

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 674**

51 Int. Cl.:

H02P 21/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2015 E 15203037 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3043466**

54 Título: **Aparato de accionamiento de motor y procedimiento de control del mismo**

30 Prioridad:

30.12.2014 KR 20140193060

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

12.11.2019

73 Titular/es:

**SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (50.0%)
129, Samsung-ro, Yeongtong-gu
Suwon-si, Gyeonggi-do 16677, KR y
SNU R & DB FOUNDATION (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SHIN, JONG-HYUN;
KIM, JIN WOONG;
SEO, HAN SOL y
HA, JUNG-IK**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 730 674 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

Aparato de accionamiento de motor y procedimiento de control del mismo

Antecedentes

5 La divulgación se refiere a un aparato de accionamiento de motor que estima un parámetro para controlar y a un procedimiento de control del aparato de accionamiento de motor.

Un motor es un aparato que obtiene una fuerza giratoria de la energía eléctrica, y puede incluir un estator y un rotor. El rotor puede estar configurado para interactuar electromagnéticamente con el estator y puede girar por una fuerza que actúa entre un campo magnético y una corriente que fluye en una bobina.

10 El motor funciona recibiendo una potencia de accionamiento generada por un inversor. Además, para generar la potencia de accionamiento, se debe generar un comando de corriente en un controlador de velocidad, se debe generar un comando de voltaje en un controlador de corriente y el inversor debe recibir los comandos generados. Además, el controlador de velocidad y el controlador de corriente están formados por un controlador de derivada integral proporcional (PID), y la ganancia del controlador PID se determina mediante un parámetro. Por lo tanto, la determinación del parámetro debe preceder el suministro de la potencia de accionamiento del motor. Sin embargo, un parámetro fijo constante ya puede existir entre los parámetros; un parámetro variable puede existir dependiendo de cada circunstancia. Por ejemplo, una resistencia de fase, una constante de fuerza contraelectromotriz, una inductancia del eje d, y una inductancia de eje q puede ser un parámetro variable.

15 En el documento US 2011/0031909 A1, se divulga un aparato de accionamiento de motor para realizar el control vectorial de un motor que incluye un estator que tiene una bobina de fase u, una bobina de fase v, una bobina de fase w y un rotor que tiene un imán permanente fijado al mismo.

Sumario

20 La divulgación proporciona un aparato de accionamiento de motor que estima un parámetro reflejando la no linealidad de un inductor y un procedimiento de control del mismo. La presente invención se define en las reivindicaciones 1 y 9.

25 De acuerdo con una realización, un aparato de accionamiento de motor incluye un motor que tiene un rotor que incluye un imán permanente, y un estator, un inversor para suministrar una potencia de accionamiento al motor, y una unidad de control para estimar un parámetro del motor suministrando una corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q durante una cantidad predeterminada de tiempo y para compensar el tiempo muerto del inversor en función de la polaridad de la corriente de accionamiento provocando que el inversor suministre una onda cuadrada compuesta de tipo escalonado como una corriente de accionamiento al motor.

30 Además, de acuerdo con una realización, la unidad de control puede controlar el inversor de modo que la corriente de accionamiento se convierta en una onda cuadrada compuesta escalonada debido a una corriente de comando en una forma de onda de diente de sierra, y puede generar la corriente de comando en forma de onda de diente de sierra basada en una posición del rotor.

35 Además, de acuerdo con una realización, la unidad de control puede controlar el inversor de tal manera que los tiempos en los que se suministran la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q no se solapen.

Además, de acuerdo con una realización, el parámetro estimado en la unidad de control puede ser una resistencia de fase, una constante de fuerza contraelectromotriz, una inductancia del eje d y una inductancia del eje q.

40 Además, de acuerdo con una realización, la unidad de control puede no controlar el inversor de tal manera que la corriente de accionamiento se convierta en una onda cuadrada compuesta escalonada cuando un par del rotor es igual o mayor que un par de accionamiento establecido previamente.

Además, de acuerdo con una realización, la unidad de control puede estimar los parámetros usando una estimación de arranque cuando el rotor está parado.

45 De acuerdo con otra realización, un aparato de accionamiento de motor incluye un motor que tiene un rotor que incluye un imán permanente y un estator, un inversor para suministrar una potencia de accionamiento al motor y una unidad de control para estimar un parámetro utilizando una estimación de arranque cuando una velocidad de rotación del rotor es menor que una velocidad de arranque establecida previamente, para estimar un parámetro utilizando una estimación de arranque cuando una velocidad de rotación del rotor es menor que una velocidad de arranque establecida previamente, para estimar el parámetro utilizando una estimación de accionamiento con una compensación de tiempo muerto cuando la velocidad de rotación del rotor es igual o mayor que la velocidad de arranque establecida previamente y un par de torsión del rotor es igual o menor que un par de accionamiento establecido previamente, y para estimar el parámetro utilizando la estimación de accionamiento sin la compensación del tiempo muerto cuando la velocidad de rotación del rotor es igual o mayor que la velocidad de arranque establecida previamente y el par del rotor excede el par de accionamiento predeterminado.

Además, de acuerdo con otra realización, la unidad de control puede controlar el inversor para suministrar un voltaje de prueba de alta frecuencia del eje d y un voltaje de prueba de alta frecuencia del eje q para estimar una inductancia del eje d, una inductancia del eje q, y una resistencia de fase en la estimación de arranque de la unidad de control, y la unidad de control puede controlar al inversor para que suministre una primera corriente de prueba de corriente continua del eje d y una segunda corriente de prueba de corriente continua del eje d para estimar la resistencia de fase en la estimación de arranque de la unidad de control.

Además, de acuerdo con otra realización, la unidad de control puede controlar que el inversor suministre solo una corriente de eje q para controlar que la velocidad de rotación del rotor sea menor que la velocidad de arranque establecida previamente, y calcula un flujo magnético del eje d y flujo magnético del eje q de un marco de reposo para estimar una constante de fuerza contraelectromotriz en la estimación de arranque de la unidad de control.

Además, de acuerdo con otra realización, la unidad de control puede controlar al inversor para que suministre una corriente de prueba del eje d y una corriente de prueba del eje q durante un tiempo predeterminado para estimar una resistencia de fase, una constante de fuerza contraelectromotriz, una inductancia del eje d, y una inductancia del eje q en la estimación de accionamiento de la unidad de control.

Además, de acuerdo con otra realización, la unidad de control puede controlar el inversor de modo que una corriente de accionamiento se convierta en una onda cuadrada compuesta escalonada, y compense un tiempo muerto basado en una polaridad de la corriente de accionamiento en la compensación de tiempo muerto de la unidad de control.

De acuerdo con una realización, un procedimiento de control del aparato de accionamiento de motor incluye suministrar una corriente de prueba del eje d y una corriente de prueba del eje q durante un período de tiempo predeterminado, estimando un parámetro de un motor del aparato de accionamiento de motor basado en una corriente del eje d y una corriente de eje q de un tiempo en que se suministran la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q y un tiempo en que no se suministran la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q. El procedimiento comprende además la etapa de compensar durante un tiempo muerto de un inversor del aparato de accionamiento de motor al suministrar una onda cuadrada compuesta escalonada como una corriente de accionamiento al motor, y compensar durante un tiempo muerto basado en una polaridad de la corriente de accionamiento.

De acuerdo con otra realización, un procedimiento de control del aparato de accionamiento de motor incluye la estimación de un parámetro utilizando una estimación de arranque cuando la velocidad de rotación de un rotor es menor que una velocidad de arranque establecida previamente, estimando el parámetro utilizando una estimación de accionamiento con la compensación durante un tiempo muerto cuando la velocidad de rotación del rotor es igual o mayor que la velocidad de arranque establecida previamente y un par del rotor es igual o menor que un par de accionamiento establecido previamente, y estimar el parámetro usando la estimación de accionamiento sin la compensación durante un tiempo muerto en que la velocidad de rotación del rotor es igual o mayor que la velocidad de arranque establecida previamente y el par del rotor excede el par de accionamiento establecido previamente.

35 Breve descripción de los dibujos

Estos y/u otros aspectos de la divulgación se harán evidentes y se apreciarán más fácilmente a partir de la siguiente descripción de las realizaciones, tomadas junto con los dibujos adjuntos de los cuales:

La figura 1 es un diagrama de bloques de un aparato de accionamiento de motor de acuerdo con una realización;

40 La figura 2 es una vista en sección transversal axial de un motor de acuerdo con una realización;

La figura 3 es una vista en sección transversal del motor de acuerdo con una realización;

La figura 4 es una vista en sección transversal de un rotor de acuerdo con una realización;

La figura 5 es una vista en sección transversal de un núcleo de rotor de acuerdo con una realización;

La figura 6 es una vista en perspectiva del rotor de acuerdo con una realización;

45 Las figuras 7, 8 y 9 son diagramas de bloques de una unidad de accionamiento, una unidad de detección, una unidad de almacenamiento y una unidad de control del aparato de accionamiento de motor de acuerdo con una realización;

La figura 10 es un gráfico que ilustra un ejemplo de un procedimiento de estimación de parámetros de acuerdo con una velocidad de rotación y un par del motor;

50 La figura 11 es un gráfico que muestra un error entre un voltaje de accionamiento y un voltaje de accionamiento y una corriente de accionamiento de un inversor;

Las figuras 12A, 12B, 12C y 12D son gráficos que muestran una corriente de comando y una corriente de accionamiento cuando se compensa un tiempo muerto de acuerdo con una realización;

La figura 13 es un gráfico de una corriente de prueba suministrada durante la estimación de accionamiento de acuerdo con una realización;

5 La figura 14 es un gráfico de una resistencia de fase estimada y una resistencia de fase real de acuerdo con una realización;

La figura 15 es un gráfico de una constante contraelectromotriz estimada y una constante contraelectromotriz real de acuerdo con una realización;

10 La figura 16 es un gráfico de una inductancia estimada del eje d y una inductancia real del eje d de acuerdo con una realización;

La figura 17 es un gráfico de una inductancia estimada del eje q y una inductancia real del eje q de acuerdo con una realización;

La figura 18 es un diagrama de flujo de un procedimiento para estimar un parámetro en el aparato de accionamiento de motor de acuerdo con una realización; y

15 Las figuras 19, 20, 21 y 22 son diagramas de flujo del procedimiento de estimación de un parámetro en el aparato de accionamiento de motor de acuerdo con otras realizaciones.

Descripción detallada

20 Las realizaciones descritas en la presente especificación y las configuraciones ilustradas en los dibujos son simplemente formas de realización preferidas de la divulgación, y varias realizaciones modificadas que pueden sustituir las formas de realización y los dibujos de la presente especificación pueden existir en el momento de aplicar la presente solicitud.

Se describirá una realización de un aparato 1 de accionamiento de motor y un procedimiento de control del aparato 1 de accionamiento de motor con referencia a los dibujos que se acompañan.

En lo sucesivo, se describirá una realización de un aparato de accionamiento de motor con referencia a la figura 1.

25 La figura 1 ilustra una configuración del aparato de accionamiento de motor.

El aparato 1 de accionamiento de motor puede incluir una unidad 405 de accionamiento, una unidad 500 de potencia, una unidad 700 de detección, una unidad 800 de control, una unidad 600 de almacenamiento, una unidad 560 de entrada y una unidad 550 de visualización.

30 la unidad 405 de accionamiento es un dispositivo para recibir una señal de control de la unidad 800 de control para generar una fuerza de accionamiento de un motor 100. Además, la unidad 405 de accionamiento puede incluir un inversor 450 y el motor 100.

35 El inversor 450 es un dispositivo para suministrar una potencia convertida al motor 100 en base a la señal de control de la unidad 800 de control. Además, el motor 100 es un dispositivo para generar una fuerza giratoria mediante la conversión de la potencia proporcionada por el inversor 450 y la unidad 500 de potencia a energía mecánica, y puede incluir un rotor 200 y un estator 300.

El inversor 450 se describirá en detalle en las figuras 7 a 9, y el motor 100 se describirá en detalle en las figuras 2 a 6.

La unidad 500 de potencia puede incluir una potencia 520 de red y una potencia 510 de enlace de CC.

40 La potencia 520 de red es un dispositivo eléctrico para proporcionar una potencia de CA a la potencia 510 de enlace de CC, etc. La potencia 520 de red puede recibir una alimentación desde el exterior y transmitir la potencia a la potencia 510 de enlace de CC, o convierte la energía química en energía eléctrica como una batería y transmite la energía eléctrica a la potencia 510 de enlace de CC.

La potencia 510 de enlace de CC convierte la potencia de CA recibida de la potencia de 520 de red a la potencia de CC con el fin de proporcionar energía eléctrica para accionar el inversor 450.

45 La unidad 700 de detección puede incluir una unidad 710 de detección de ángulo para detectar un desplazamiento rotacional, una unidad 720 de detección de corriente para detectar una corriente de accionamiento suministrada a una bobina, y una unidad 730 de detección de voltaje para detectar un voltaje de CC transmitida al inversor 450.

La unidad 710 de detección de ángulo puede estar dispuesta en un lado del estator 300 para detectar el desplazamiento rotatorio del rotor 200.

Específicamente, se utiliza un semiconductor de tipo N en la unidad 710 de detección de ángulo y un campo se puede expresar como un voltaje usando el efecto Hall. En consecuencia, la unidad 710 de detección de ángulo detecta un cambio en el campo magnético por la rotación del rotor 200, generando así un ángulo, una frecuencia, un tiempo de accionamiento, etc., relacionados con el desplazamiento rotatorio del rotor.

- 5 No solo el sensor de Hall, sino también los sensores de ángulo, como un resolutor, un potenciómetro, un codificador absoluto, un codificador incremental y similares, se pueden usar como un medio para detectar el desplazamiento rotacional del rotor 200.

10 Específicamente, el resolutor es un tipo de transformador de rotación y es un sensor de ángulo de tipo analógico que está conectado a un árbol del motor 100 para generar un voltaje de CA proporcional a una posición del rotor 200. El potenciómetro es un sensor de ángulo que varía un valor de resistencia variable de acuerdo con un ángulo para calcular una entrada eléctrica directamente proporcional a un ángulo de rotación. Además, el codificador absoluto es un sensor de ángulo que detecta un grado de rotación en una posición correspondiente utilizando una onda de pulso óptico sin establecer una posición de referencia, y el codificador incremental es un sensor de ángulo que calcula un ángulo a través de un aumento y una disminución en un ángulo medido al establecer una posición de referencia y
15 detecta un grado de rotación en una posición correspondiente utilizando una onda de pulso óptico.

Aparte de lo anterior, se pueden usar varios tipos de sensores que miden un ángulo y una frecuencia como ejemplo de la unidad 710 de detección de ángulo.

20 Además, puede proporcionarse una unidad 710 de detección de ángulo, pero dos, o tres o más de los mismos también pueden ser proporcionados. El número de la unidad 710 de detección de ángulo que se proporciona puede determinarse teniendo en cuenta el coste unitario del aparato de accionamiento del motor 1 que se fabrica, un rango de error de un desplazamiento de rotación que se detectará, etc.

Además, la unidad 710 de detección de ángulo puede calcular una velocidad de rotación del motor 100 en función del ángulo de rotación, la frecuencia y el tiempo de accionamiento del rotor 200 detectado por la unidad 710 de detección de ángulo, y puede proporcionar la velocidad de rotación a una unidad 820 de control de accionamiento.

25 La unidad 720 de detección de corriente puede detectar un valor de corriente de accionamiento que fluye en tres terminales de entrada del motor 100. La unidad 720 de detección de corriente puede detectar una caída de voltaje de una resistencia de derivación conectada en serie al terminal de entrada del motor 100 o detectar una salida de un distribuidor de voltaje conectado en paralelo al motor 100 entre el terminal de entrada del motor 100 y una conexión a tierra (GND) para detectar el valor de la corriente de accionamiento. Además, la unidad 720 de detección de corriente
30 puede incluir un filtro de paso bajo (LPF) para eliminar un componente de ruido incluido en una señal de corriente de un terminal de salida del inversor 450, y un convertidor analógico a digital (A/D) para convertir una señal de corriente analógica desde la cual el componente de ruido se elimina a una señal digital.

35 La unidad 730 de detección de voltaje puede detectar el voltaje de CC, que es una señal de potencia de un terminal de entrada del inversor 450. Específicamente, la unidad 730 de detección de voltaje puede incluir un filtro de paso bajo (LPF) para eliminar un componente de ruido incluido en una señal de corriente de un terminal de alimentación del inversor 450, y un convertidor analógico a digital (A/D) para convertir una señal de voltaje analógica desde la cual el componente de ruido se elimina a una señal digital.

40 La unidad 800 de control puede incluir una unidad 810 de control principal para controlar generalmente el funcionamiento del aparato 1 de accionamiento de motor, y la unidad 820 de control de accionamiento para controlar el funcionamiento de la unidad 405 de accionamiento.

Además, la unidad 800 de control funciona como una unidad central de procesamiento. El tipo de unidad central de procesamiento puede ser un microprocesador, y el microprocesador es una unidad de procesamiento en la cual se proporciona una unidad lógica aritmética, un registro, un contador de programa, un decodificador de comando o un circuito de control en al menos un chip de silicio.

45 Además, el microprocesador puede incluir una unidad de procesamiento gráfico (GPU) para procesar el gráfico de una imagen o un video. El microprocesador puede implementarse en forma de sistema en chip (SoC) que incluye un núcleo y la GPU. El microprocesador puede incluir un solo núcleo, un doble núcleo, un triple núcleo, un núcleo cuádruple y sus múltiplos.

50 Además, la unidad 800 de control puede incluir una placa de procesamiento gráfico que incluye la GPU, la memoria de acceso aleatorio (RAM) o la memoria de solo lectura (ROM) en una placa de circuito separada conectada eléctricamente al microprocesador.

La unidad 800 de control se describirá en detalle en las figuras 7 a 9 dadas a continuación.

La unidad 600 de almacenamiento es un dispositivo para almacenar datos del desplazamiento rotacional del motor 100 detectado por la unidad 700 de detección y el comando de voltaje transmitido al inversor 450, datos de control de

la unidad 800 de control, datos de entrada de la unidad 560 de entrada, datos de comunicación de una unidad de comunicación, etc.

La unidad 600 de almacenamiento puede almacenar datos 610 de parámetros.

5 Los datos 610 de parámetros se utilizan para calcular un comando de corriente y un comando de voltaje en un controlador 823 de velocidad y un controlador 824 de corriente.

Puede existir un parámetro fijo constante entre los parámetros, y un parámetro variable que cambia dependiendo de cada circunstancia. puede existir. En consecuencia, los datos 610 de parámetros pueden incluir un parámetro 620 estimado previamente y un parámetro 630 fijo.

10 El parámetro 620 estimado previamente es un conjunto de parámetros del motor 100 estimado antes del tiempo actual. El parámetro 620 estimado previamente puede ser un parámetro que se estimó justo antes de estimar un parámetro actual, o datos estimados antes de eso. Además, el parámetro 620 estimado previamente puede ser una resistencia de fase estimada previamente, una constante de fuerza contraelectromotriz, una inductancia del eje d y una inductancia del eje q.

15 El parámetro 630 fijo es un conjunto de constantes o parámetros invariables con pequeños cambios. Específicamente, el parámetro 630 fijo es un parámetro que se utiliza para calcular una ganancia del controlador PID y que tiene solo pequeños cambios o ninguno. Además, como el parámetro 630 fijo es un valor fijo, el parámetro 630 fijo puede almacenarse en la unidad 600 de almacenamiento en el momento de la fabricación del aparato 1 de accionamiento de motor.

20 Además, el parámetro 630 fijo puede incluir la inercia del motor, una serie de polos del motor, y un parámetro de arranque. Es decir, la inercia del motor y la cantidad de polos del motor son constantes que no cambian debido a la operación del motor 100, y el parámetro de arranque es un parámetro con pequeños cambios cuando se supone que el motor 100 siempre comienza a usar el mismo procedimiento.

25 La unidad 600 de almacenamiento puede incluir un almacenamiento no volátil tal como una ROM, un almacenamiento de RAM de alta velocidad, un dispositivo de almacenamiento de disco magnético y un dispositivo flash, u otros dispositivos de almacenamiento de semiconductores no volátiles.

30 Por ejemplo, una tarjeta de memoria digital segura (SD), una tarjeta de memoria digital segura de alta capacidad (SDHC), una tarjeta de memoria mini SD, una tarjeta de memoria mini SDHC, una tarjeta de memoria trans flash (TF), una tarjeta de memoria micro SD, una tarjeta de memoria micro SDHC, una barra de memoria, un flash compacto (CF), una tarjeta multimedia (MMC), una tarjeta micro MMC, una tarjeta digital extrema (XD) y similares pueden usarse como dispositivo de memoria semiconductor en la unidad 600 de almacenamiento.

Además, la unidad 600 de almacenamiento puede incluir un dispositivo de almacenamiento de tipo conectado a la red al que se accede a través de una red.

35 La unidad 560 de entrada es una combinación de una pluralidad de botones de manipulación para seleccionar el funcionamiento del aparato 1 de accionamiento de motor. En la unidad 560 de entrada, los botones de manipulación pueden estar en forma de botones de presión para presionar, los interruptores deslizantes para que un usuario manipule una operación deseada del aparato 1 de accionamiento de motor, o puede ser un tipo táctil para que el usuario ingrese una operación deseada. Aparte de lo anterior, se pueden usar varios tipos de dispositivos de entrada como ejemplo de la unidad 560 de entrada para que el usuario ingrese una operación deseada del aparato 1 de accionamiento de motor.

40 La unidad 550 de visualización puede mostrar un estado de control del aparato 1 de accionamiento de motor controlado en la unidad 800 de control, un estado de funcionamiento del aparato 1 de accionamiento de motor detectado por la unidad 700 de detección, y similares para el usuario visualmente, auditivamente, y tácticamente.

En lo sucesivo, se describirá una realización de un motor que incluye un rotor con referencia a las figuras 2 a 5.

45 La figura 2 ilustra una sección transversal axial de un motor, y La figura 3 ilustra una sección transversal del motor. Además, la figura 4 ilustra una sección transversal de un rotor, y la figura 5 ilustra una sección transversal de un núcleo de rotor.

El motor 100 puede incluir una carcasa 190 de motor, el estator 300, un árbol 400 y el rotor 200.

La carcasa 190 del motor forma un exterior del motor 100, y está acoplado a las protuberancias 360 de fijación del estator 300 para proporcionar una fuerza de fijación tal que el estator 300 no gire.

50 Además, la carcasa 190 del motor se puede dividir como una primera carcasa 190a de motor y una segunda carcasa 190b del motor con respecto a un eje transversal. Además, la primera carcasa 190a de motor y la segunda carcasa 190b del motor se pueden conectar al estator 300.

El estator 300 puede incluir un núcleo 310 de estator, una pluralidad de dientes 350, bobinas 340, aisladores 320 y protuberancias 360 de fijación.

5 El núcleo 310 de estator puede mantener una forma del estator 300 que forma un marco del estator 300, y proporcionar un paso en el que se forma un campo magnético tal que, cuando uno de la pluralidad de dientes 350 está magnetizado por potencia, se induce la magnetización de otro de la pluralidad de dientes 350 que se apoyan en uno de la pluralidad de dientes 350 en una polaridad diferente de la polaridad de la pluralidad de dientes 350 magnetizados por la potencia.

10 Además, el núcleo 310 de estator puede tener una forma cilíndrica, y puede formarse apilando placas de acero procesadas a presión. Además, la pluralidad de dientes 350 se puede posicionar en el interior del núcleo 310 de estator a lo largo de la dirección circunferencial, y la pluralidad de protuberancias 360 de fijación se pueden colocar en la parte exterior del núcleo 310 de estator. Aparte de lo anterior, varias formas pueden utilizarse como ejemplo de la forma del núcleo 310 de estator para mantener la forma del estator 300 y tener los dientes 350 y las protuberancias 360 de fijación.

15 Además, se puede formar una pluralidad de primeros orificios de inserción que penetran en el núcleo 310 de estator en la dirección axial en el núcleo 310 de estator. Además, los miembros de sujeción tales como pasadores, remaches o pernos para acoplar cada una de las placas que forman el núcleo 310 de estator se puede insertar en los primeros orificios de inserción.

20 Las primeras protuberancias de inserción pueden formarse en la primera carcasa 190a de motor y la segunda carcasa 190b del motor para acoplarse a los primeros orificios de inserción del núcleo 310 de estator, de modo que la primera carcasa 190a de motor y el estator 300 estén conectados, y la segunda carcasa 190b del motor y el estator 300 están conectados. Además, los orificios de penetración de la carcasa pueden formarse en la primera carcasa 190a de motor y la segunda carcasa 190b del motor para coincidir con los primeros orificios de inserción del núcleo 310 de estator, de manera que la primera carcasa 190a de motor, la segunda carcasa 190b del motor y el estator 300 están conectados por un miembro de sujeción.

25 La pluralidad de dientes 350 se puede colocar en el núcleo 310 de estator dividido por el núcleo 310 de estator y puede dividir un espacio dentro del núcleo 310 de estator como una pluralidad de ranuras a lo largo de la dirección circunferencial. Además, los dientes 350 pueden proporcionar espacios en los que se dispondrán las bobinas 340, y pueden magnetizarse a uno de un polo N y un polo S mediante un campo magnético formado debido a la potencia suministrada a las bobinas 340.

30 Además, los dientes 350 pueden tener una forma de Y, y las superficies adyacentes al rotor 200 entre las superficies externas de los dientes 350 pueden tener una superficie suavemente curvada, de modo que una fuerza atractiva y una fuerza repulsiva que interactúan con un núcleo 235 de flujo magnético concentrado en el rotor 200 se genera de manera eficiente. Aparte de lo anterior, se pueden usar diversas estructuras como ejemplo de una estructura de los dientes 350 para proporcionar el espacio en el que las bobinas 340 están dispuestas y generar eficientemente la fuerza atractiva y la fuerza repulsiva que interactúan con el núcleo 235 de flujo magnético concentrado.

35 Las bobinas 340 pueden estar dispuestas en los aisladores 320 dispuestos en los dientes 350 del estator 300 y formar un campo magnético debido a la potencia aplicada a los mismos. De este modo, las bobinas 340 pueden magnetizar los dientes 350 en los que están dispuestas las bobinas 340.

Además, la potencia suministrada a las bobinas 340 puede ser una forma trifásica o una forma monofásica.

40 Por ejemplo, cuando la potencia suministrada a las bobinas 340 es la forma trifásica, tres pares de bobinas 340 ilustradas en la figura 3 pueden agruparse para suministrar potencia en la fase U, otros tres pares de bobinas 340 pueden agruparse para suministrar energía en la fase V, y los tres pares restantes de bobinas 340 pueden agruparse para suministrar potencia en la fase W.

45 Aparte de lo anterior, se pueden usar varias combinaciones de las bobinas 340 como ejemplo de una combinación de las bobinas 340 para controlar la rotación del rotor 200 y permitir que la fuerza de atracción y la fuerza de repulsión interactúen de manera eficiente entre el rotor 200 y el campo magnético del estator 300.

50 Además, las bobinas 340 pueden enrollarse mediante un procedimiento de enrollado concentrado y un procedimiento de enrollado distribuido. El procedimiento de enrollado concentrado es un procedimiento de enrollar las bobinas 340 de tal manera que un número de ranuras en un polo por fase se convierta en uno, y el procedimiento de enrollamiento distribuido es un procedimiento de enrollar las bobinas 340 dividiendo las bobinas 340 en dos o más ranuras en un dispositivo eléctrico al que se unen las ranuras. Además de los anteriores, se pueden usar varios procedimientos como ejemplo de un procedimiento para enrollar las bobinas 340 para magnetizar eficientemente los dientes 350.

55 Además, los materiales utilizados en las bobinas 340 pueden ser de cobre, aluminio o un material compuesto de cobre y aluminio. Aparte de lo anterior, se pueden usar diversos materiales como ejemplo de materiales de las bobinas 340 para magnetizar eficientemente los dientes 350.

Los aislantes 320 son miembros de aislamiento para evitar que un material del estator 300 que tiene conductividad electromagnética entre en contacto con las bobinas 340 y se conduzca. Los aisladores 320 se pueden dividir como primeros aisladores 320a y segundos aisladores 320b.

5 Los primeros aisladores 320a y los segundos aisladores 320b están formados por materiales que tienen aislamiento eléctrico, y están dispuestos respectivamente a ambos lados del núcleo 310 de estator con respecto a la dirección axial. Los primeros aisladores 320a y los segundos aisladores 320b están acoplados respectivamente a ambos lados del núcleo 310 de estator para cubrir el estator 300.

10 Además, las segundas protuberancias de inserción que sobresalen hacia el núcleo 310 de estator pueden formarse en los primeros aisladores 320a y los segundos aisladores 320b, y las segundas protuberancias de inserción pueden insertarse en los segundos orificios de inserción formados en el núcleo 310 de estator.

Los primeros aisladores 320a y los segundos aisladores 320b pueden incluir bordes en forma de anillo, una pluralidad de unidades de soporte de bobina dispuestas correspondientes al núcleo 310 de estator, y unidades de guía de bobina que sobresalen de las partes internas radiales y las partes externas de las unidades de soporte de la bobina.

15 Además, las unidades de soporte de bobina pueden estar separadas a lo largo de la dirección circunferencial, y los espacios correspondientes a las ranuras del estator 300 pueden formarse entre las unidades de soporte de bobina.

Las protuberancias 360 de fijación pueden proporcionar la fuerza de fijación de modo que el estator 300 se fije en lugar de rotar en la segunda carcasa a pesar de la fuerza giratoria generada debido a la fuerza atractiva y la fuerza repulsiva entre un campo magnético formado debido a la potencia aplicada a las bobinas 340 y un campo magnético formado debido a los imanes 280 permanentes.

20 Además, las protuberancias 360 de fijación pueden formarse en una partición exterior del núcleo 310 de estator para que sea perpendicular o paralela al árbol 400 con el fin de ser acoplado a las ranuras de la carcasa 190 del motor. Aparte de lo anterior, se pueden usar varias formas como ejemplo de las protuberancias 360 de fijación para fijar el estator 300 a la carcasa 190 del motor.

25 El árbol 400 se puede conectar a un orificio 215 de inserción de eje del rotor 200 para rotar junto con el rotor 200. Un extremo del árbol 400 puede apoyarse de manera giratoria en la segunda carcasa 190b del motor a través de un rodamiento 130, y el otro extremo del árbol 400 puede apoyarse de manera giratoria en la primera carcasa 190a de motor usando el rodamiento 130. Además, el extremo del árbol 400 soportado en la segunda carcasa 190b del motor puede sobresalir hacia el exterior de la carcasa 190 del motor a través de una abertura 180 formada en la segunda carcasa 190b del motor para conectarse a un dispositivo que requiere una fuerza de accionamiento.

30 El rotor 200 es un dispositivo que adquiere una fuerza rotatoria del motor 100 por la fuerza de atracción y la fuerza de repulsión que interactúa entre el campo magnético debido a los imanes 280 permanentes y el campo magnético formado en los dientes 350 del estator 300. El rotor 200 puede estar dispuesto dentro del estator 300, una primera carcasa 290a de rotor y una segunda carcasa 290b de rotor pueden proporcionarse en una superficie transversal del rotor 200, y una tercera carcasa 290c de rotor puede estar provisto en una superficie axial del rotor 200. El rotor 200 puede incluir un núcleo 210 de rotor y los imanes 280 permanentes.

35 El rotor 200 puede incluir el núcleo 210 del rotor para concentrar un paso y un flujo magnético del campo magnético formado por los imanes 280 permanentes y para evitar la dispersión, una carcasa 290 del rotor para rodear el núcleo 210 del rotor para evitar la desviación del permanente los imanes 280, y los imanes 280 permanentes para formar el campo magnético.

40 Además, el núcleo 210 del rotor puede incluir un núcleo 220 principal, un núcleo 225 radial, el núcleo 235 de flujo magnético concentrado, una unidad 240 de acoplamiento interior, una unidad 250 de prevención de fugas de flujo magnético interno, una unidad 245 de acoplamiento exterior, una unidad 255 de prevención de fugas de flujo magnético exterior, una unidad 230 de montaje de imán permanente y un orificio 260 de acoplamiento.

45 El núcleo 220 principal puede tener una forma cilíndrica y el orificio 215 de inserción de eje conectado al árbol 400 puede estar provisto en su interior.

Además, el núcleo 220 principal puede formar el marco del rotor 200 de manera que la forma del rotor 200 se mantenga a partir de la tensión que actúa sobre el rotor 200 durante la rotación del rotor 200. Además, el núcleo 220 principal puede proporcionar una trayectoria del campo magnético formado por los imanes 280 permanentes para permitir que el flujo magnético fluya a lo largo del núcleo 220 principal.

50 El núcleo 225 radial puede estar acoplado al núcleo 220 principal en forma de ser irradiado hacia el exterior para que sea perpendicular a la dirección circunferencial del rotor 200. El núcleo 225 radial puede proporcionar un paso tal que el flujo magnético fluya a lo largo del campo magnético formado debido a un par de imanes 280 permanentes que se apoyan en el núcleo 225 radial, y pueden conectarse electromagnéticamente al núcleo 220 principal para aumentar la inductancia del eje q.

Además, una anchura del núcleo 225 radial puede fijarse de manera tal que un par de imanes 280 permanentes estén dispuestos de manera apoyada en paralelo, y una anchura de un núcleo 225 radial fuera de la circunferencia puede ser mayor que una anchura del núcleo 225 radial dentro de la circunferencia de tal manera que un par de imanes 280 permanentes estén dispuestos de manera apoyada en ángulos establecidos previamente (por ejemplo, 20°). Aparte de lo anterior, se pueden usar varias formas como ejemplo de la forma del núcleo 225 radial para disponer un par de imanes 280 permanentes.

El núcleo 235 de flujo magnético concentrado induce el campo magnético formado por los imanes 280 permanentes dispuestos en ambos lados del núcleo 235 de flujo magnético concentrado se formarán en el núcleo 235 de flujo magnético concentrado y para concentrar el flujo magnético.

También, como se ilustra en la figura 4, el núcleo 235 de flujo magnético concentrado puede tener una forma de abanico. Además, un radio de la forma del ventilador puede ser diferente o igual al radio del rotor 200.

La unidad 240 de acoplamiento interior reduce la dispersión del núcleo 235 de flujo magnético concentrado debido a una fuerza centrífuga generada hacia el exterior desde el centro del rotor 200 durante la rotación del rotor 200. Específicamente, la unidad 240 de acoplamiento interno está dispuesta entre un interior del núcleo 235 de flujo magnético concentrado y un exterior del núcleo 220 principal, y está acoplado al interior del núcleo 235 de flujo magnético concentrado y al exterior del núcleo 220 principal. Por consiguiente, la unidad 240 de acoplamiento interior disminuye un desplazamiento generado por el núcleo 235 de flujo magnético concentrado que se mueve hacia el exterior debido a la fuerza centrífuga, lo que reduce la dispersión del núcleo 235 de flujo magnético concentrado.

La unidad 250 de prevención de fugas del flujo magnético interno puede estar dispuesta a ambos lados de la unidad 240 de acoplamiento interno para reducir la fuga del flujo magnético introducido o descargado desde los imanes 280 permanentes. Específicamente, la unidad 250 de prevención de fugas del flujo magnético interno puede proporcionarse entre el interior de los imanes 280 permanentes hacia el centro del rotor 200 y una parte exterior del núcleo 220 principal, y se puede llenar un material no magnético como plástico o aire para reducir la fuga del flujo magnético formado por los imanes 280 permanentes al núcleo 220 principal.

La unidad 245 de acoplamiento exterior reduce la dispersión del núcleo 235 de flujo magnético concentrado, el núcleo 225 radial y los imanes 280 permanentes debido a la fuerza centrífuga generada hacia el exterior desde el centro del rotor 200 durante la rotación del rotor 200. Específicamente, la unidad 245 de acoplamiento exterior está dispuesta entre el núcleo 225 radial y el núcleo 235 de flujo magnético concentrado para acoplarse al núcleo 225 radial y el núcleo 235 de flujo magnético concentrado. De acuerdo con lo anterior, la unidad 245 de acoplamiento exterior disminuye los desplazamientos generados por el núcleo 235 de flujo magnético concentrado, el núcleo 225 radial y los imanes 280 permanentes se mueven hacia el exterior debido a la fuerza centrífuga, lo que reduce la dispersión del núcleo 235 de flujo magnético concentrado, el núcleo 225 radial y los imanes 280 permanentes.

La unidad 255 de prevención de fugas del flujo magnético externo puede estar dispuesta en el exterior de los imanes 280 permanentes y reduce la fuga del flujo magnético introducido y descargado desde los imanes 280 permanentes. Específicamente, la unidad 255 de prevención de fugas del flujo magnético externo puede proporcionarse entre el exterior de los imanes 280 permanentes y el interior de la unidad 245 de acoplamiento exterior, y el material no magnético puede llenarse en su interior como en la unidad 250 de prevención de fugas de flujo magnético interno para reducir la fuga del flujo magnético formado por los Imanes permanentes 280 al núcleo 220 principal.

Se puede usar un material magnético blando y un metal como materiales del núcleo 220 principal, el núcleo 225 radial, el núcleo 235 de flujo magnético concentrado, la unidad 240 de acoplamiento interior y la unidad 245 de acoplamiento exterior para proporcionar la ruta en la que el flujo magnético fluye y tiene conductividad eléctrica. Aparte de lo anterior, se pueden usar diversos materiales que tienen conductividad electromagnética y no se deforman debido a un voltaje externa como ejemplo de los materiales del núcleo 220 principal, el núcleo 225 radial, el núcleo 235 de flujo magnético concentrado, la unidad 240 de acoplamiento interior, y la unidad 245 de acoplamiento exterior.

La unidad 230 de montaje de imán permanente proporciona un espacio en el que los imanes 280 permanentes se magnetizarán al estar dispuestos entre dos núcleos radiales 225, respectivamente, mientras están separados por ambos lados con respecto al núcleo 235 de flujo magnético concentrado y el núcleo 235 de flujo magnético concentrado.

Específicamente, como se ilustra en la figura 4, la unidad 230 de montaje de imán permanente se divide como una primera unidad 230a de montaje de imán permanente y una segunda unidad 230b de montaje de imán permanente con respecto al núcleo 235 de flujo magnético concentrado. Las ranuras de tamaños correspondientes a las de los imanes 280 permanentes montados en la misma son formado en la unidad 230 de montaje de imán permanente, y los imanes 280 permanentes pueden montarse en las ranuras. El ancho de las ranuras formadas en la unidad 230 de montaje de imán permanente puede ser mayor que la anchura de la unidad 250 de prevención de fugas de flujo magnético interno y la unidad 255 de prevención de fugas de flujo magnético exterior. Además, las ranuras formadas en la unidad 230 de montaje de imán permanente puede formarse en paralelo con respecto al núcleo 225 radial, o formado entre la unidad 230 de montaje de imán permanente y el núcleo 225 radial para tener un ángulo establecido previamente. El ángulo establecido previamente puede ser un valor establecido de acuerdo con la intensidad del flujo

magnético a concentrar y la inductancia del eje q a aumentar. Por ejemplo, el ángulo establecido previamente puede ser un valor igual o inferior a 20°. Aparte de lo anterior, varios ángulos establecidos en función de la intensidad del flujo magnético a concentrar y la inductancia del eje q a aumentar se pueden usar como un ejemplo del ángulo establecido previamente.

- 5 Aparte de lo anterior, se pueden usar varias formas como ejemplo de la forma de la unidad 230 de montaje de imán permanente para montar los imanes 280 permanentes.

La figura 6 ilustra un exterior de un rotor al que se acopla una carcasa de rotor.

- 10 Un orificio 260 de acoplamiento se forma para corresponder a una protuberancia 265 de acoplamiento de la carcasa 290 del rotor, y es un miembro de acoplamiento que permite que la carcasa 290 de rotor se acople al núcleo 210 del rotor. Tal como se ilustra en la figura 6, el orificio 260 de acoplamiento puede formarse en el núcleo 235 de flujo magnético concentrado, y la anchura del orificio 260 de acoplamiento puede ser igual o mayor que la anchura de la protuberancia 265 de acoplamiento. Además, el orificio 260 de acoplamiento puede tener una forma cilíndrica que corresponde con la forma de la protuberancia 265 de acoplamiento, o tiene una forma de columna poligonal.

- 15 La carcasa 290 de rotor está acoplado al núcleo 210 del rotor para evitar que los imanes 280 permanentes montados en la unidad 230 de montaje de imán permanente se descarguen hacia el exterior del núcleo 210 del rotor. Además, la carcasa 290 de rotor se puede dividir como la primera carcasa 290a del rotor y la segunda carcasa 290b del rotor con respecto al eje transversal.

- 20 Una primera protuberancia 265a de acoplamiento correspondiente a la forma del orificio 260 de acoplamiento se puede proporcionar en un lado de conexión de la primera carcasa 290a del rotor, y una segunda protuberancia 265b de acoplamiento que corresponde a la forma del orificio 260 de acoplamiento se puede proporcionar en un lado de conexión de la segunda carcasa 290b del rotor.

- 25 Además, puede formarse un orificio 292 de soporte en los centros de la primera carcasa 290a del rotor y de la segunda carcasa 290b del rotor, de manera que el árbol 400 conectado al orificio 215 de inserción del árbol esté soportado. Además, el radio de un primer orificio 292a de soporte formado en el centro de la primera carcasa 290a del rotor para soportar el árbol 400 puede ser más pequeño que el radio del orificio 215 de inserción del árbol, y el radio de un lado de conexión del primer orificio 292a de soporte puede ser más pequeño que un radio del otro lado del primer orificio 292a de soporte. Sin embargo, un radio de un segundo orificio 292b de soporte formado en el centro de la segunda carcasa 290b del rotor de un lado en el que el árbol 400 está conectado a un dispositivo que requiere una fuerza giratoria puede ser igual o mayor que el radio del árbol del orificio 215 de inserción.

- 30 Aunque un motor de tipo de radio de imán permanente interior (IPM) se ha descrito principalmente con referencia a las figuras 2 a 6 en lo anterior, el motor no está limitado al tipo de radio IPM por la descripción. Por ejemplo, el motor puede ser un motor de tipo conectado en superficie o un motor de tipo V.

En lo sucesivo, se describirá una realización de magnetización y concentración de flujo magnético de la pluralidad de imanes permanentes con referencia a las figuras 7 a 9.

- 35 En lo sucesivo, el control de la potencia de accionamiento y la estimación de parámetros del aparato de accionamiento de motor se describirán con referencia a las figuras 7 a 9.

Las figuras 7 a 9 ilustran los diagramas de bloques de una unidad de accionamiento, una unidad de detección, una memoria y una unidad de control del aparato de accionamiento de motor.

- 40 La unidad de accionamiento 404 puede incluir el motor 100 para generar una fuerza rotativa, y el inversor 450 para suministrar corriente de accionamiento al motor 100.

El motor 100 puede ser igual o diferente al motor 100 en las figuras 2 a 6.

Como se ilustra en la figura 8, el inversor 450 puede incluir tres circuitos Q11 a Q13 de conmutación de extremo superior y tres circuitos de conmutación de extremo inferior Q21 a Q23.

- 45 Los circuitos Q11 a Q13 de conmutación de extremo superior y los circuitos Q21 a Q23 de conmutación de extremo inferior pueden incluir un conmutador de alto voltaje como un transistor de unión bipolar de alto voltaje, un transistor de efecto de campo de alto voltaje o un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), y un diodo de rueda libre.

- 50 Específicamente, los tres circuitos Q11 a Q13 de conmutación de extremo superior están conectados en paralelo a la potencia Vcc, y los tres circuitos Q21 a Q23 de conmutación de extremo inferior están conectados en paralelo a tierra GND. Además, los tres circuitos Q11 a Q13 de conmutación de extremo superior y los tres circuitos Q21 a Q23 de conmutación de extremo inferior están conectados uno a uno en serie, y tres nodos a los que los tres circuitos Q11 a Q13 de conmutación de extremo superior y los tres extremos inferiores los circuitos Q21 a Q23 de conmutación están conectados pueden conectarse respectivamente a tres terminales de entrada a, b y c del motor 100.

El inversor 450 enciende uno de los circuitos Q11 a Q13 de conmutación de extremo superior y uno de los extremos inferior los circuitos Q21 a Q23 de conmutación de acuerdo con un orden predeterminado, suministrando así la corriente de accionamiento al motor 100.

5 La unidad 700 de detección puede incluir la unidad 710 de detección de ángulo para detectar el desplazamiento rotatorio del rotor 200, la unidad 720 de detección de corriente para detectar la corriente de potencia de accionamiento y la unidad 730 de detección de voltaje para detectar el voltaje de CC que es una señal de voltaje transmitida al inversor 450.

La unidad 700 de detección puede ser la misma que la unidad 700 de detección descrita en la figura 1.

10 La unidad 800 de control puede incluir la unidad 810 de control principal para controlar generalmente el funcionamiento del aparato 1 de accionamiento de motor, y la unidad 820 de control de accionamiento para controlar el funcionamiento de la unidad 405 de accionamiento.

15 La unidad 810 de control principal puede transmitir un comando de velocidad w^* a la unidad 820 de control de accionamiento de acuerdo con el comando de operación del usuario, y cargar los datos 610 de parámetros en la unidad 600 de almacenamiento para transmitir los datos 610 de parámetros a la unidad 820 de control de accionamiento. Particularmente, la unidad 810 de control principal recibe el desplazamiento rotacional (por ejemplo, un ángulo y una velocidad de rotación) del motor 100 detectado por la unidad 700 de detección y el comando de voltaje suministrado al inversor 450 para cargar un parámetro para cálculo de ganancia en el controlador 824 de corriente y el controlador 823 de velocidad de los datos 610 de parámetros almacenados en la unidad 600 de almacenamiento. Además, la unidad 810 de control principal transmite el parámetro a la unidad 820 de control de accionamiento para calcular utilizando el parámetro cargado del comando de voltaje para ser transmitido al inversor 450.

20 Además, la unidad 810 de control principal puede estimar un parámetro basado en la velocidad de rotación, la corriente de accionamiento, el comando de voltaje, etc. detectado por la unidad 700 de detección. Además, la unidad 810 de control principal puede realizar la estimación del parámetro dividiendo la estimación de parámetros como estimación de arranque y estimación de accionamiento de acuerdo con la velocidad de rotación del motor 100 o si se almacena un parámetro de arranque. Además, la unidad 810 de control principal puede realizar la estimación de accionamiento dividiendo la estimación de accionamiento como primera estimación de accionamiento y segunda estimación de accionamiento de acuerdo con la velocidad de rotación del motor 100. La estimación de parámetros de la unidad 810 de control principal se describirá en detalle con referencia a las figuras 10 a 14 dadas a continuación.

30 Como se ilustra en la figura 9, la unidad 820 de control de accionamiento puede incluir una calculadora 821 de velocidad, el controlador 823 de velocidad, un primer convertidor 822 de marcos de referencia, el controlador 824 de corriente, un segundo convertidor 825 de marcos de referencia y un modulador 826 de ancho de pulso.

35 La calculadora 821 de velocidad puede calcular una velocidad de rotación w del motor 100 en función del ángulo de rotación y la frecuencia del rotor 200 proporcionada por la unidad 710 de detección de ángulo incluida en el motor 100, y proporcionar la velocidad de rotación w del motor 100 al controlador 823 de velocidad y la unidad 810 de control principal.

40 El controlador 823 de velocidad puede calcular un comando de corriente del eje dq Idq^* basado en el comando de velocidad w^* generado por la unidad 810 de control principal, la velocidad de rotación w del motor 100 producida por la calculadora 821 de velocidad, la constante de fuerza contra electromotriz estimada por la unidad 810 de control principal, la inercia del motor almacenada previamente y el número de polos del motor, y proporciona el comando de corriente del eje dq Idq^* al controlador 824 de corriente.

45 El primer convertidor 822 de marcos de referencia puede convertir la corriente de accionamiento I_{abc} de la salida del motor por la unidad 720 de detección de corriente en el Idq de corriente del eje dq basado en el desplazamiento rotacional de la salida del rotor 200 por la unidad 710 de detección de ángulo, y proporciona la corriente de accionamiento convertida I_{abc} al controlador 824 de corriente. Además, el primer convertidor 822 de marcos de referencia puede convertir la potencia de CC V_{cc} detectada por la unidad 730 de detección de voltaje al voltaje de accionamiento V_{abc} , y luego convertir el voltaje de accionamiento V_{abc} a voltaje de eje dq V_{dq} , y proporciona el voltaje de accionamiento convertido V_{abc} al controlador 824 de corriente.

50 El controlador 824 de corriente puede calcular un comando de voltaje de eje dq V_{dq}^* basado en el comando de corriente de eje dq Idq^* generado por el controlador 823 de velocidad, el idq de corriente de eje dq generado por el primer convertidor 822 de marcos de referencia, la resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q estimadas por la unidad 810 de control principal, y el desplazamiento rotatorio del rotor 200 detectado por la unidad 710 de detección de ángulo, y proporciona el comando de voltaje del eje dq V_{dq}^* al segundo convertidor de marcos de referencia 825.

55 El segundo convertidor 825 de marcos de referencia puede convertir el comando de voltaje de eje dq V_{dq}^* generado por el controlador 824 de corriente en el comando de voltaje de activación V_{abc}^* basado en el desplazamiento rotacional del rotor 200 generado por la unidad 710 de detección de ángulo, y proporcionar el comando de voltaje dq convertido V_{dq}^* al modulador 826 de ancho de pulso.

El modulador 826 de ancho de pulso puede emitir una señal de modulación de ancho de pulso para controlar los circuitos Q11 a Q13 de conmutación de extremo superior y los circuitos Q21 a Q23 de conmutación de extremo inferior incluido en el inversor 450 basado en el comando de voltaje de accionamiento V_{abc}^* generado por el segundo convertidor 825 de marco de referencia.

- 5 En lo anterior, se ha descrito la configuración del aparato de accionamiento de motor. A continuación, se describirá un procedimiento para estimar un parámetro en una unidad de control principal con referencia a las figuras 10 a 13.

La figura 10 es un gráfico que ilustra un ejemplo de un procedimiento para estimar un parámetro de acuerdo con una velocidad de rotación del motor.

La estimación de parámetros del motor 100 puede incluir la estimación de arranque y la estimación de accionamiento.

- 10 La estimación de arranque es un procedimiento de estimación para estimar un parámetro en una región por debajo de una velocidad de arranque establecida previamente. Además, la estimación de arranque es una estimación de parámetros realizada cuando la información sobre un parámetro no se almacena en la unidad 600 de almacenamiento o cuando un parámetro de arranque no es fijo y, por lo tanto, es difícil utilizar datos previamente almacenados. Aquí, la velocidad de arranque establecida previamente es una velocidad límite superior a la cual se realiza la estimación de arranque antes de una operación de accionamiento, y la velocidad de arranque establecida previamente es un valor determinado al fabricar o diseñar el motor 100 de acuerdo con la forma, el centro de masa, el rendimiento y la potencia de accionamiento se suministran a la misma del motor 100.
- 15

- Además, la estimación de arranque se puede dividir en dos secciones por un parámetro a estimar o una velocidad de rotación. Es decir, la estimación de arranque puede incluir la estimación de parámetros en una primera sección T1 donde el motor está parado, y la estimación de parámetros en una segunda sección T2 donde el motor gira a una velocidad de arranque establecida previamente.
- 20

- Específicamente, los parámetros estimados en la primera sección T1 pueden ser la resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q. El voltaje de prueba de alta frecuencia del eje d y el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje q, que son voltajes de prueba de alta frecuencia, pueden suministrarse primero al eje d y al eje q para estimar la inductancia del eje d, la inductancia del eje q, y la resistencia de fase preliminar. Además, la primera corriente de prueba CC del eje d y la corriente de prueba CC del segundo eje d, que son diferentes potencias CC del eje d, pueden suministrarse primero aplicando la inductancia estimada del eje d, la inductancia del eje q y la resistencia de fase preliminar para estimar la resistencia de fase.
- 25

- Aquí, el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje d, el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje q, la primera corriente de prueba de CC del eje d, y la corriente de prueba de CC del segundo eje d son potencias de prueba suministradas para estimar la resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q son parámetros en los que el nivel, la frecuencia y el tiempo de suministro de la misma se determinan al fabricar o diseñar el motor 100 dentro de un rango que no afecta significativamente el funcionamiento del motor 100.
- 30

- La resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q pueden estimarse en la primera sección T1 utilizando Ecuaciones (1) a (9) abajo.
- 35

$$V_d = R_s i_d + L_d \frac{di_d}{dt} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Ecuación (1) es una ecuación de voltaje del eje d en un estado de parada. En Ecuación (1), el voltaje del eje d puede expresarse como V_d , la resistencia de fase preliminar puede expresarse como R_s , la corriente del eje d puede expresarse como i_d y la inductancia del eje d puede expresarse como L_d .

- 40 La potencia de prueba de alta frecuencia del eje d, $V_{td}^* \sin(\omega t)$, puede suministrarse como el voltaje del eje d.

$$V_q = R_s i_q + L_q \frac{di_q}{dt} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Ecuación (2) es una ecuación de voltaje del eje q en un estado de parada. En Ecuación (2), el voltaje del eje q puede expresarse como V_q , la resistencia de fase preliminar puede expresarse como R_s , la corriente del eje q puede expresarse como i_q y la inductancia del eje q puede expresarse como L_q .

- 45 La potencia de prueba de alta frecuencia del eje q, $V_{tq}^* \sin(\omega t)$, puede suministrarse como la tensión del eje q.

$$a = \text{LPF}(i_d * 2 \sin(\omega t)) \quad \text{Ecuación (3)}$$

Ecuación (3) es una expresión del voltaje de prueba de alta frecuencia y un parámetro en fase suministrado para calcular la resistencia de fase preliminar, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q. En Ecuación (3), el voltaje de prueba de alta frecuencia y el parámetro en fase pueden expresarse como a , el filtro de paso bajo puede expresarse

como LPF, la frecuencia de el voltaje de prueba de alta frecuencia suministrada puede expresarse como ω_f , y el tiempo puede expresarse como t .

Además, aunque Ecuación (3) es una expresión expresada en términos del eje d cuando se suministra el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje d, Ecuación (3) también puede expresarse por el eje d sustituido con el eje q cuando se suministra el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje q.

$$b = LPF (i_d^* 2 \cos(\omega_f t)) \text{ Ecuación (4)}$$

Ecuación (4) es una expresión de el voltaje de prueba de alta frecuencia y un parámetro en una fase en ángulo recto suministrada para calcular la resistencia de fase preliminar, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q. En Ecuación (4), el voltaje de prueba de alta frecuencia y el parámetro en la fase de ángulo recto se pueden expresar como b.

Además, aunque Ecuación (4) es una expresión expresada en términos del eje d cuando se suministra el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje d, Ecuación 4 también puede expresarse por el eje d sustituido con el eje q cuando se suministra el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje q.

$$R_s = \frac{a}{a^2 + b^2} V_{td} \text{ Ecuación (5)}$$

Ecuación (5) es una expresión para calcular la resistencia de fase preliminar. En Ecuación (5), el nivel del voltaje de prueba de alta frecuencia del eje d suministrado se puede expresar como V_{td} .

Aquí, a y b son lo mismo que a y b en Ecuación (3) y Ecuación (4).

$$L_d = \frac{b}{a^2 + b^2} V_{td} \text{ Ecuación (6)}$$

Ecuación (6) es una expresión para calcular la inductancia del eje d.

Aquí, a y b son lo mismo que a y b en Ecuación (3) y Ecuación (4).

$$L_q = \frac{b}{a^2 + b^2} V_{tq} \text{ Ecuación (7)}$$

Ecuación (7) es una expresión para calcular la inductancia del eje q. En Ecuación (7), el nivel del voltaje de prueba de alta frecuencia del eje q suministrado se puede expresar como V_{tq} .

Aquí, a y b son parámetros en los que el voltaje de prueba del eje d de Ecuación (3) y Ecuación (4) se sustituye con el voltaje de prueba del eje q.

La inductancia del eje d y la inductancia del eje q estimadas mediante el suministro de el voltaje de prueba de alta frecuencia no se ven afectadas significativamente por la frecuencia de el voltaje de prueba de alta frecuencia suministrada. Esto se debe a que la inductancia del eje d y la inductancia del eje q están en el mismo término con la frecuencia en la ecuación de voltaje. Sin embargo, dado que la resistencia de fase está en el lado del número real en la ecuación de voltaje, la resistencia de fase puede disminuir relativamente debido a un valor absoluto del lado de un número imaginario que aumenta a medida que aumenta la frecuencia del voltaje de prueba de alta frecuencia. De acuerdo con lo anterior, para estimar la resistencia de fase precisa, la resistencia de fase preliminar, que es una resistencia de fase aproximada, se estima suministrando el voltaje de prueba de alta frecuencia, y el controlador 824 de corriente se implementa utilizando la resistencia de fase preliminar estimada, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q para estimar la resistencia de fase precisa utilizando la potencia de CC del eje d. Además, dado que la resistencia de fase se ve afectada por la no linealidad del inversor 450 por un parámetro como el tiempo muerto cuando la resistencia de fase se estima suministrando solo una corriente de prueba de CC del eje d, se puede estimar una resistencia de fase más precisa cuando dos ejes d se suministran corrientes de prueba de CC para estimar la resistencia de fase como en Ecuación (8) para eliminar un parámetro debido a la no linealidad.

$$V_d = R_s i_d + V_{desfase} \text{ Ecuación (8)}$$

Ecuación (8) es una ecuación de voltaje cuando se suministra la corriente de prueba de CC del eje d. En Ecuación (8), el voltaje debido a la no linealidad del inversor 450 puede expresarse como $V_{desfase}$.

$$R_s = \frac{V_{d2} - V_{d1}}{i_{d2} - i_{d1}} \text{ Ecuación (9)}$$

Ecuación (9) es una expresión de la resistencia de fase calculada suministrando dos corrientes de prueba de CC. En Ecuación (9), la resistencia de fase es R_s , la primera corriente de prueba del eje d es i_{d1} , el voltaje debido a la primera corriente de prueba del eje d es V_{d1} , la segunda corriente de prueba del eje d es i_{d2} y el voltaje debido a la segunda corriente de prueba del eje d se puede expresar como V_{d2} .

5 Los parámetros estimados utilizando Ecuaciones (1) a (9) en la primera sección T1 están la resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q. La resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q son parámetros para implementar el controlador 824 de corriente. Dado que la constante de fuerza contraelectromotriz se utiliza para implementar el controlador 823 de velocidad, un procedimiento para estimar la constante de fuerza contraelectromotriz en La segunda sección T2 se describirá con referencia a Ecuaciones (10) a 10 (15).

La unidad 800 de control realiza el control del par de magnitud fija al suministrar la corriente del eje d como 0A y la corriente del eje q como un valor de corriente establecido previamente para rotar el motor mientras se mantiene la velocidad de arranque establecida previamente. Además, la unidad 800 de control calcula la constante de fuerza contraelectromotriz en función de la corriente del eje d, el voltaje del eje d, la corriente del eje q y el voltaje del eje q 15 cuando el motor mantiene la velocidad de arranque establecida previamente. El procedimiento de estimación se describirá en detalle con referencia a Ecuaciones (10) a (15).

$$V_d^s = R_s I_d^s + \frac{d\lambda_d^s}{dt} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Ecuación (10) es una ecuación de voltaje del eje d a la velocidad de arranque establecida previamente. En Ecuación 20 (10), el voltaje del eje d puede expresarse como V_d^s , la resistencia de fase puede expresarse como R_s , la corriente del eje d puede expresarse como I_d^s y el enlace de flujo magnético del eje d puede se expresará como λ_d^s .

$$V_q^s = R_s I_q^s + \frac{d\lambda_q^s}{dt} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Ecuación (11) es una ecuación de voltaje del eje q a la velocidad de arranque establecida previamente. En Ecuación (11), el voltaje del eje q puede expresarse como V_q , la corriente del eje q puede expresarse como I_q^s , y el enlace de flujo magnético del eje q puede expresarse λ_q^s .

$$\sqrt{\lambda_d^{s2} + \lambda_q^{s2}} = \sqrt{\lambda_d^{r2} + \lambda_q^{r2}} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Ecuación (12) es una expresión relacional entre un enlace de flujo magnético en un marco de reposo parado y un enlace de flujo magnético en un marco de referencia giratorio de una velocidad de arranque establecida previamente. En Ecuación (12), el enlace de flujo magnético del eje d en el cuadro de reposo puede expresarse como λ_d^s , y el enlace de flujo magnético del eje q en el cuadro de reposo puede expresarse como λ_q^s .

30 Como se muestra en Ecuación (12), se puede reconocer que, cuando no hay fugas de flujo magnético, un valor absoluto del enlace de flujo magnético en el marco de reposo es el mismo que un valor absoluto del enlace de flujo magnético en el marco de referencia giratorio.

$$\lambda_q^{s2} = I_d^r L_d + \lambda_{pm} \quad \text{Ecuación (13)}$$

Ecuación (13) es una expresión del enlace de flujo magnético del eje d en el marco de referencia giratorio. En Ecuación 35 (13), la constante de fuerza contraelectromotriz puede expresarse como λ_{pm} .

$$\lambda_q^{r2} = I_q^r L_d \quad \text{Ecuación (14)}$$

Ecuación (14) es una expresión del enlace de flujo magnético del eje q en el marco de referencia giratorio.

Cuando Ecuación (13) y Ecuación (14) están sustituidos en Ecuación (12) y simplificado en términos de la constante de fuerza contraelectromotriz, puede expresarse como Ecuación (15).

$$\lambda_{pm} = \sqrt{\lambda_d^{s2} + \lambda_q^{r2} - (I_q^r L_d)^2} \quad \text{Ecuación (15)}$$

Ecuación (15) es una expresión de la constante de fuerza contraelectromotriz.

Ecuación (15) es una ecuación simplificada de Ecuaciones 12 a 14, y la constante de fuerza contraelectromotriz calculada por Ecuación (15) se puede utilizar para implementar el controlador 823 de velocidad durante la operación de accionamiento del motor.

5 En lo anterior, la estimación de arranque se ha descrito con referencia a Ecuaciones (1) a (15). En lo sucesivo, se describirá una realización de la estimación de accionamiento con referencia a las figuras 11 a 13.

La figura 11 es un gráfico que muestra un error entre el voltaje de comando y el voltaje de accionamiento de un inversor y la corriente de accionamiento. Además, la figura 12A es un gráfico que muestra la corriente de comando al compensar un tiempo muerto, y las figuras 12B a 12D son gráficos que muestran corrientes de accionamiento trifásicas al compensar durante un tiempo muerto.

10 La estimación de accionamiento es un procedimiento para estimar un parámetro cuando se excede la velocidad de arranque establecida previamente en la figura 10. En el paso de estimación de la operación, se puede usar un parámetro estimado en la estimación de arranque o un parámetro estimado por la estimación de accionamiento en un grado previo en el controlador 823 de velocidad y el controlador 824 de corriente para impulsar el motor 100.

15 Específicamente, la estimación de accionamiento puede incluir una estimación en una tercera sección T3 que excede la velocidad de arranque predeterminada y por debajo de un par de activación predeterminado, y la estimación en una cuarta sección T4 igual o mayor que el torque de activación predeterminado. La estimación en la tercera sección T3 estima un parámetro mientras considera la compensación de tiempo muerto, y la estimación en la cuarta sección T4 estima un parámetro sin considerar la compensación de tiempo muerto.

20 El tiempo muerto se genera debido a la no linealidad del inversor 450. Específicamente, el tiempo muerto se genera debido a razones tales como tener un intervalo de tiempo predeterminado entre los tiempos de conmutación para evitar un cortocircuito de los interruptores superior e inferior en el Inversor 450 como medio puente. Como resultado, como se ilustra en la figura 11, un error, que es una diferencia entre el voltaje de activación y la entrada de comando de voltaje al inversor 450, aumenta con el nivel de disminución de la corriente de activación. En este caso, dado que una dirección de flujo de corriente anterior se mantiene debido a un diodo, el tiempo muerto se compensa utilizando la polaridad de la corriente de accionamiento. Sin embargo, en la tercera sección T3, el nivel de la corriente de accionamiento disminuye debido a una baja velocidad, por lo que es difícil determinar la polaridad. De acuerdo con lo anterior, como se ilustra en la figura 12A, la unidad 800 de control suministra la I_d^* de comando de corriente en forma de diente de sierra, y el inversor 450 genera la corriente de accionamiento de manera que las corrientes de accionamiento I_a , I_b e I_c tienen una forma de onda escalonada en la que una pluralidad de ondas cuadradas están combinados. Cuando las corrientes de accionamiento I_a , I_b y I_c son ondas cuadradas compuestas en forma escalonada en la tercera sección T3, el tiempo para el cruce por cero se acorta, y puede ser más fácil determinar la polaridad de la corriente.

Aquí, el comando de corriente I_d^* está controlado por el desplazamiento rotativo del rotor 200 y un número de particiones por ciclo. Esto se describirá a través de Ecuación 16.

35
$$I_d^* = -\frac{I_q^*}{2} + \frac{I_q^*}{60^\circ} (\theta - 60^\circ(n - 1))$$
 Ecuación (16)

Ecuación (16) es una expresión del comando de corriente del eje d en la forma de diente de sierra. En Ecuación (16), el comando de corriente del eje d puede expresarse como I_d^* , el comando de corriente del eje q puede expresarse como I_q^* , el ángulo del rotor puede expresarse como θ , y el número de particiones por ciclo puede ser expresado como n.

40 Por ejemplo, cómo se ilustra en las figuras 12A a 12D, cuando el ángulo del rotor es de 180° y el número de particiones por ciclo es 6, el comando de corriente del eje d se calcula como en la figura 12A, de manera que la corriente de accionamiento en la figura 12B, la corriente de accionamiento en la figura 12C, y la corriente de accionamiento en la figura 12D se suministran a la fase a, la fase b y la fase c, respectivamente, y se facilita la determinación de la polaridad de la corriente de accionamiento.

45 Además, se describirá un procedimiento para suministrar corriente de prueba y estimar un parámetro en la tercera sección T3 o la cuarta sección T4 con referencia a la figura 13.

La figura 13 es un gráfico de la corriente de prueba suministrada durante la estimación de accionamiento.

50 Como se ilustra en la figura 13, la unidad 800 de control controla el inversor 450 para suministrar la corriente de prueba de accionamiento del eje d y la corriente de la prueba de accionamiento del eje q durante un período de tiempo predeterminado. Específicamente, un ciclo incluye una sexta sección T6 a una novena sección T9. La unidad 800 de control controla el inversor 450 para no suministrar la corriente de prueba de accionamiento del eje d y la corriente de prueba de accionamiento del eje q en la sexta sección T6, para suministrar la corriente de prueba de accionamiento del eje d en la séptima sección T7, para no suministrar la corriente de la prueba de accionamiento del eje d y la corriente de la prueba de accionamiento del eje q en la octava sección T8, y para suministrar la corriente de la prueba de accionamiento del eje q en la novena sección T9.

En este caso, la unidad 800 de control estima al menos una de las resistencias de fase y la constante de fuerza contraelectromotriz en al menos una de la sexta sección T6 y la octava sección T8 en las que la corriente de prueba de accionamiento del eje d y la corriente de prueba de accionamiento del eje q no se suministra. Por ejemplo, la unidad 800 de control puede estimar la resistencia de fase y la constante de fuerza contraelectromotriz en la sexta sección T6 o puede estimar la resistencia de fase y la constante de fuerza contraelectromotriz en la octava sección T8. Además, la unidad 800 de control puede estimar la resistencia de fase en la sexta sección T6 y estimar la constante de fuerza contraelectromotriz en la octava sección T8. Además, la unidad 800 de control puede estimar la constante de fuerza contraelectromotriz en la sexta sección T6 y estimar la resistencia de fase en la octava sección T8.

Además, la unidad 800 de control puede estimar la inductancia del eje d en la séptima sección T7 en la que se suministra la corriente de prueba de accionamiento del eje d, y estimar la inductancia del eje q en la novena sección T9 en la que se suministra corriente de prueba de accionamiento de eje q.

La figura 13 ha ilustrado con un ejemplo que la corriente de prueba de accionamiento del eje d y la corriente de la prueba de accionamiento del eje q se suministran de forma secuencial e independiente. Sin embargo, aparte de lo anterior, la corriente de prueba de accionamiento del eje q puede suministrarse primero en un ciclo y la corriente de prueba de accionamiento del eje d puede suministrarse a continuación, o secciones en las que la corriente de prueba de accionamiento del eje d y el eje q la corriente de prueba de accionamiento que se suministra puede estar parcial o completamente superpuesta entre sí.

Además, la séptima sección T7, que es el momento en el que se suministra la corriente de prueba de accionamiento del eje d, y la novena sección T9, que es el momento en que se suministra la corriente de la prueba de accionamiento del eje q, pueden ser iguales o diferentes entre sí. Además, la séptima sección T7, que es el momento en que se suministra la corriente de prueba de accionamiento del eje d, y la novena sección T9, que es el momento en que se suministra la corriente de prueba de accionamiento del eje q, son valores predeterminados al momento de la fabricación o el diseño. El motor 100, y puede determinarse considerando el tamaño, la forma, el rendimiento y el estado actual del motor 100, y no debería afectar mucho el accionamiento del motor 100. Por ejemplo, la séptima sección T7, que es el momento en que se suministra la corriente de prueba de accionamiento del eje d, y la novena sección T9, que es un tiempo en el que se suministra la corriente de prueba de conducción del eje q, puede ser de 0,02 [seg].

En lo sucesivo, el procedimiento para estimar un parámetro en la estimación de accionamiento se describirá con referencia a EQNS. 17 a 24.

$$V_d = R_s i_d + \omega L_q i_q \quad \text{Ecuación (17)}$$

Ecuación (17) es una ecuación de voltaje del eje d cuando no se suministran la corriente de la prueba de accionamiento del eje d y la corriente de la prueba de accionamiento del eje q y la corriente no cambia.

En este caso, la unidad 800 de control puede calcular la resistencia de fase a estimar utilizando un algoritmo de mínimos cuadrados recursivos (RLS).

$$Y(k) = V_d(k-1) + L_q I_q(k-1) \omega(k-1) \quad \text{Ecuación (18)}$$

$$Z(k) = I_d(k-1)$$

$$\theta(k) = R_s$$

Ecuación (18) es una expresión de la estimación de la resistencia de fase del grado actual utilizando el algoritmo RLS.

En este caso, la unidad 800 de control puede cargar los datos de un grado previo almacenados en la unidad 600 de almacenamiento o detectados por la unidad 700 de detección para estimar la resistencia de fase del grado actual.

$$V_q = R_s i_q + \omega (L_d i_d + \lambda_{pm}) \quad \text{Ecuación (19)}$$

Ecuación (19) es una ecuación de voltaje del eje q cuando la corriente de prueba de accionamiento del eje d y la corriente de la prueba de accionamiento del eje q no se suministran y la corriente no cambia.

En este caso, como la estimación de resistencia de fase, la unidad 800 de control puede estimar la constante de fuerza contraelectromotriz utilizando el algoritmo RLS.

$$Y(k) = V_q(k-1) - R_s I_q(k-1) - L_d I_d(k-1) \omega(k-1)$$

$$Z(k) = I_q(k-1)$$

$$\theta(k) = \lambda_{pm} \quad \text{Ecuación (20)}$$

Ecuación (20) es una expresión de la estimación de la constante de fuerza contraelectromotriz del grado actual utilizando el algoritmo RLS.

5 Aquí, la unidad 800 de control puede cargar los datos de un grado previo almacenado en la unidad 600 de almacenamiento o detectados por la unidad 700 de detección, y estimar la constante de fuerza contraelectromotriz del grado actual en función de la resistencia de fase estimada utilizando Ecuación (18) y Ecuación (19).

$$V_d = R_s i_d + L_d \frac{di_q}{dt} - \omega L_q i_q \quad \text{Ecuación (21)}$$

Ecuación 21 es una Ecuación de voltaje del eje d cuando se suministra la corriente de prueba de accionamiento del eje d.

10 En este caso, como la estimación de resistencia de fase, la unidad 800 de control puede estimar la inductancia del eje d utilizando el algoritmo RLS.

$$Y(k) = I_d(k) + I_d(k-1) \quad \text{Ecuación (22)}$$

$$Z(k) = V_d(k) - R_d I_d(k-1) + L_d I_d(k-1) \omega(k-1)$$

$$\theta(k) = \frac{T_s}{L_d}$$

15 Ecuación (22) es una expresión de la estimación de la inductancia del eje d del grado actual utilizando el algoritmo RLS. En Ecuación (22), una diferencia de los tiempos muestreados del grado actual y del grado anterior se puede expresar como T_s .

Aquí, la unidad 800 de control puede cargar los datos del grado anterior almacenados en la unidad 600 de almacenamiento o detectados por la unidad 700 de detección, y estimar la inductancia del eje d del grado actual en función de la resistencia de fase estimada utilizando Ecuación (18) y Ecuación (19).

$$20 \quad v_q = R_s i_q + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega(L_d i_d - \lambda_{pm}) \quad \text{Ecuación (23)}$$

Ecuación (23) es una ecuación de voltaje del eje q cuando se suministra la corriente de prueba de accionamiento del eje q.

En este caso, como la estimación de resistencia de fase, la unidad 800 de control puede estimar la inductancia del eje q utilizando el algoritmo RLS.

$$25 \quad Y(k) = I_q(k) + I_q(k-1) \quad \text{Ecuación (24)}$$

$$Z(k) = V_d(k) - R_d I_d(k-1) - \{L_d I_d(k-1) + \lambda_{pm}\} \omega(k-1)$$

$$\theta(k) = \frac{T_s}{L_q}$$

Ecuación (24) es una expresión de la estimación de la inductancia del eje q del grado actual utilizando el algoritmo RLS. En Ecuación (24), una diferencia de los tiempos muestreados del grado actual y del grado anterior puede expresarse como T_s .

30 En este punto, la unidad 800 de control puede cargar los datos del grado anterior almacenados en la unidad 600 de almacenamiento o detectados por la unidad 700 de detección, y estimar la inductancia del eje q del grado actual en

función de la resistencia de fase, constante de fuerza contraelectromotriz, y la inductancia del eje d estimada utilizando Ecuaciones (18) a (22).

En lo sucesivo, un resultado de los parámetros estimados por la estimación de arranque y la estimación de accionamiento se examinarán con referencia a las figuras 14 a 17.

5 La figura 14 es un gráfico de resistencia de fase estimada y resistencia de fase real, la figura 15 es un gráfico de una constante de fuerza contraelectromotriz estimada y una constante de fuerza contraelectromotriz estimada, la figura 16 es un gráfico de la inductancia estimada del eje d y la inductancia real del eje d, y la figura 17 es un gráfico de la inductancia estimada del eje q y la inductancia real del eje q.

10 Como se muestra en las figuras 14 a 17, aunque la división en al menos cuatro secciones de acuerdo con la velocidad de rotación del motor 100 descrita anteriormente provoca un error en el momento de iniciar la estimación de los parámetros mediante la estimación de arranque y la estimación de accionamiento, se puede reconocer que los parámetros se acercan más a los parámetros reales a medida que se acumulan las estimaciones.

En lo anterior, se han descrito configuraciones y principios de estimación de los parámetros del motor. A continuación, se describirá un orden secuencial de tiempo de estimación de los parámetros con referencia a las figuras 18 a 22.

15 La figura 18 es un diagrama de flujo de un procedimiento para estimar un parámetro en el aparato de accionamiento de motor de acuerdo con una realización.

Primero, la unidad de control controla que el inversor suministre de forma independiente la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q durante un período de tiempo predeterminado (S10).

20 También, basándose en los datos detectados por la unidad de detección o los datos estimados previamente almacenados en la unidad de almacenamiento, la unidad de control estima la resistencia de fase y la fuerza contraelectromotriz en secciones en las que la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q no se suministran (S20).

25 Además, de acuerdo con los datos detectados por la unidad de detección o los datos estimados previamente almacenados en la unidad de almacenamiento, la unidad de control estima la inductancia del eje d en una sección en la que se suministra la corriente de prueba del eje d (S30), y estima la inductancia del eje q en una sección en la que se suministra la corriente de prueba del eje q (S40).

Por último, la unidad de control suministra la corriente de accionamiento de modo que la corriente de accionamiento se convierta en una onda cuadrada compuesta escalonada para facilitar la compensación del tiempo muerto (S50), y compensa el tiempo muerto del inversor en función de la polaridad de la corriente (S60) de accionamiento.

30 La figura 19 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para estimar un parámetro en el aparato de accionamiento de motor de acuerdo con otra realización.

En primer lugar, la unidad de control estima la resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q de acuerdo con la primera estimación (S100) de arranque. Esto se describirá en detalle con referencia a la figura 20.

35 Además, la unidad de control calcula la constante de fuerza contraelectromotriz por la segunda estimación (S200) de arranque, y realiza la operación de accionamiento del motor utilizando un parámetro estimado por la estimación de arranque y un parámetro (S300) previamente almacenado. Esto se describirá en detalle con referencia a la figura 21.

40 Finalmente, la unidad de control estima el parámetro mientras considera la compensación del tiempo muerto cuando el par del motor es igual o menor que el par (S400) de accionamiento establecido previamente, y estima el parámetro sin considerar la compensación del tiempo muerto cuando el par del motor supera el par (S405) de accionamiento predeterminado. Esto se describirá en detalle con referencia a la figura 22.

La figura 20 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para estimar un parámetro en un aparato de accionamiento de motor de acuerdo con una primera realización.

45 En primer lugar, la unidad de control suministra el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje d y el voltaje de prueba de alta frecuencia del eje q para generar dos ecuaciones de voltaje relacionadas con el voltaje del eje d y el voltaje del eje q (S110) y calcula la inductancia del eje d, la inductancia del eje q y la resistencia de fase preliminar utilizando las dos ecuaciones (S120) de voltaje generadas.

50 Además, la unidad de control configura el controlador de corriente utilizando la resistencia de fase preliminar estimada, la inductancia del eje d y la inductancia (S130) del eje q, para formar la primera corriente de prueba de CC del eje d y la segunda potencia de prueba CC del eje d. Además, la unidad de control suministra la primera corriente de prueba de CC del eje d y la segunda corriente de prueba de CC del eje d para generar dos ecuaciones (S140) de voltaje.

Además, la unidad de control simplifica las dos ecuaciones de voltaje generadas para estimar la resistencia (S150) de fase al eliminar $V_{desfase}$, que es un parámetro relacionado con la no linealidad del inversor de las ecuaciones de voltaje generadas.

5 Además, la unidad de control estima la constante de fuerza contraelectromotriz por la segunda estimación (S200) de arranque, y realiza la operación de accionamiento del motor utilizando el parámetro estimado por la estimación de arranque y el parámetro (S300) previamente almacenado. Por último, la unidad de control estima el parámetro mientras considera la compensación del tiempo muerto cuando el par del motor es igual o menor que el par (S400) de accionamiento establecido previamente, y estima el parámetro sin considerar la compensación del tiempo muerto cuando el par del motor excede el par (S405) de accionamiento establecido previamente.

10 La figura 21 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para estimar un parámetro en un aparato de accionamiento de motor de acuerdo con una segunda realización.

Primero, la unidad de control estima la resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q de acuerdo con la primera estimación (S100) de arranque.

15 Además, la unidad de control controla que la corriente del eje d sea cero y que la corriente del eje q proporcione un valor de corriente establecido previamente para controlar el par de manera que la velocidad de rotación del motor se mantenga en la velocidad (S210) de inicio establecida previamente.

20 Además, la unidad de control calcula la constante de fuerza contraelectromotriz calculando el flujo magnético del eje d y el flujo magnético del eje q en un marco de descanso, que es un flujo magnético cuando el motor está en un estado (S220) de rotación, y la unidad de control configura el controlador de velocidad utilizando la constante de fuerza electromotriz estimada y la inercia del motor almacenada previamente y el número de polos del motor (S310). Además, la unidad de control configura el controlador de corriente utilizando la resistencia de fase estimada, la inductancia del eje d y la inductancia (S320) del eje q.

25 Por último, la unidad de control estima el parámetro mientras considera la compensación del tiempo muerto cuando el par del motor es igual o menor que el par (S400) de accionamiento establecido previamente, y estima el parámetro sin considerar la compensación del tiempo muerto cuando el par del motor supera el par (S405) de accionamiento predeterminado.

La figura 22 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para estimar un parámetro en un aparato de accionamiento de motor de acuerdo con una tercera realización

30 En primer lugar, la unidad de control estima la resistencia de fase, la inductancia del eje d y la inductancia del eje q de acuerdo con la primera estimación (S100) de arranque. Además, la unidad de control calcula la constante de fuerza contraelectromotriz por la segunda estimación (S200) de arranque, y realiza la operación de accionamiento del motor utilizando un parámetro estimado por la estimación de arranque y un parámetro (S300) previamente almacenado.

La unidad de control controla al inversor para que suministre de forma independiente la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q durante un período de tiempo predeterminado (S410).

35 Además, basándose en los datos detectados por la unidad de detección o los datos estimados previamente almacenados en la unidad de almacenamiento, la unidad de control estima la resistencia de fase y la constante de fuerza contraelectromotriz en secciones en las que la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q no se suministra (S420).

40 Además, basándose en los datos detectados por la unidad de detección o los datos estimados previamente almacenados en la unidad de almacenamiento, la unidad de control estima la inductancia del eje d en la sección en la que se suministra la corriente de prueba del eje d (S430) y estima la inductancia del eje q en la sección en la que se suministra la corriente de prueba del eje q (S440).

Además, la unidad de detección detecta el par del motor (S450) y transmite el par detectado a la unidad de control, y la unidad de control determina si el par detectado es menor que el par de accionamiento predeterminado (S460).

45 Cuando el par detectado no es menor que el par de activación predeterminado, la estimación del parámetro del grado actual finaliza sin considerar la compensación del tiempo muerto.

50 Sin embargo, cuando el par detectado es más pequeño que el par de activación establecido previamente, la unidad de control suministra la corriente de accionamiento de manera que la corriente de accionamiento se convierta en una onda cuadrada compuesta escalonada para facilitar la compensación (S470) del tiempo muerto, y compensa el tiempo muerto del inversor en función de la polaridad de la corriente (S480) de accionamiento.

De acuerdo con el aparato de accionamiento de motor mencionado anteriormente y el procedimiento de control del mismo, la precisión de la estimación de parámetros puede mejorarse reduciendo un error entre un voltaje de activación y un voltaje de comando utilizando una no linealidad de un inversor.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (1) de accionamiento de motor que comprende:
 - un motor (100) que tiene un rotor (200) que incluye un imán (280) permanente y un estator;
 - un inversor (450) configurado para suministrar una potencia de accionamiento al motor (100); **caracterizado por**
 - una unidad (800) de control configurada para suministrar una corriente de prueba del eje d (id) y una corriente de prueba del eje q (iq) durante un tiempo predeterminado y para estimar un parámetro del motor (100) basado en una corriente del eje d y una corriente del eje q de un tiempo cuando la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q son suministrados y un tiempo en el que la corriente de prueba del eje d y la corriente de prueba del eje q no se suministran y configurado para compensar un tiempo muerto del inversor (450) basado en la polaridad de una corriente de accionamiento (Iabc) provocando que el inversor (450) suministre una onda cuadrada compuesta escalonada como una corriente de accionamiento (Iabc) al motor (100).
2. El aparato (1) de accionamiento del motor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad (800) de control controla el inversor (450) de modo que la corriente de accionamiento (Iabc) se convierte en una onda cuadrada compuesta escalonada debido a una corriente de comando (Id*) en una forma de onda de diente de sierra.
3. El aparato (1) de accionamiento del motor de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la unidad (800) de control genera la corriente de comando (Id*) en la forma de onda de diente de sierra basándose en una posición del rotor (200).
4. El aparato (1) de accionamiento del motor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad (800) de control controla el inversor (450) de manera que los tiempos en los que la corriente de prueba del eje d (id) y la corriente de prueba del eje q (iq) son suministrados no se superponen.
5. El aparato (1) de accionamiento del motor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los parámetros estimados en la unidad (800) de control son una resistencia de fase, una constante de fuerza contraelectromotriz, una inductancia del eje d y una inductancia del eje q.
6. El aparato (1) de accionamiento del motor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad (800) de control no controla el inversor (450) de manera que la corriente de accionamiento (Iabc) se convierte en una onda cuadrada compuesta escalonada cuando un par del rotor (200) es igual o mayor que un par de accionamiento establecido previamente.
7. El aparato (1) de accionamiento del motor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad (800) de control estima los parámetros utilizando una estimación de arranque cuando el rotor (200) está parado.
8. El aparato (1) de accionamiento del motor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad (800) de control estima un parámetro utilizando una estimación de arranque cuando la velocidad de rotación del rotor (200) es menor que una velocidad de arranque predeterminada, configurada para estimar el parámetro utilizando una estimación de accionamiento con una compensación de tiempo muerto cuando la velocidad de rotación del rotor (200) es igual o mayor que la velocidad de arranque establecida previamente y un par del rotor (200) es igual o menor que un par de accionamiento predeterminado, y está configurado para estimar el parámetro utilizando la estimación de accionamiento sin la compensación del tiempo muerto cuando la velocidad de rotación del rotor (200) es igual o mayor que la velocidad de arranque establecida previamente y el par del rotor (200) excede el par de accionamiento predeterminado.
9. Un procedimiento de control de un aparato (1) de accionamiento de motor, el procedimiento **se caracteriza por** suministrar una corriente de prueba del eje d (id) y una corriente de prueba del eje q (iq) durante un período de tiempo predeterminado;
 - estimar un parámetro de un motor (100) del aparato (1) de accionamiento de motor basado en una corriente del eje d y una corriente del eje q de un tiempo en el que la corriente de prueba del eje d (id) y la corriente de prueba del eje q (iq) se suministran y un tiempo en el que no se suministran la corriente de prueba del eje d (id) y la corriente de prueba del eje q (iq);
 - compensar durante un tiempo muerto de un inversor (450) del aparato (1) de accionamiento del motor al suministrar una onda cuadrada compuesta escalonada como una corriente de accionamiento (Iabc) al motor (100); y
 - compensar un tiempo muerto basado en una polaridad de la corriente de accionamiento (Iabc).

10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la onda cuadrada compuesta escalonada se genera como la corriente de accionamiento (i_{abc}) debido a una corriente de comando (i_d^*) de una forma de onda de diente de sierra.
- 5 11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la corriente de comando (i_d^*) de la forma de onda de diente de sierra se genera basándose en la posición de un rotor (200).
12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la corriente de prueba del eje d (i_d) y la corriente de prueba del eje q (i_q) se suministran de manera que los tiempos de suministro de la misma no se superponen.
13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los parámetros estimados son una resistencia de fase, una constante de fuerza contraelectromotriz, una inductancia del eje d y una inductancia del eje q.
- 10 14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además suministrar la onda cuadrada compuesta escalonada como la corriente de accionamiento (i_{abc}) y detener la compensación durante un tiempo muerto cuando un par del rotor (200) es igual o mayor que un par de accionamiento establecido previamente.
15. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además estimar los parámetros usando una estimación de arranque cuando el rotor (200) está parado.

15

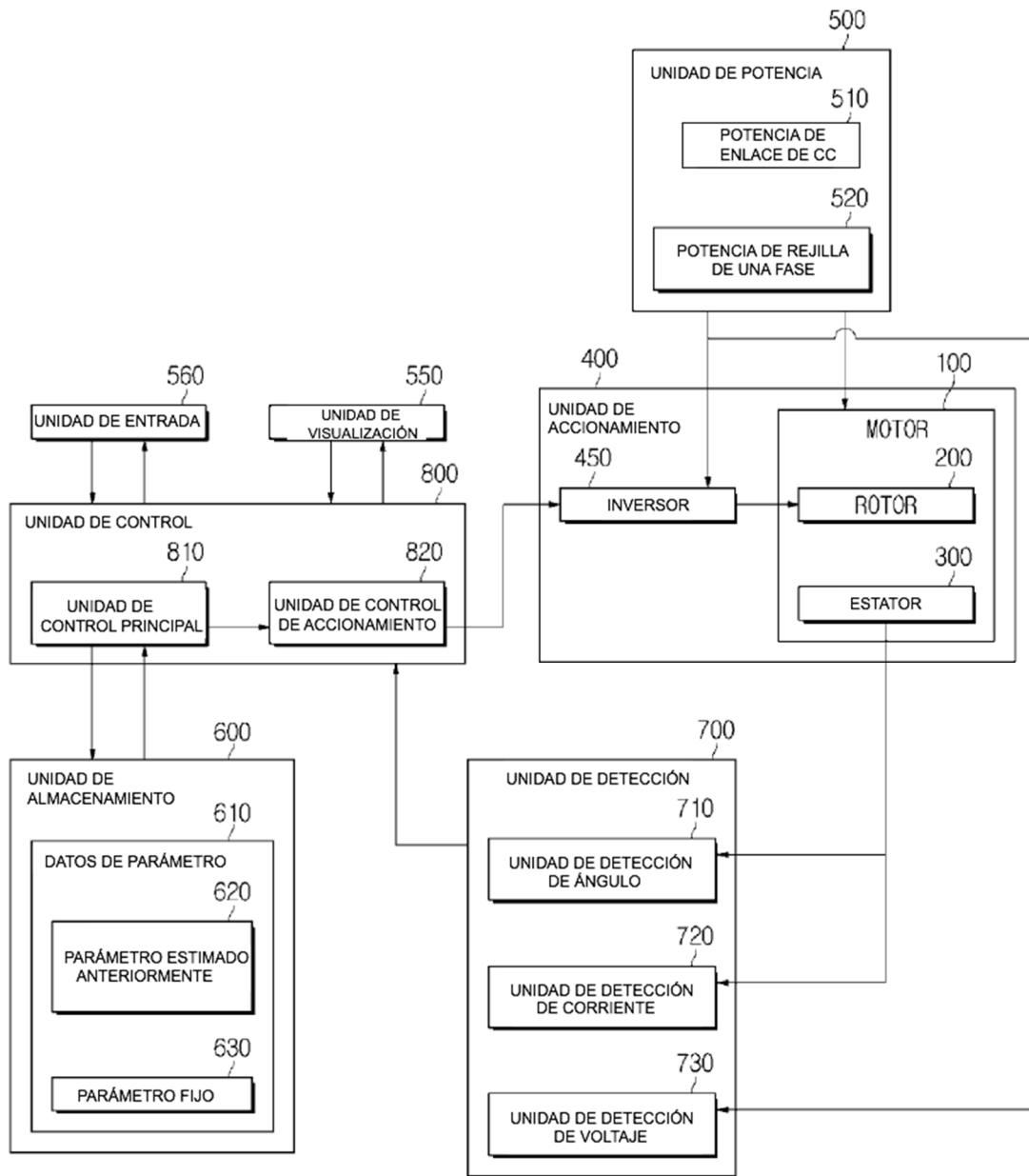


FIG. 1

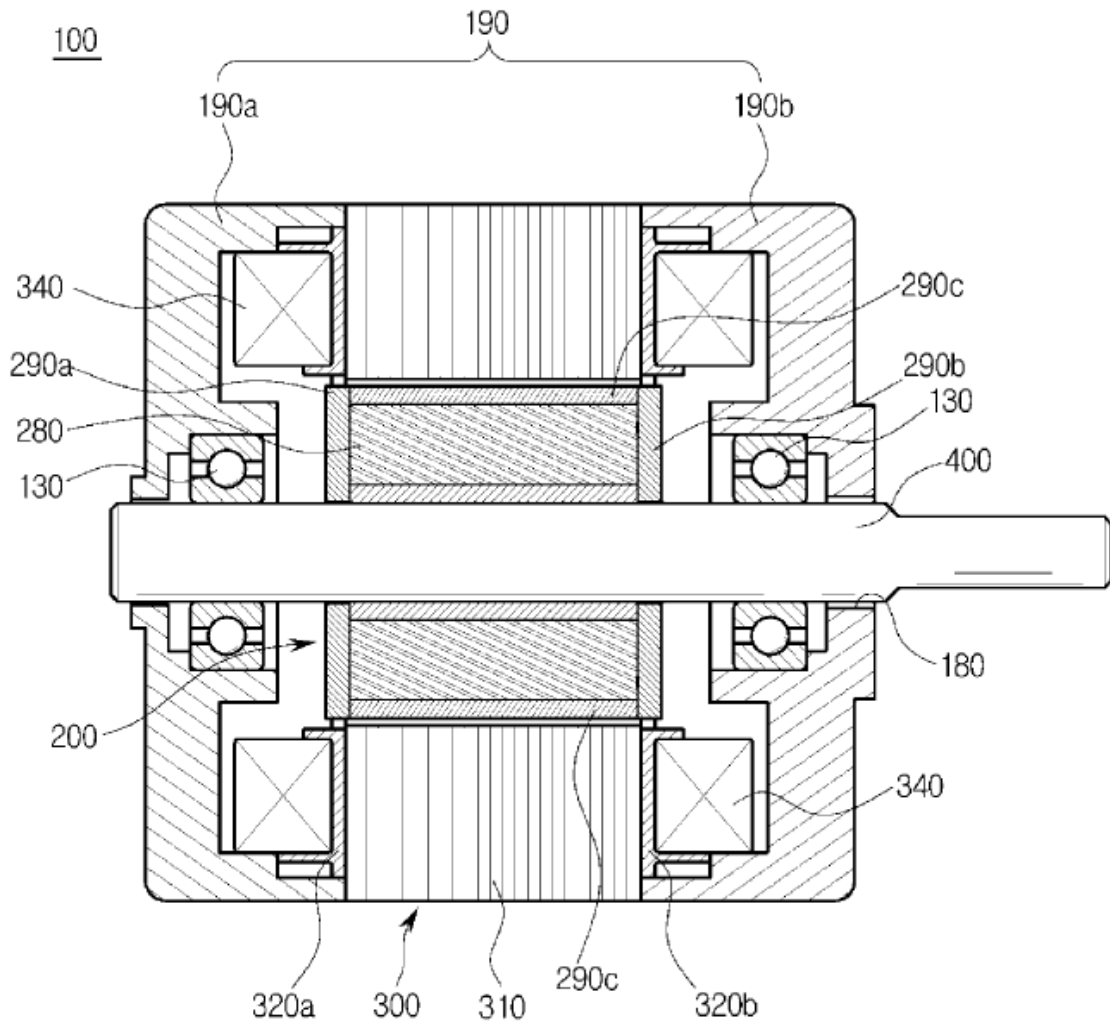


FIG.2

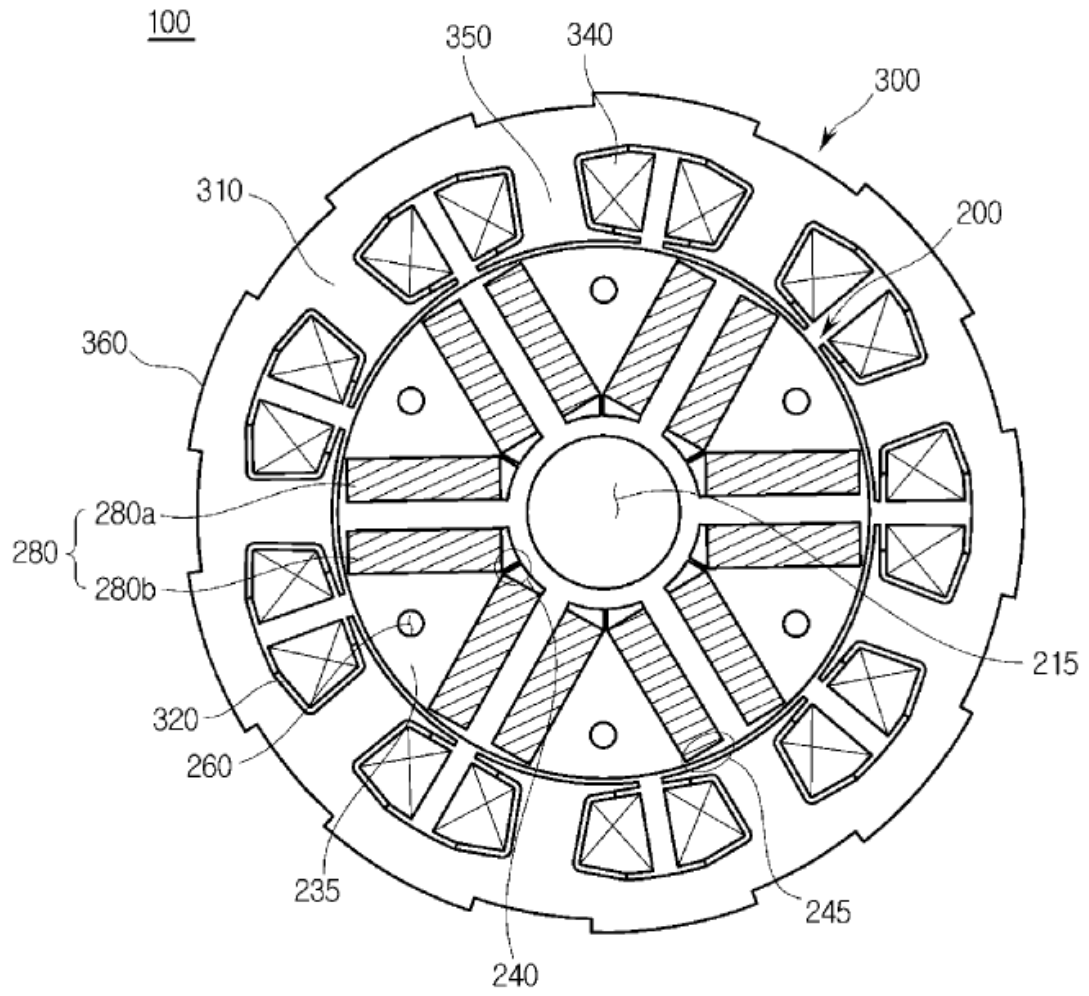


FIG. 3

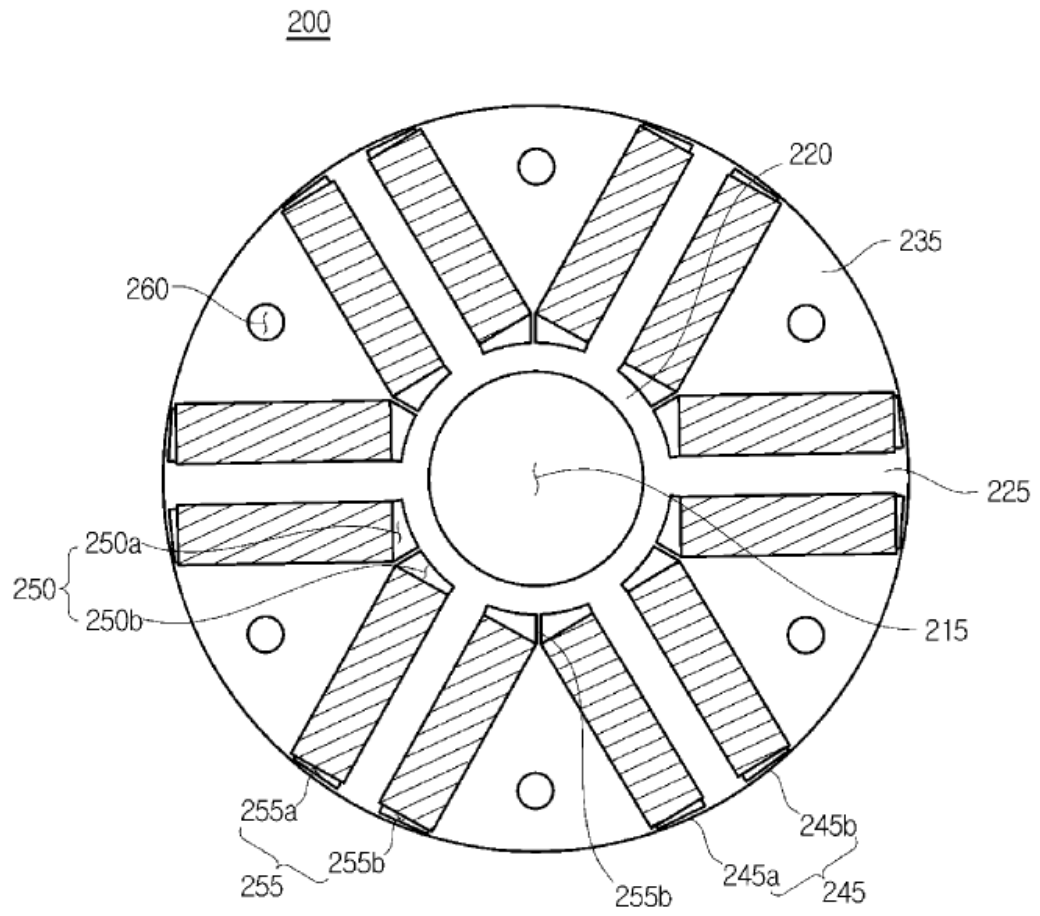


FIG. 4

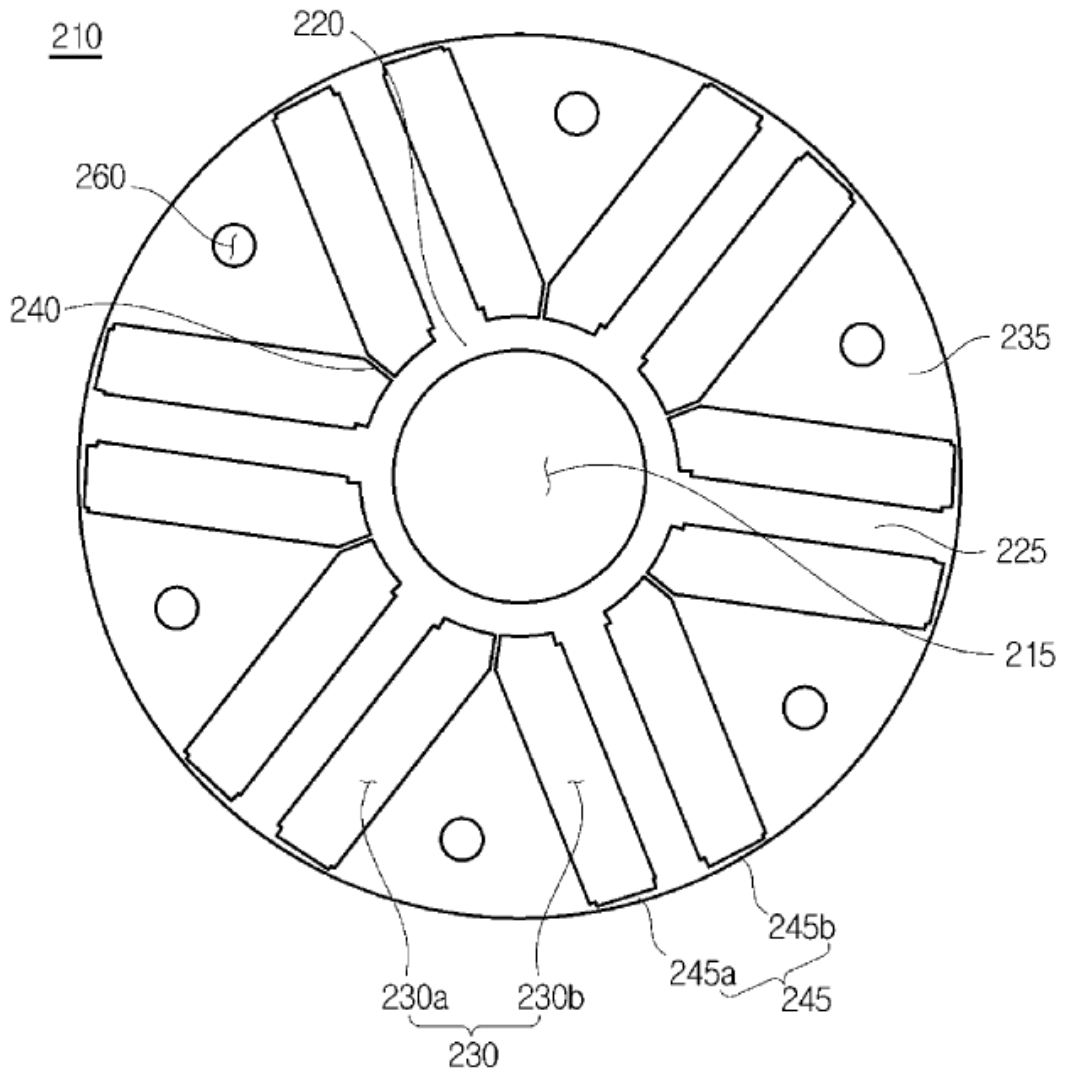


FIG. 5

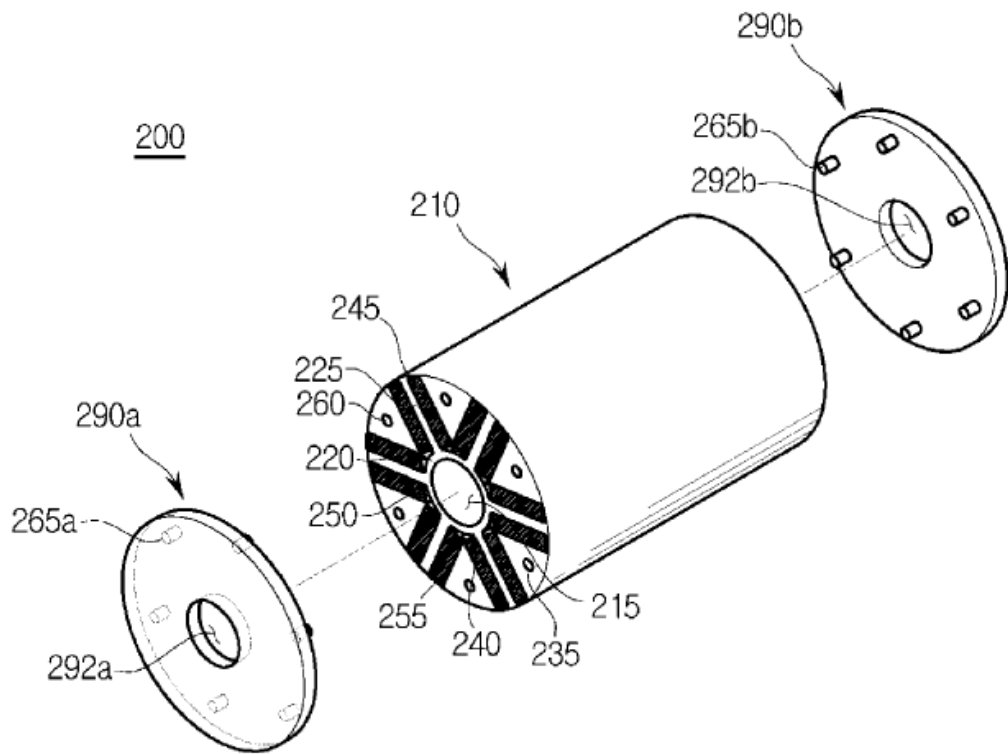


FIG.6

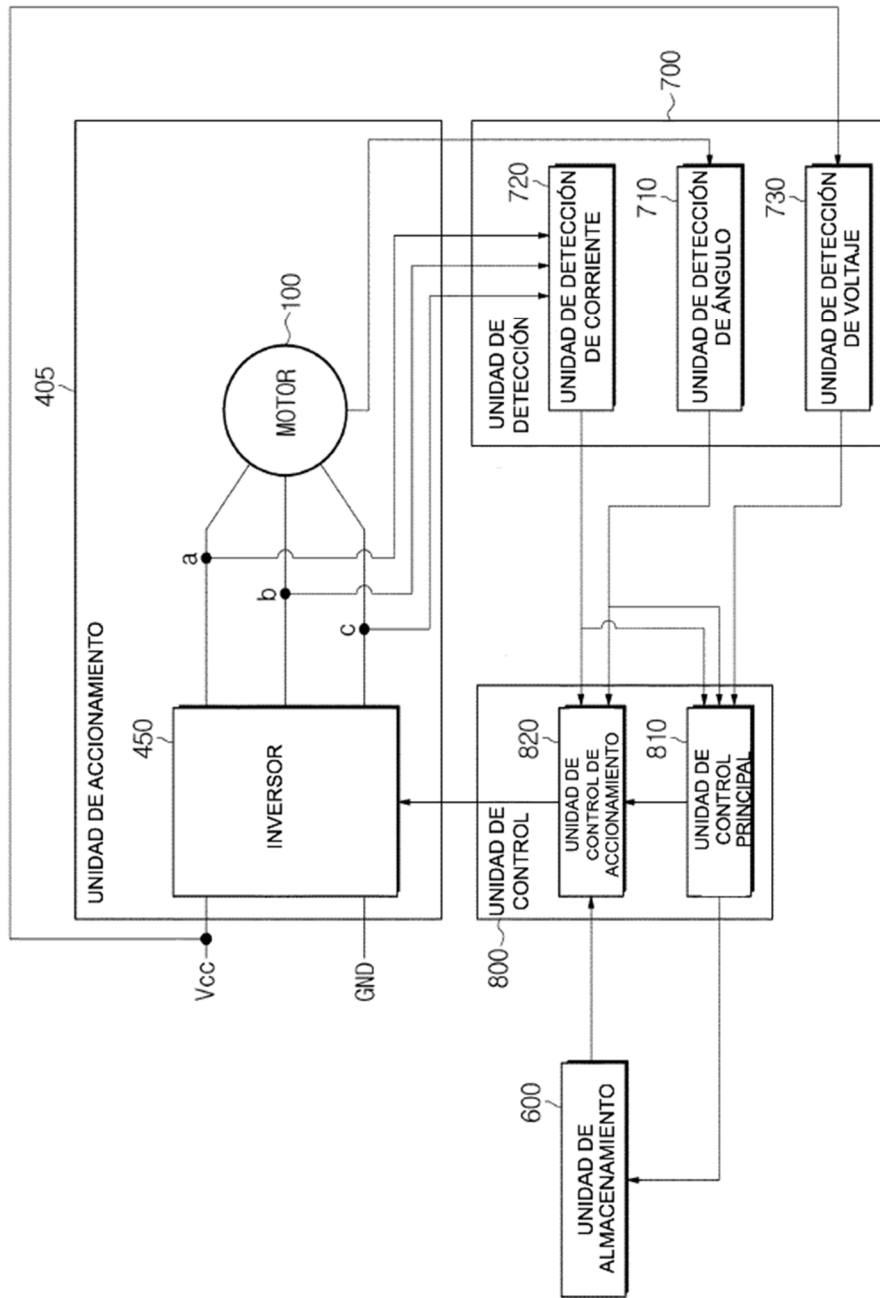


FIG. 7

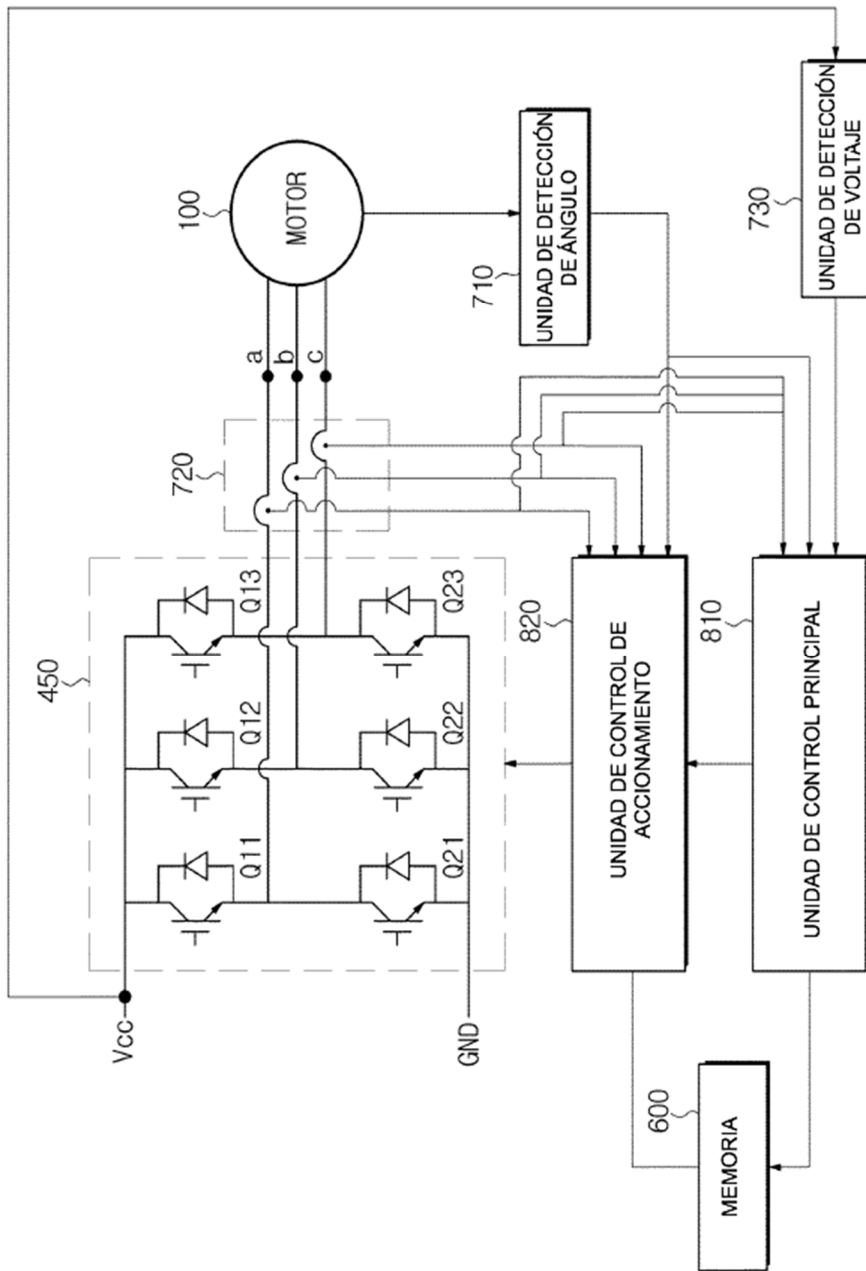


FIG. 8

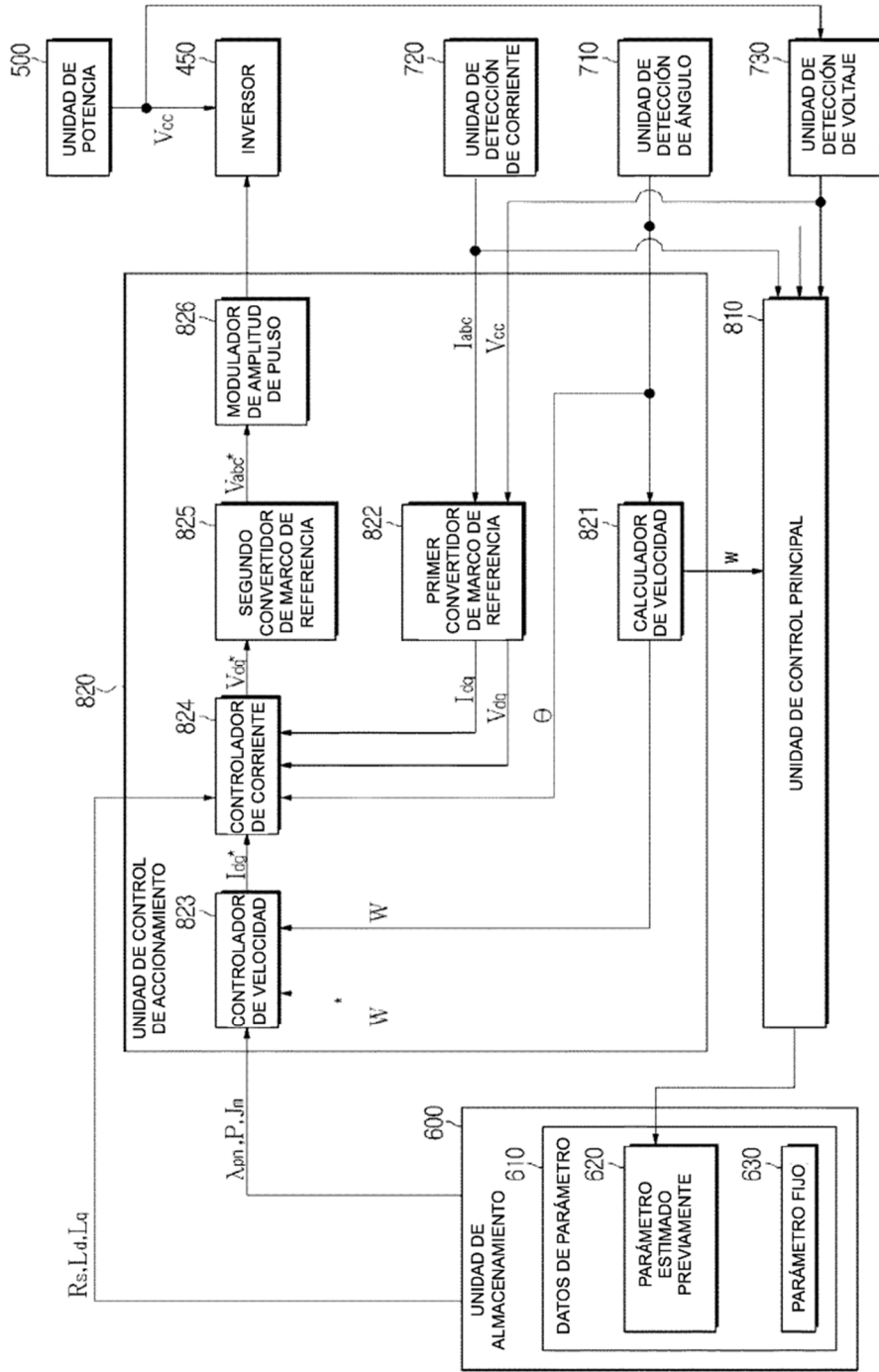


FIG. 9

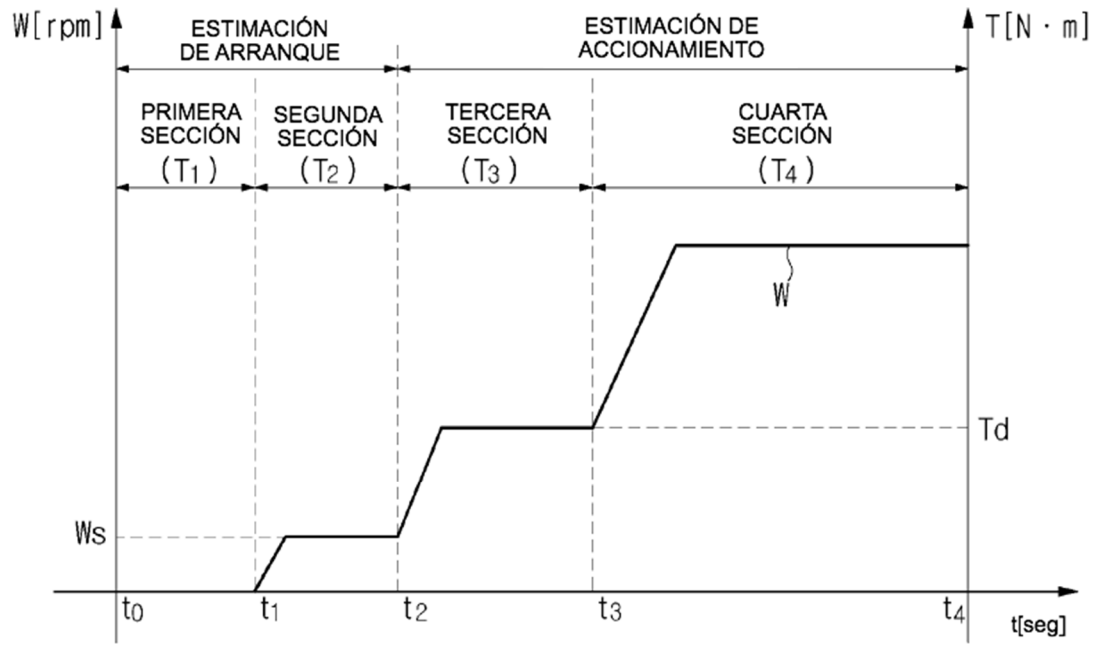


FIG.10

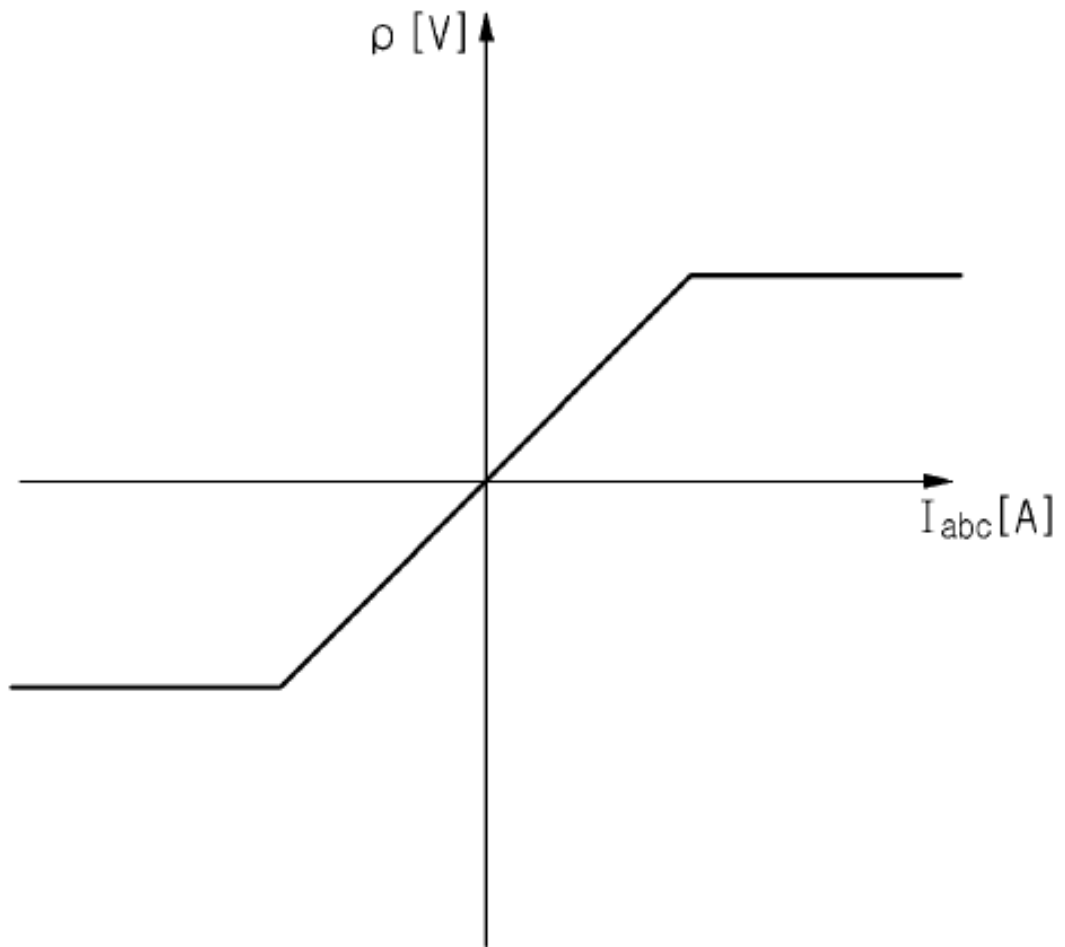


FIG.11

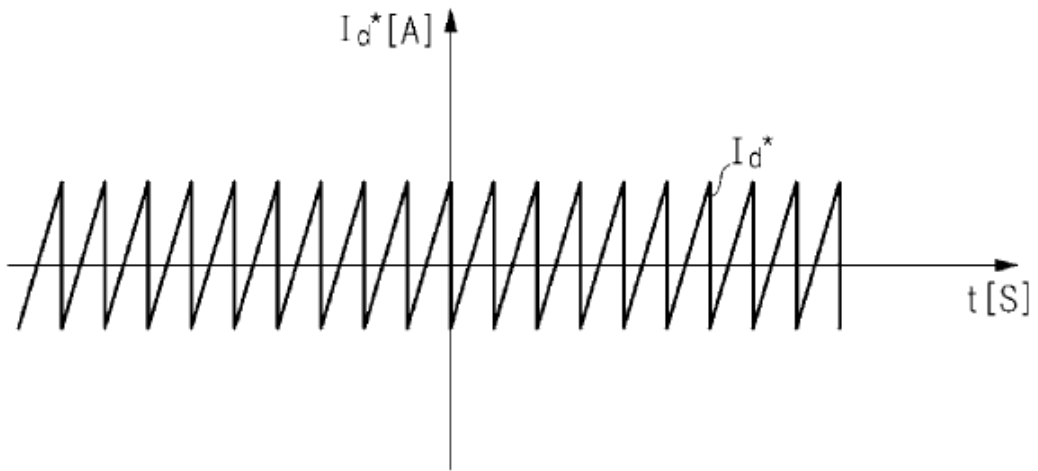


FIG.12A

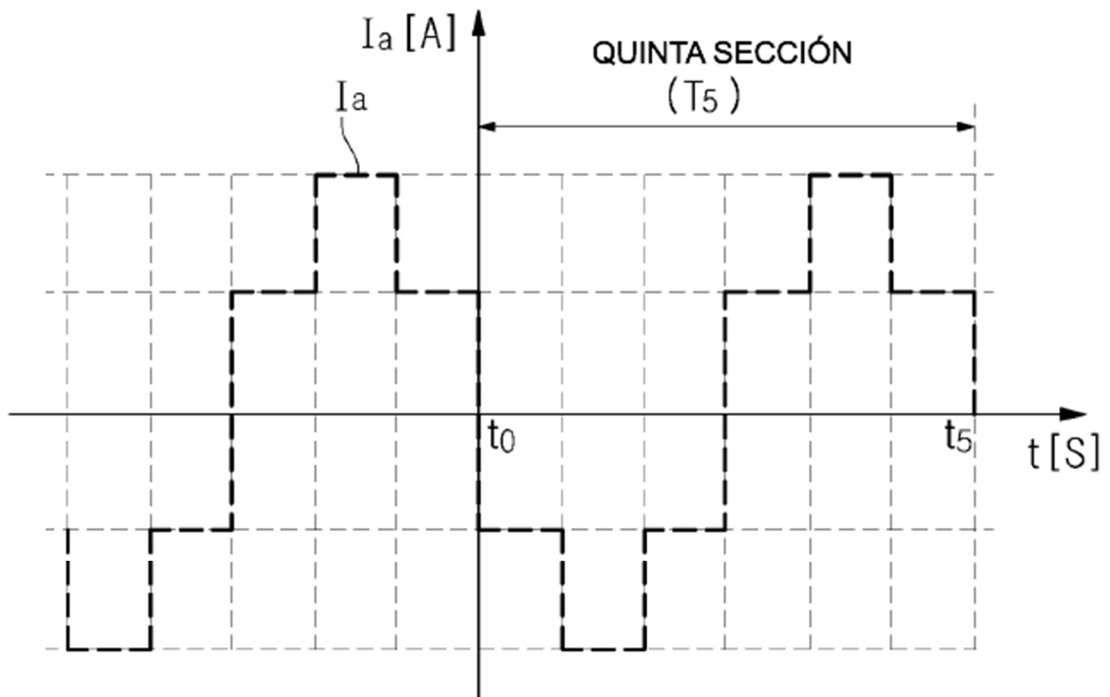


FIG.12B

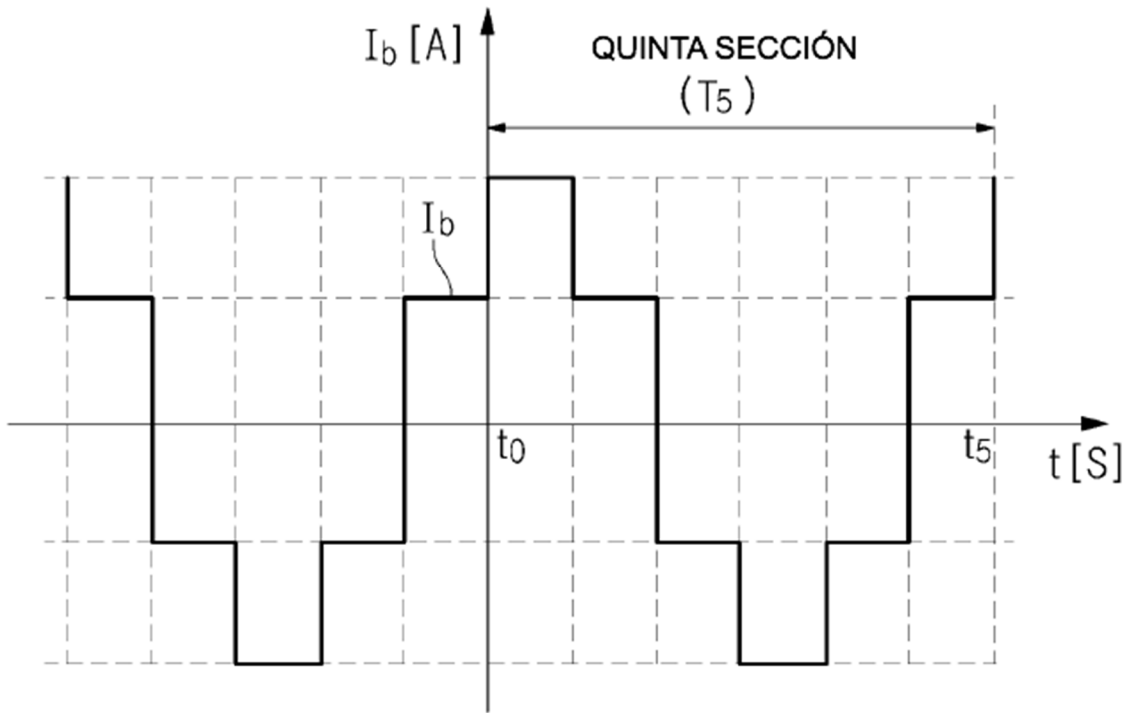


FIG.12C

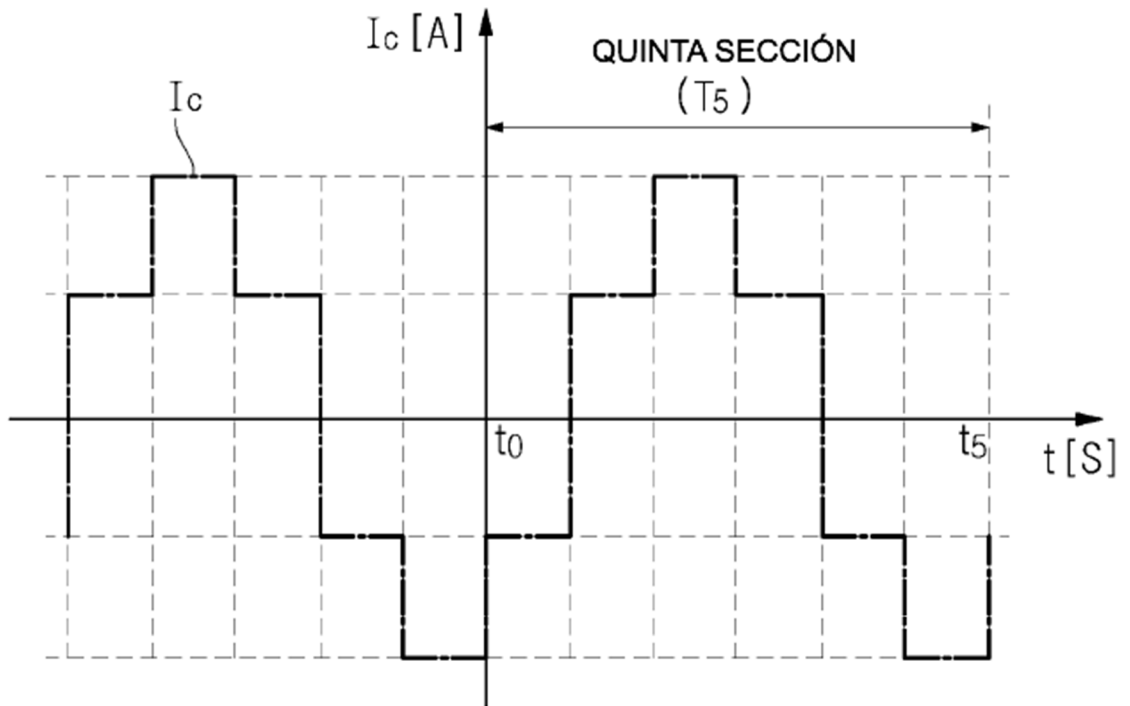


FIG.12D

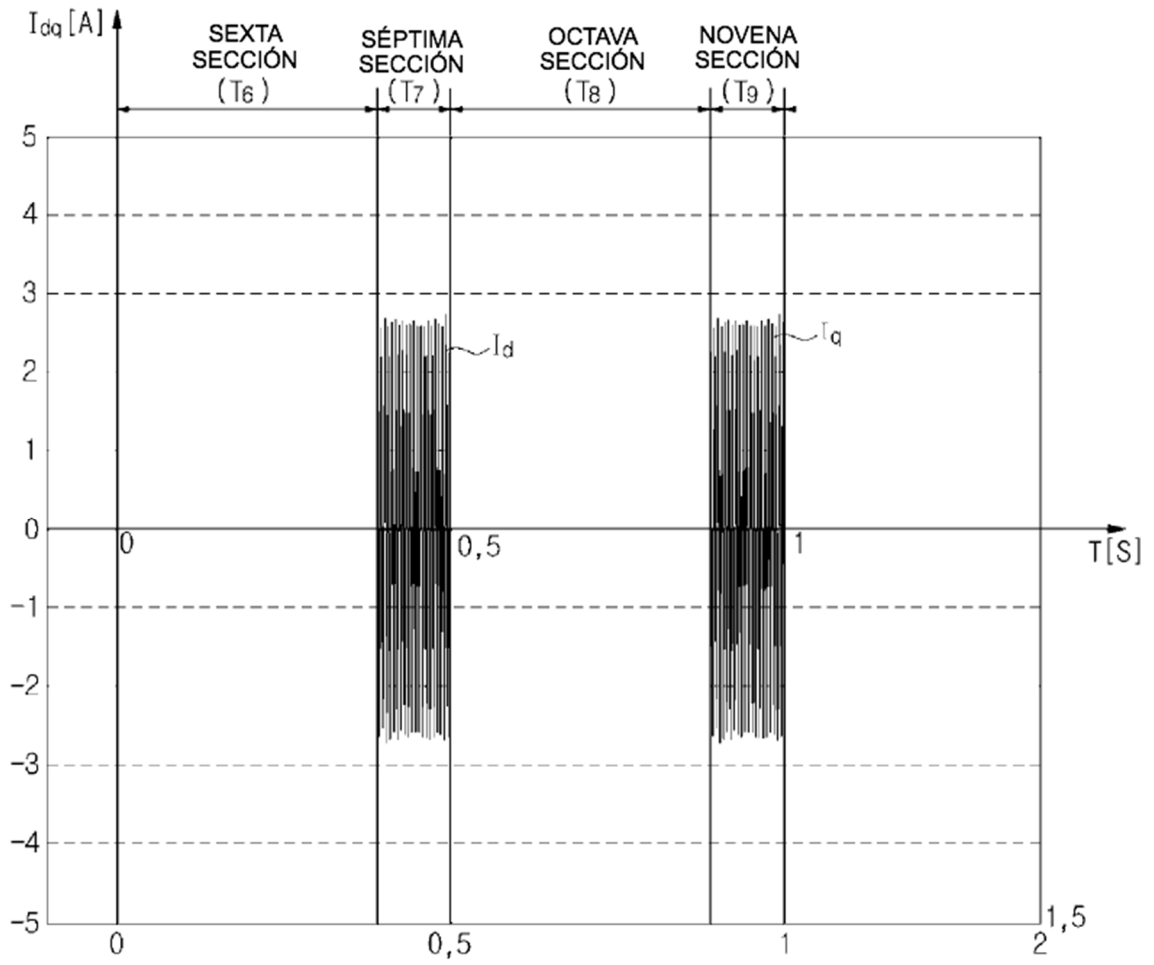
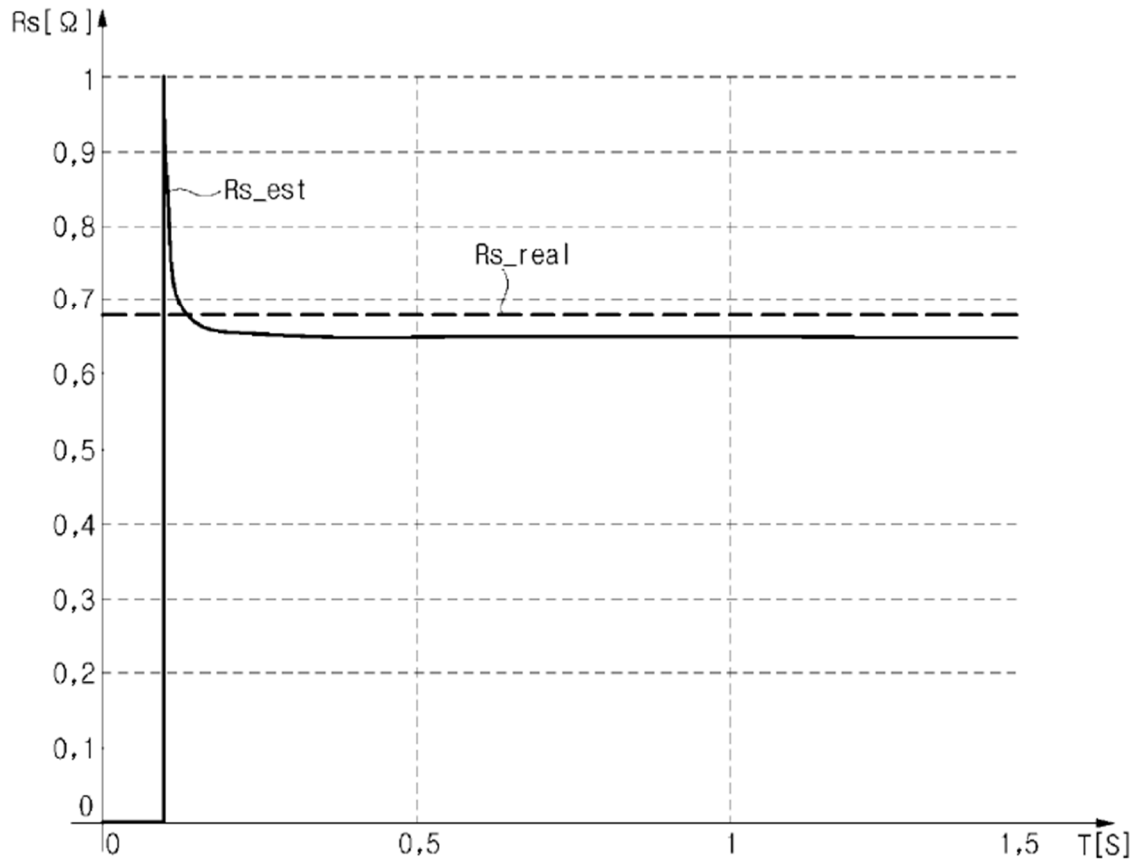


FIG.13

**FIG.14**

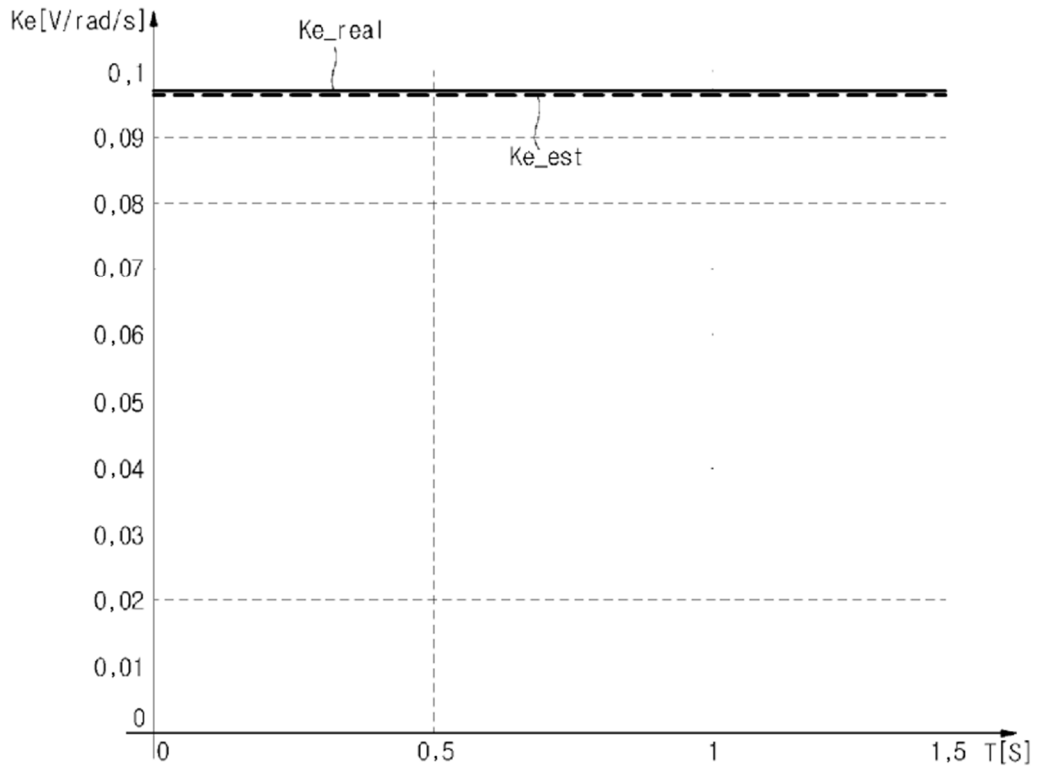


FIG.15

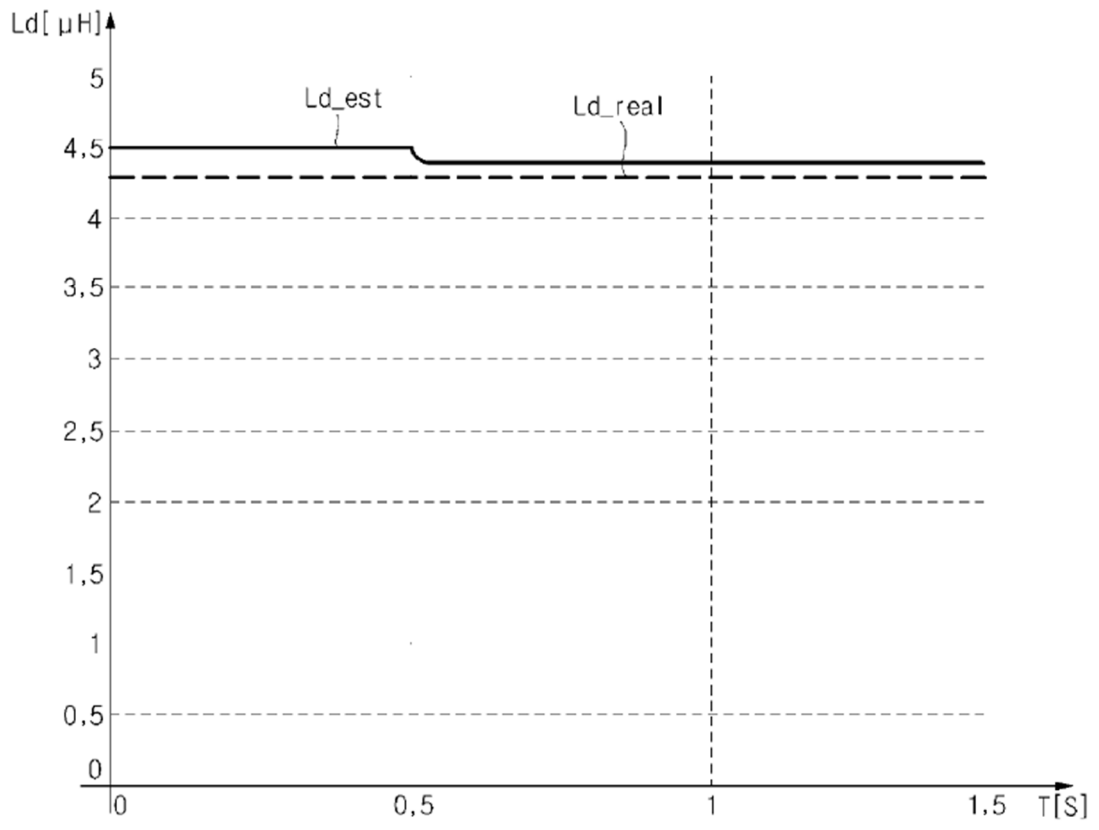


FIG.16

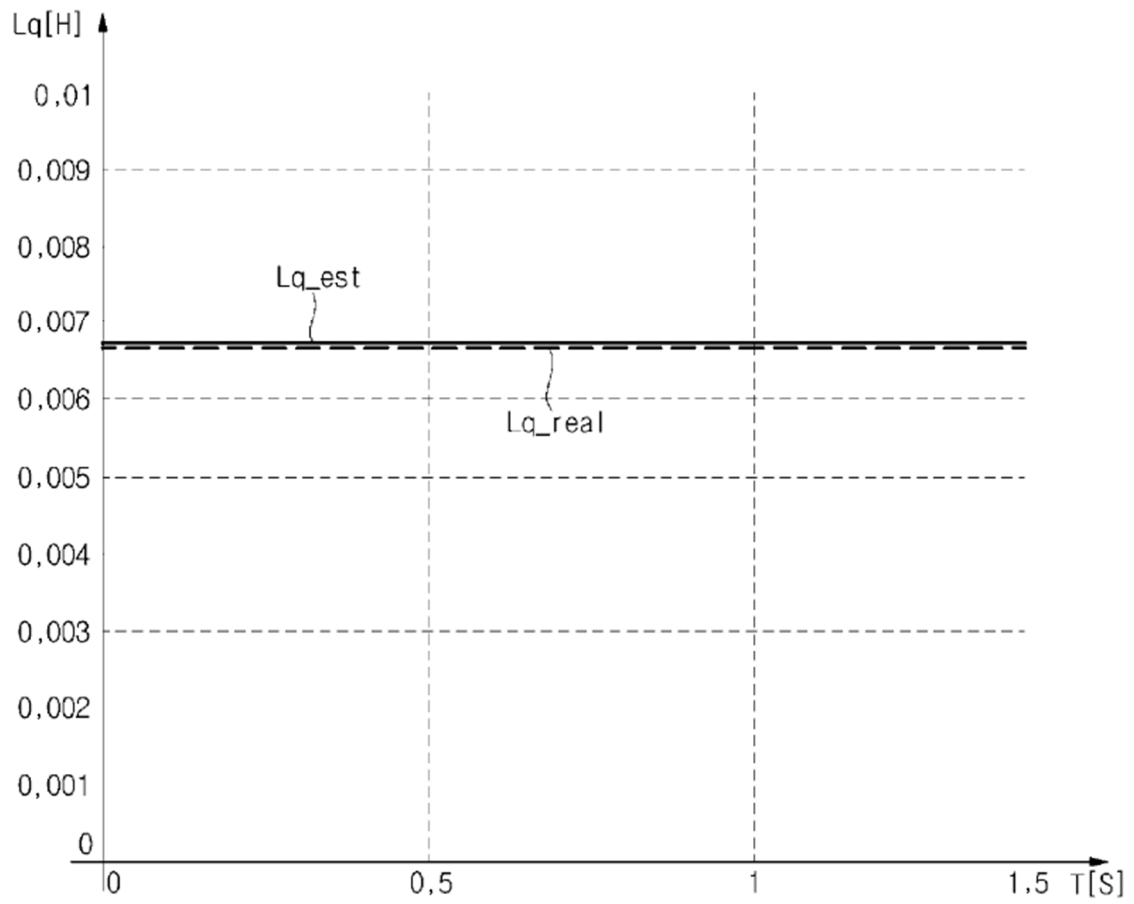


FIG.17

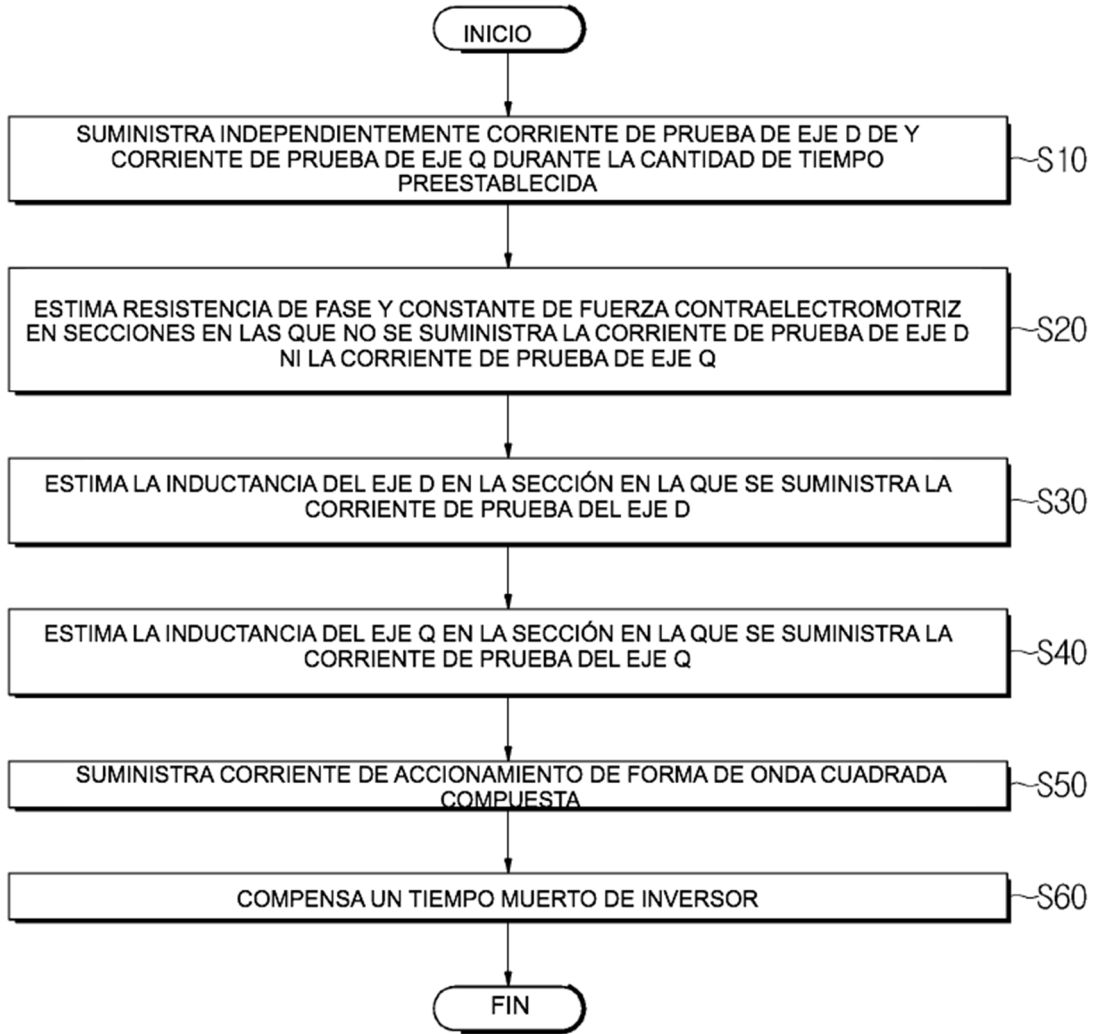


FIG. 18

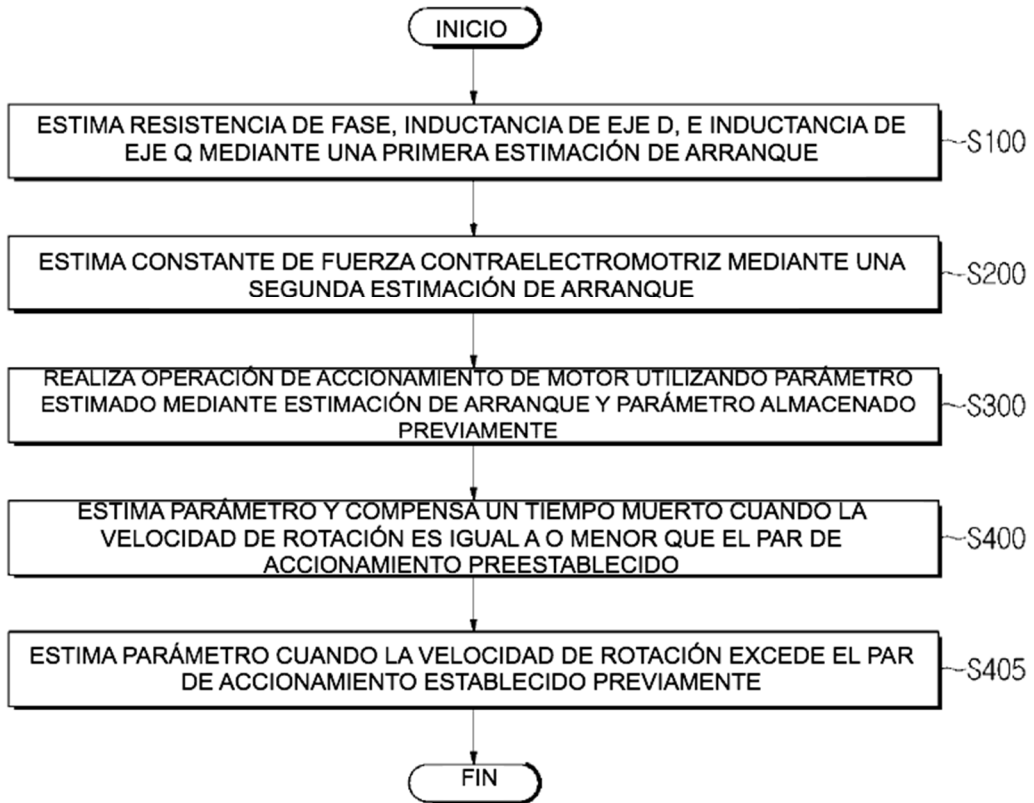


FIG.19

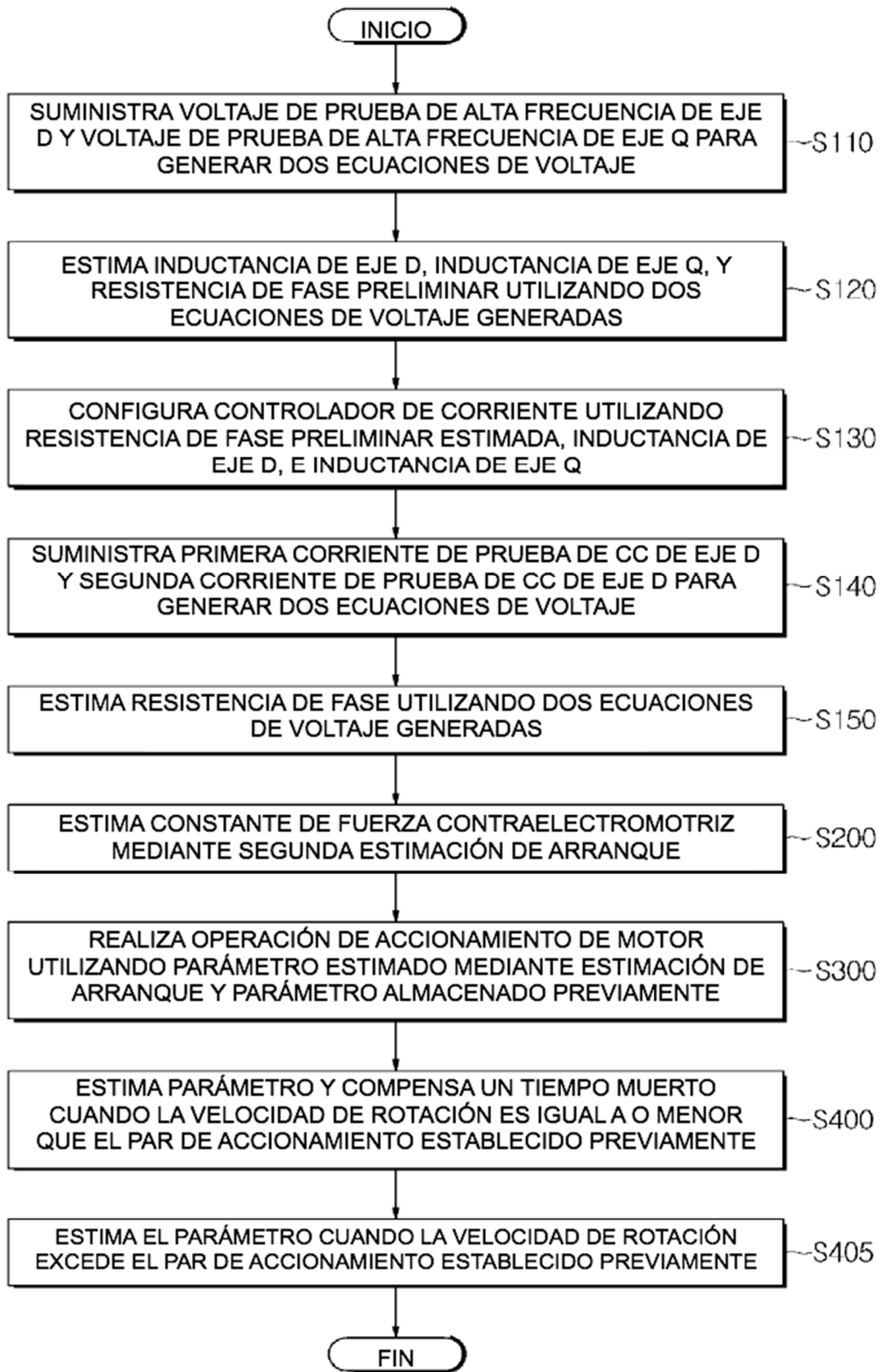


FIG.20

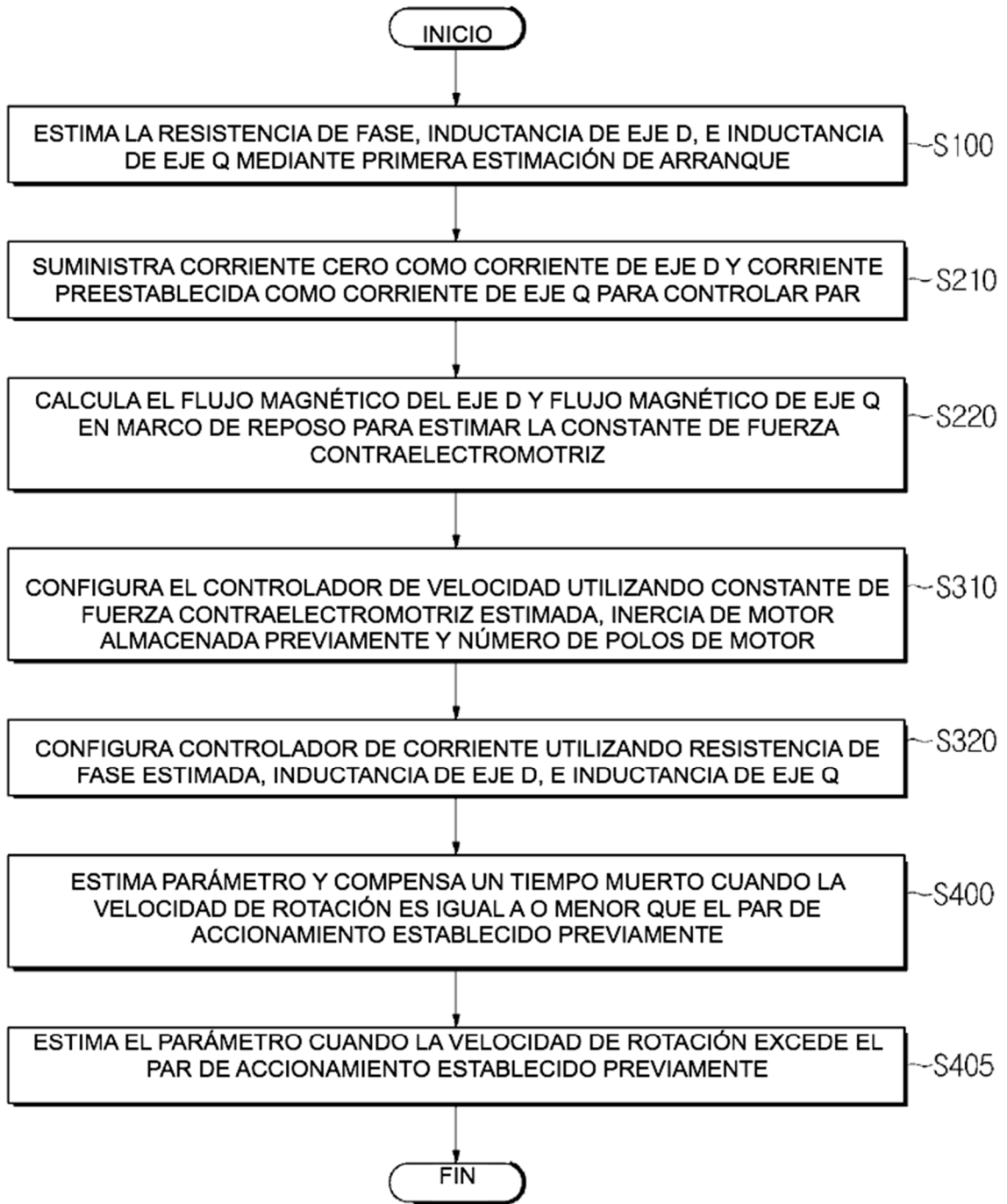


FIG.21

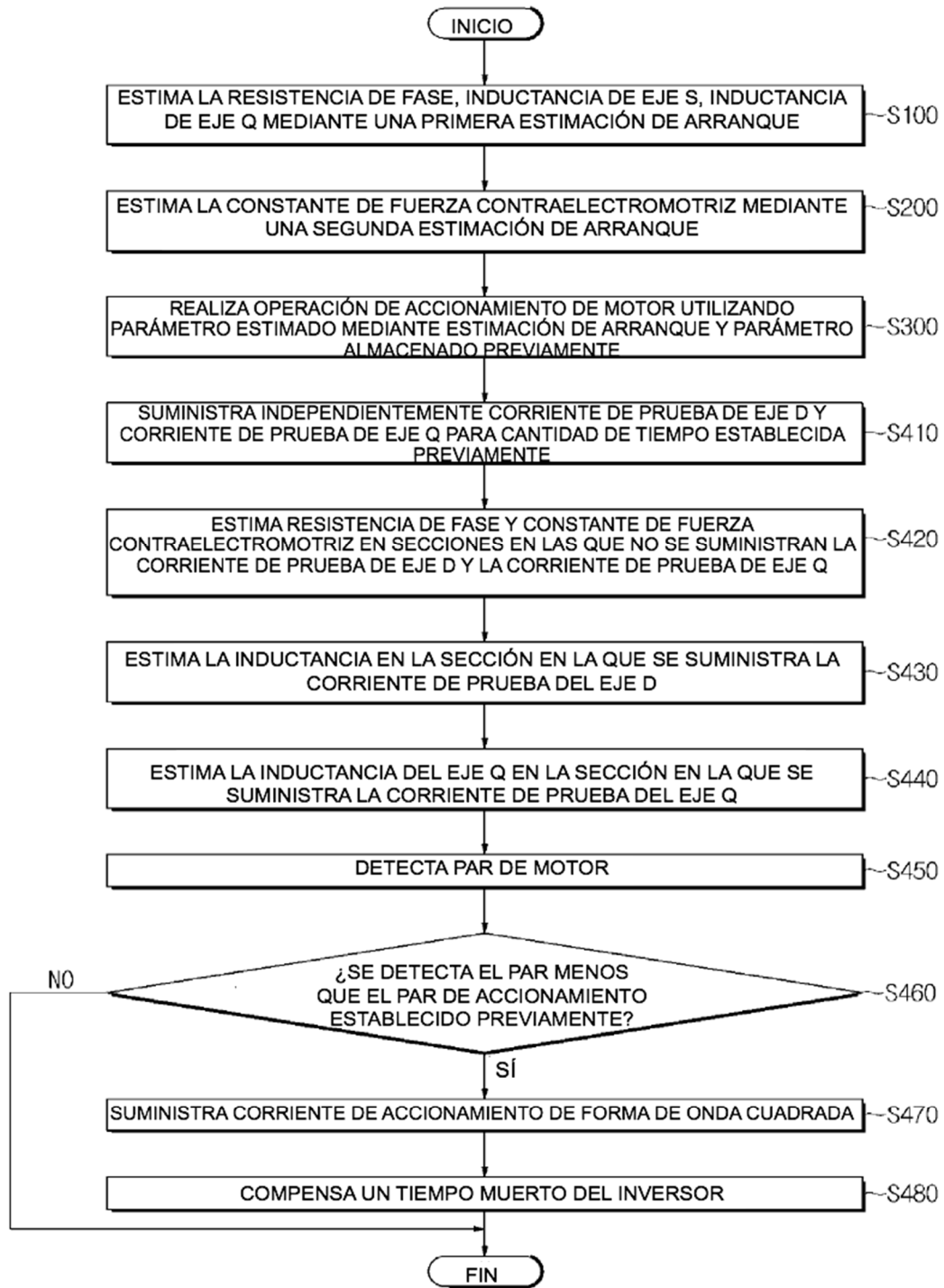


FIG.22