia S1 de tensiones del motor en la dirección D2;

-- si se detecta que las mediciones de M12 muestran oscilaciones, la unidad de determinación del tipo de motor (124) está configurada para determinar que el motor eléctrico tiene una propiedad anisotrópica;

10 -- en caso contrario, la unidad de determinación del tipo de motor (124) está configurada para determinar que el motor eléctrico no tiene propiedad anisotrópica.

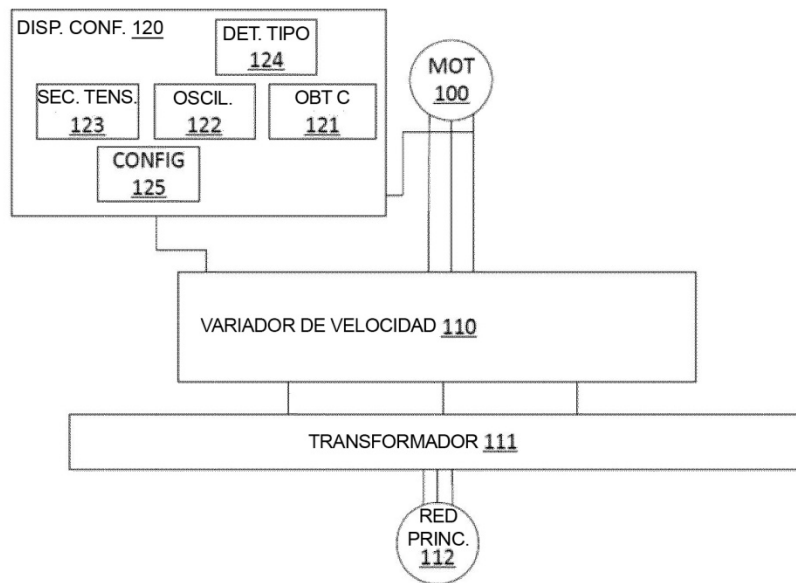


FIG. 1

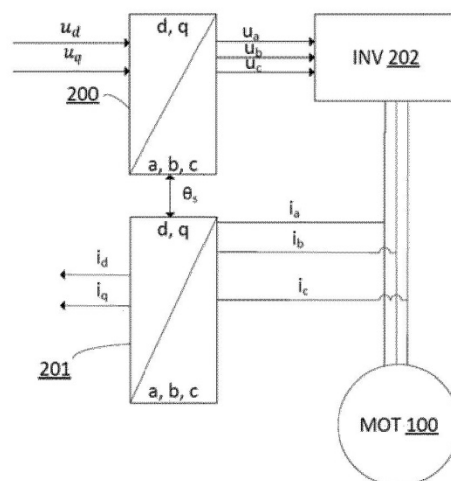


FIG. 2

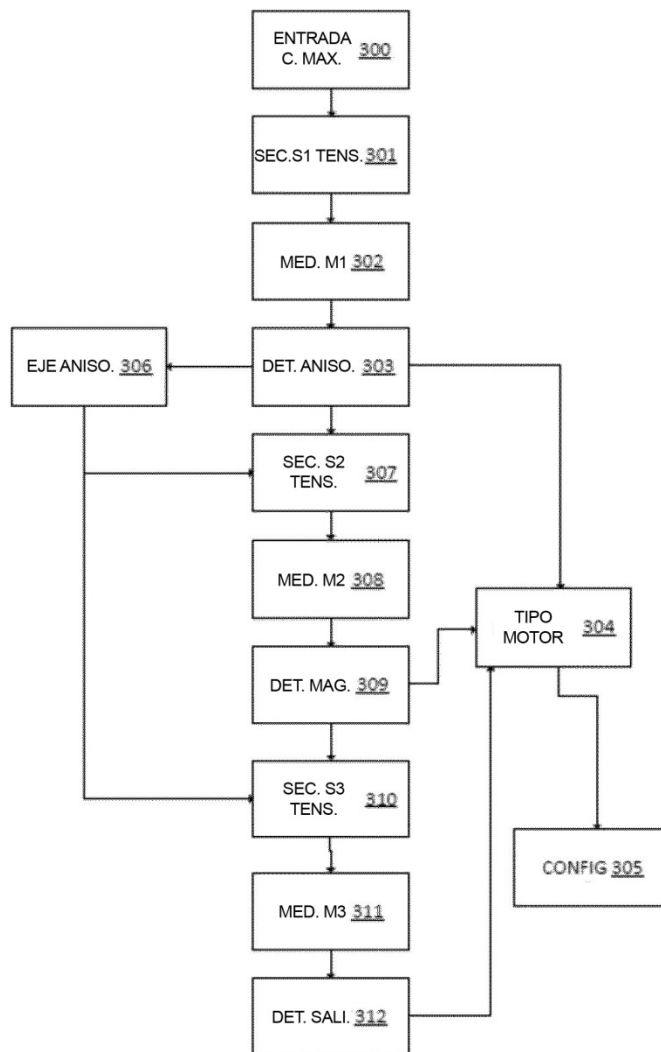


FIG. 3

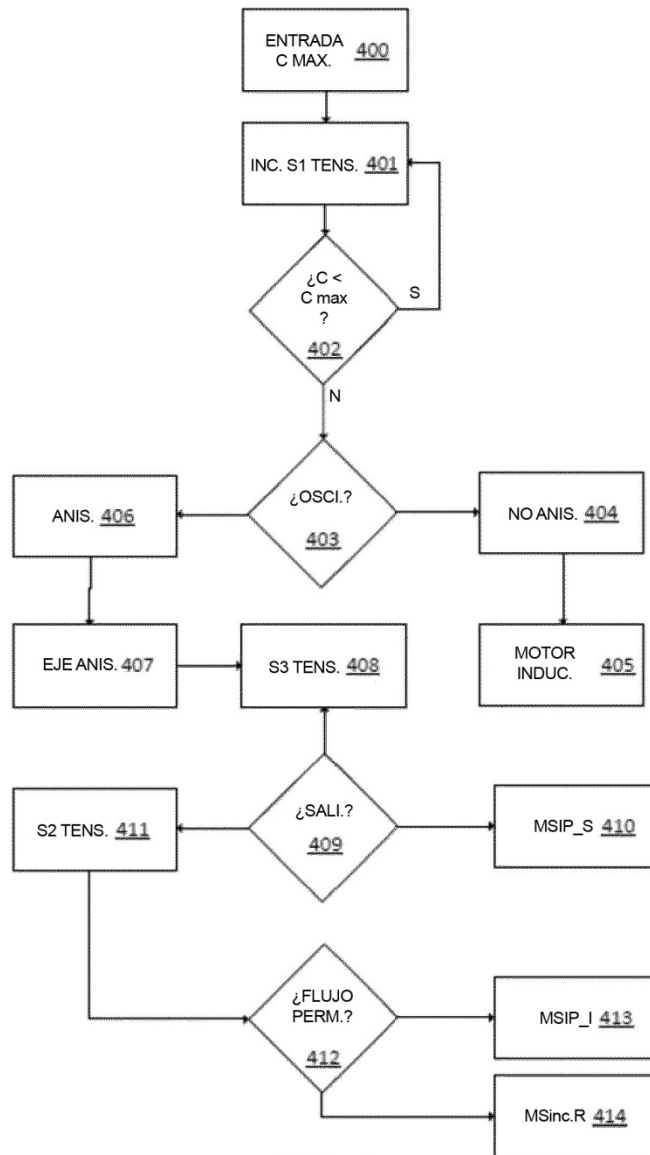


FIG. 4

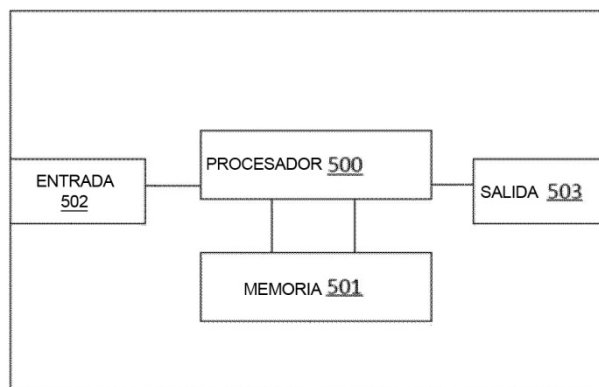


FIG. 5