

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 697 424**

51 Int. Cl.:

**H02P 21/14** (2006.01)

**H02P 6/18** (2006.01)

**H02P 21/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2015 E 15163779 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 2940859**

54 Título: **Módulo de estimación de ángulo de rotación para el control vectorial sin sensor del PMSM**

30 Prioridad:

**29.04.2014 KR 20140051180**

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

**23.01.2019**

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)  
127 LS-ro, Dongan-gu  
Anyang-si, Gyeonggi-do 431-080, KR**

72 Inventor/es:

**KIM, KWANG WOON**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

**ES 2 697 424 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

Módulo de estimación de ángulo de rotación para el control vectorial sin sensor del PMSM

5 **ANTECEDENTES**

[0001] La presente divulgación se refiere a un sistema de control vectorial sin sensor de un motor síncrono de imán permanente (PMSM), y más particularmente a un módulo de estimación de ángulo de rotación para el control vectorial sin sensor de un PMSM.

10 [0002] En general, se requiere información sobre la velocidad y la ubicación de un sensor para accionar por control y controlar un motor síncrono, y se usa un sensor de ubicación independiente, tal como un codificador o resolutor, para detectar la ubicación.

15 [0003] Sin embargo, como un procedimiento para detectar la velocidad y la ubicación, al usar un sensor tiene limitaciones en la complejidad del hardware, en un coste alto, en baja confiabilidad y en ruido eléctrico, es insuficiente en economía y tecnología.

20 [0004] Como se han propuesto diversos tipos de procedimientos de control vectorial sin sensor con el fin de resolver dichas limitaciones, un procedimiento de control sin sensor puede estimar información sobre la velocidad y la ubicación del rotor sin instalar un sensor de ubicación independiente.

25 [0005] Procedimientos típicos de control vectorial sin sensor de un PMSM incluyen un procedimiento para usar fuerza contraelectromotriz, un procedimiento para usar un modelo de voltaje, un procedimiento para usar un controlador de referencia modelo, un procedimiento para usar un módulo de estimación de estado, un filtro de Kalman, un control no lineal y un control intelectual, pero, puesto que necesitan una cantidad significativa de cálculo y se produce un error de estimación en una región de baja velocidad, hubo una limitación en que realmente no son fáciles de usar.

30 [0006] Por tanto, existe un procedimiento de control vectorial sin sensor de un PMSM que puede disminuir drásticamente la cantidad de cálculo y minimizar la estimación de error.

35 [0007] Las patentes coreanas Nos. 1025640 y 0845110, publicación de patente coreana abierta a consulta No. 2010-0058905, etc. se encuentran como técnicas relacionadas con un control vectorial sin sensor de un motor, pero no están relacionadas con el procedimiento de control del PMSM y de poca importancia para la presente invención que pretende reducir la cantidad de cálculo y aumentar la precisión.

40 [0008] El documento US 2013/093370 A1 divulga un aparato de estimación de parámetros para un sistema de conducción de motor síncrono de imán permanente, estimando el aparato una inductancia y un enlace de flujo de imán de un imán permanente a través de una estimación de flujo magnético en tiempo real, por el que se puede mejorar un rendimiento operativo del PMSM.

45 [0009] La publicación de solicitud de patente US2008001571 describe un control vectorial sin sensor de un motor síncrono de imán permanente que comprende un estimador de posición/velocidad.

**RESUMEN**

50 [0010] Los modos de realización proporcionan un módulo de estimación de ángulo de rotación y un sistema de control vectorial sin sensor de un motor síncrono de imán permanente (PMSM) que emplea el módulo que reduce una cantidad de cálculo para la estimación de ángulo de rotación del PMSM y minimiza el error de estimación, en el control vectorial sin sensor del PMSM.

55 [0011] En un modo de realización, un módulo de estimación de ángulo de rotación de un motor síncrono magnético permanente (PMSM) para el control vectorial sin sensor del PMSM incluye: una unidad de estimación de instrucción de flujo fijo que calcula un flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y una instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{sa}^*$ ,  $\lambda_{sb}^*$ ) basándose en un ángulo de rotación  $\theta$  y en la corriente ( $I_{sa}$ ,  $I_{sb}$ ) de un sistema de coordenadas fijo; una unidad de estimación de flujo fijo que calcula un flujo fijo ( $\lambda_{sa}$ ,  $\lambda_{sb}$ ) basándose en el voltaje ( $V_{sa}$ ,  $V_{sb}$ ) del sistema de coordenadas fijo, y la corriente ( $I_{sa}$ ,  $I_{sb}$ ) y el error de flujo fijo ( $\Delta_{sa}$ ,  $\Delta_{sb}$ ) del sistema de coordenadas fijo; una unidad de estimación de error de flujo fijo que usa la diferencia entre la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{sa}^*$ ,  $\lambda_{sb}^*$ ) y el flujo fijo ( $\lambda_{sa}$ ,  $\lambda_{sb}$ ) para calcular el error de flujo fijo ( $\Delta_{sa}$ ,  $\Delta_{sb}$ ) y retroalimentar los errores a la unidad de estimación de flujo fijo; y una unidad de cálculo de función trigonométrica que calcula el ángulo de rotación  $\theta$ , una distancia que se mueve un rotor, basándose en el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y en el flujo fijo ( $\lambda_{sa}$ ,  $\lambda_{sb}$ ).

65 [0012] La función trigonométrica puede calcular finalmente el ángulo de rotación  $\theta$  y retroalimenta un ángulo calculado a la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo.

**[0013]** La unidad de estimación de instrucción de flujo fijo puede calcular el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) basándose en la corriente ( $I_{s\alpha}$ ,  $I_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo, en el ángulo de rotación  $\theta$ , en la inductancia ( $L_d$ ,  $L_q$ ) de un sistema de coordenadas rotativo y en el flujo  $\lambda_{PM}$  de un imán permanente.

5 **[0014]** La unidad de estimación de instrucción de flujo fijo puede compensar el ángulo de rotación  $\theta$  usando el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) para calcular una instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*$ ,  $\lambda_{s\beta}^*$ ).

10 **[0015]** La unidad de estimación de flujo fijo puede recibir el voltaje de eje  $\alpha$   $V_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo, la corriente de eje  $\alpha$   $I_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo y el error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo para calcular un coeficiente de cambio de flujo de eje  $\alpha$   $d\lambda_{s\alpha}/dt$  del sistema de coordenadas fijo mediante el uso de una ecuación  $d\lambda_{s\alpha}/dt = V_{s\alpha} - R_s I_{s\alpha} + \Delta_{s\alpha}$  ( $R_s$ : resistencia de estator), recibir el voltaje de eje  $\beta$   $V_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo, la corriente de eje  $\beta$   $I_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo y el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo para calcular el coeficiente de cambio de flujo de eje  $\beta$   $d\lambda_{s\beta}/dt$  del sistema de coordenadas fijo mediante el uso de la ecuación  $d\lambda_{s\beta}/dt = V_{s\beta} - R_s I_{s\beta} + \Delta_{s\beta}$  ( $R_s$ : resistencia de estator), integrar el coeficiente de cambio de flujo de eje  $\alpha$   $d\lambda_{s\alpha}/dt$  del sistema de coordenadas fijo para emitir el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$ , e integrar la salida del coeficiente de cambio de flujo del eje  $\beta$   $d\lambda_{s\beta}/dt$  del sistema de coordenadas fijo para emitir el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo.

20 **[0016]** La unidad de estimación de error de flujo fijo puede calcular la diferencia entre el valor de instrucción de flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}^*$  del sistema de coordenadas fijo introducido desde la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo y el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  introducido desde la unidad de estimación de flujo fijo, calcular la diferencia entre el valor de instrucción de flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}^*$  del sistema de coordenadas fijo introducido desde la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo y el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  introducido desde la unidad de estimación de flujo fija, recibir la diferencia desde el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  para ajustar una ganancia y calcular el error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo, y recibir la diferencia desde el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  para ajustar una ganancia  $\beta$  y calcular el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo.

25 **[0017]** La unidad de cálculo de función trigonométrica 40 puede encontrar los ángulos  $\theta_{dq}$  y  $\theta_{\alpha\beta}$  mediante la aplicación de una función trigonométrica al flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y al flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ), respectivamente, y emitir el ángulo de rotación  $\theta$  basándose en los ángulos  $\theta_{dq}$  y  $\theta_{\alpha\beta}$ .

30 **[0018]** La unidad de cálculo de función trigonométrica 40 puede recibir el flujo de eje d  $\lambda_{sd}$  del sistema de coordenadas rotativo y el flujo de eje q  $\lambda_{sq}$  del sistema de coordenadas rotativo desde la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo para emitir el ángulo  $\theta_{dq}$  de  $\lambda_{dq}$  basándose en el eje d mediante el uso de un arco tangente de función trigonométrica, recibir el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo y el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo desde la unidad de estimación de flujo fijo para emitir el ángulo  $\theta_{\alpha\beta}$  de  $\lambda_{\alpha\beta}$  basándose en el eje  $\alpha$  mediante el uso del arco tangente de función trigonométrica, y encontrar la diferencia entre los ángulos  $\theta_{dq}$  y  $\theta_{\alpha\beta}$  para emitir el ángulo de rotación  $\theta$ .

35 **[0019]** En otro modo de realización, un procedimiento de un módulo de estimación de ángulo de rotación de un motor para el control vectorial sin sensor de un PMSM incluye: calcular un flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y una instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*$ ,  $\lambda_{s\beta}^*$ ) basándose en la corriente ( $I_{s\alpha}$ ,  $I_{s\beta}$ ) de un sistema de coordenadas fijo y en un ángulo de rotación  $\theta$ ; calcular un flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ) basándose en el voltaje ( $V_{s\alpha}$ ,  $V_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo, y la corriente ( $I_{s\alpha}$ ,  $I_{s\beta}$ ) y el error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}$ ,  $\Delta_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo, a través de una unidad de estimación de flujo fijo; usar la diferencia entre la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*$ ,  $\lambda_{s\beta}^*$ ) y el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ) para calcular el error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}$ ,  $\Delta_{s\beta}$ ) y retroalimentar el error a la unidad de estimación de flujo fijo; y calcular el ángulo de rotación  $\theta$ , una distancia que se mueve un rotor, basándose en el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y en el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ).

40 **[0020]** Los detalles de uno o más modos de realización se exponen en los siguientes dibujos adjuntos y en la descripción a continuación. Otras características resultarán evidentes a partir de la descripción y de los dibujos, y de las reivindicaciones.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

55 **[0021]**

La Fig. 1 es un diagrama para explicar el vector entre el sistema de coordenadas fijo y el sistema de coordenadas rotativo del módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con un modo de realización.

60 La Fig. 2 es un diagrama de bloques que representa las relaciones generales entre los componentes del módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con un modo de realización.

65 La Fig. 3 es un diagrama de bloques basándose en un diagrama de circuito del módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con un modo de realización.

La Fig. 4 es un diagrama de bloques que representa un estado en el que el módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con un modo de realización se aplica a un sistema típico de control vectorial sin sensor de un motor síncrono de imán permanente (PMSM).

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN**

[0022] A continuación, las características técnicas de un modo de realización se describen en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

[0023] La Fig. 1 muestra el principio del procedimiento de control vectorial sin sensor de un motor síncrono de imán permanente (PMSM) de acuerdo con un modo de realización, usando un diagrama vectorial.

[0024] El procedimiento de control vectorial divide y controla corrientes aplicadas al motor en una corriente de flujo  $I_{dse}$  y en una corriente de par de torsión  $I_{qse}$  basándose en un sistema de coordenadas rotativo.

[0025] El procedimiento de control vectorial del PMSM fija la corriente de flujo  $I_{dse}$  para coincidir con la ubicación de rotor  $\theta$  y se aplica la corriente de par de torsión  $I_{qse}$  al control vectorial sin sensor del PMSM.

[0026] Con el fin de coincidir con la corriente de flujo  $I_{dse}$  con la ubicación de rotor  $\theta$ , hay una necesidad de adquirir la ubicación de rotor  $\theta$  de un sensor de ubicación.

[0027] La Fig. 1 representa una relación de flujo de acuerdo con un sistema de coordenadas fijo  $\alpha\beta$  y con un sistema de coordenadas rotativo en el control vectorial del PMSM, un eje usado para un sistema de control vectorial se divide en el sistema de coordenadas fijo y en el sistema de coordenadas rotativo, el sistema de coordenadas fijo indica un sistema de coordenadas que tiene un sistema de coordenadas que no rota pero que está fijo, y el sistema de coordenadas rotativo indica un sistema de coordenadas que rota a cualquier velocidad angular  $\omega$ .

[0028] Al usar un valor de flujo ( $\lambda_\alpha, \lambda_\beta$ ) basándose en el sistema de coordenadas fijo  $\alpha\beta$  y en un valor de flujo ( $\lambda_d, \lambda_q$ ) basándose en el sistema de coordenadas rotativo dq, es posible estimar la ubicación de rotor  $\theta$  restando el ángulo  $\theta_{dq}$  de  $\lambda_{dq}$  basándose en el eje d del ángulo  $\theta_{\alpha\beta}$  de  $\lambda_{\alpha\beta}$  basándose en el eje  $\alpha$ .

[0029] Un modo de realización estima una ubicación de rotor usando el vector de flujo de estator  $\lambda_{\alpha\beta}$  basándose en el sistema de coordenadas fijo  $\alpha\beta$  y el vector de flujo de rotor  $\lambda_{dq}$  basándose en el sistema de coordenadas rotativo dq junto con el arco tangente  $\tan^{-1}$ , y la información sobre las ubicaciones de rotor estimadas coincide con la ubicación de rotor de un motor real.

[0030] La Fig. 2 muestra una unidad de estimación de ángulo de rotación 100 que estima un ángulo de rotación  $\theta$ , una distancia que se mueve un rotor, basándose en el diagrama vectorial de la FIG. 1 y la unidad de estimación de ángulo de rotación 100 incluye una unidad de estimación de instrucción flujo fijo 10, una unidad de estimación de flujo fijo 20, una unidad de estimación de error de flujo fijo 30 y una unidad de cálculo de función trigonométrica 40.

[0031] La unidad de estimación de estado de flujo fijo 10 calcula un flujo rotativo ( $\lambda_{s\alpha}, \lambda_{s\beta}$ ) y una instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*, \lambda_{s\beta}^*$ ) basándose en la corriente ( $I_{s\alpha}, I_{s\beta}$ ) y en el ángulo de rotación  $\theta$  basándose en el sistema de coordenadas fijo  $\alpha\beta$ . En particular, la unidad de estimación de flujo fijo 10 recibe la corriente ( $I_{s\alpha}, I_{s\beta}$ ) y el ángulo de rotación  $\theta$  del sistema de coordenadas fijo  $\alpha\beta$  y usa una ecuación de flujo de rotor para calcular la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*, \lambda_{s\beta}^*$ ).

[0032] La ecuación de flujo de rotor calcula primero un flujo rotativo ( $\lambda_{sd}, \lambda_{sq}$ ) y finalmente calcula la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*, \lambda_{s\beta}^*$ ) usando un resultado de cálculo.

[0033] La unidad de estimación de flujo fijo 20 calcula el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}, \lambda_{s\beta}$ ) basándose en el voltaje ( $V_{s\alpha}, V_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo  $\alpha\beta$  y en la corriente ( $I_{s\alpha}, I_{s\beta}$ ) y en el error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}, \Delta_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo. En particular, la unidad de estimación de flujo fijo 20 recibe el voltaje ( $V_{s\alpha}, V_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo  $\alpha\beta$ , y la corriente ( $I_{s\alpha}, I_{s\beta}$ ) y el error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}, \Delta_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo  $\alpha\beta$  y usa una ecuación de voltaje de estator para calcular el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}, \lambda_{s\beta}$ ) de los ejes  $\alpha$  y  $\beta$ .

[0034] La unidad de estimación de error de flujo fijo 30 usa la diferencia entre la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*, \lambda_{s\beta}^*$ ) y el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}, \lambda_{s\beta}$ ) para calcular el error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}, \Delta_{s\beta}$ ) y retroalimenta los errores a la unidad de estimación de flujo fijo. En particular, la unidad de estimación de error de flujo fijo 30 usa la diferencia entre la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*, \lambda_{s\beta}^*$ ) emitida por la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo 10 y el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}, \lambda_{s\beta}$ ) emitido por la unidad de estimación de flujo fijo 20 para calcular el error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}, \Delta_{s\beta}$ ) de los ejes  $\alpha$  y  $\beta$  y retroalimenta los errores a la unidad de estimación de flujo fijo 20.

[0035] La unidad de cálculo de función trigonométrica 40 calcula el ángulo de rotación  $\theta$ , una distancia que se mueve un rotor, basándose en el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}, \lambda_{sq}$ ) y en el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}, \lambda_{s\beta}$ ). En particular, la unidad de cálculo de función

trigonométrica 40 realiza el cálculo en el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) calculado primero por la ecuación de flujo de rotor de la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo 10 y en el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ) emitido por la unidad de estimación de flujo fijo 20 mediante el uso de funciones trigonométricas para encontrar los ángulos  $\theta_{dq}$  y  $\theta_{\alpha\beta}$ , respectivamente.

5 **[0036]** Cuando el ángulo  $\theta_{dq}$  se resta finalmente del ángulo  $\theta_{\alpha\beta}$ , es posible calcular el ángulo de rotación  $\theta$ , una distancia que se mueve un rotor, y un ángulo de rotación calculado se retroalimenta a la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo 10.

10 **[0037]** La unidad de estimación de ángulo de rotación 100 continua para calcular el ángulo de rotación  $\theta$  mediante la retroalimentación entre la unidad de estimación de error de flujo fijo 30 y la unidad de estimación de flujo fijo 20, entre la unidad de estimación de flujo fijo 20 y la unidad de cálculo de función trigonométrica 40, y entre la unidad de estimación de flujo fijo 10 y la unidad de cálculo de la función trigonométrica 40.

15 **[0038]** Cada componente de la unidad de estimación de ángulo de rotación se describe en detalle usando la Fig. 3 que es un diagrama de bloques que representa una configuración de circuito particular de la unidad de estimación de ángulo de rotación 100.

<Unidad de estimación de instrucción de flujo fijo 10>

20 **[0039]** La unidad de estimación de flujo fijo 10 incluye una primera unidad de conversión de coordenadas rotativa 101, una segunda unidad de conversión de coordenadas rotativa 102, una primera unidad de cálculo de flujo rotativo 103, una segunda unidad de cálculo de flujo rotativo 104, una primera unidad de conversión de coordenadas fija 105 y una segunda unidad de conversión de coordenadas fija 106.

25 **[0040]** La unidad de conversión de coordenadas rotativa 101 recibe la corriente de eje  $\alpha$   $I_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo y el ángulo de rotación  $\theta$  con el fin de usar una ecuación de flujo de rotor y coordina-se convierte en el valor de corriente de eje d  $I_{sd}$  del sistema de coordenadas rotativo.

30 **[0041]** La segunda unidad de conversión de coordenadas rotativa 102 recibe la corriente de eje  $\beta$   $I_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo y el ángulo de rotación  $\theta$  y coordina-se convierte en un valor de corriente de eje q  $I_{sq}$  del sistema de coordenadas rotativo.

35 **[0042]** La primera unidad de cálculo de flujo rotativo 103 recibe la corriente de eje d  $I_{sd}$  de la primera unidad de conversión de coordenadas rotativa 101 y usa la ecuación de flujo de rotor,  $\lambda_{sd} = L_d I_{sd} + \lambda_{PM}$  ( $L_d$ : la inductancia de eje d del sistema de coordenadas rotativo,  $\lambda_{PM}$ : flujo por un imán permanente) para calcular el flujo de eje d  $\lambda_{sd}$  del sistema de coordenadas rotativo.

40 **[0043]** La segunda unidad de cálculo de flujo rotativo 104 recibe la corriente de eje q  $I_{sq}$  de la unidad de conversión de coordenadas rotativa 102 y usa la ecuación de flujo de rotor,  $\lambda_{sq} = L_q I_{sq}$  ( $L_q$ : la inductancia de eje q del sistema de coordenadas rotativo) para calcular el flujo del eje q  $\lambda_{sq}$  del sistema de coordenadas rotativo.

**[0044]** El flujo del eje d  $\lambda_{sd}$  y el flujo de eje q  $\lambda_{sq}$  del sistema de coordenadas rotativo se introducen en la unidad de cálculo de función trigonométrica 40.

45 **[0045]** La primera unidad de conversión de coordenadas fija 105 es un compensador que compensa un valor coordinado-convertido con el fin de usar la ecuación de flujo de rotor, compensa el ángulo de rotación  $\theta$  usando la salida de la primera unidad de cálculo de flujo rotativo 103 para coordinar-convertirse en el sistema de coordenadas fijo y emite el valor de instrucción de flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}^*$  del sistema de coordenadas fijo.

50 **[0046]** La segunda unidad de conversión de coordenadas fija 106 compensa el ángulo de rotación  $\theta$  mediante el uso de la emisión de la segunda unidad de cálculo de flujo rotativo 104 para coordinar-convertirse en el sistema de coordenadas fijo y emite el valor de instrucción de flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}^*$  del sistema de coordenadas fijo.

<Unidad de estimación de flujo fijo 20>

55 **[0047]** La unidad de estimación de flujo fijo 20 incluye una primera unidad de cálculo de coeficiente de cambio de flujo fijo 201, una segunda unidad de cálculo de coeficiente de cambio de flujo fijo 202, un primer integrador 203 y un segundo integrador 204.

60 **[0048]** La primera unidad de cálculo de coeficiente de cambio de flujo fijo 201 recibe el voltaje de eje  $\alpha$   $V_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo, la corriente de eje  $\alpha$  del sistema de coordenadas fijo  $I_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo y el error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo, termina-convertirse la ecuación de voltaje de estátor,  $V_{s\alpha} = R_s I_{s\alpha} + d\lambda_{s\alpha}/dt$  ( $R_s$ : resistencia de estátor) en la ecuación  $d\lambda_{s\alpha}/dt = V_{s\alpha} - R_s I_{s\alpha} + \Delta_{s\alpha}$  ( $R_s$ : resistencia de estátor), y calcula el coeficiente de cambio de flujo de eje  $\alpha$   $d\lambda_{s\alpha}/dt$  del sistema de coordenadas fijo.

65

- 5 [0049] La segunda unidad de cálculo de coeficiente de cambio de flujo fijo 202 recibe el voltaje de eje  $\beta$   $V_{s\beta}$  del sistema de coordenadas, la corriente de eje  $\beta$   $I_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo y el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo, termina-convierte la ecuación de voltaje de estátor,  $V_{s\beta} = R_s I_{s\beta} + d\lambda_{s\beta}/dt$  ( $R_s$ : resistencia de estátor) en la ecuación  $d\lambda_{s\beta}/dt = V_{s\beta} - R_s I_{s\beta} + \Delta_{s\beta}$  ( $R_s$ : resistencia de estátor) y calcula el coeficiente de cambio de flujo de eje  $\beta$   $d\lambda_{s\beta}/dt$  del sistema de coordenadas fijo.
- 10 [0050] El primer integrador 203 integra las emisiones de la primera unidad de cálculo de coeficiente de cambio de flujo fijo 201 para emitir el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo.
- 10 [0051] El segundo integrador 204 integra las emisiones de la segunda unidad de cálculo de coeficiente de cambio de flujo fijo 202 para emitir el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo.
- 15 [0052] El flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  y el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  emitidos por el primer integrador 203 y el segundo integrador 204 se introducen en la unidad de cálculo de función trigonométrica 40.
- <Unidad de estimación de error de flujo fijo 30>
- 20 [0053] La unidad de estimación de flujo fijo 30 incluye un primer sustractor 301, un segundo sustractor 302, un primer controlador 303 y un segundo controlador 304 y realiza la función de compensar el flujo de eje  $\alpha$ - $\beta$  del sistema de coordenadas fijo estimado, y se compensa un error para un controlador PI y se introduce en la unidad de estimación de flujo fijo 20.
- 25 [0054] El primer sustractor 301 calcula la diferencia entre el valor de instrucción de flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}^*$  del sistema de coordenadas fijo introducido desde la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo 10 y el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  introducido desde la unidad de estimación de flujo fijo 20.
- 30 [0055] El segundo sustractor 302 calcula la diferencia entre el valor de instrucción de flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}^*$  del sistema de coordenadas fijo introducido desde la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo 10 y el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  introducido desde la unidad de estimación de flujo fijo 20.
- 35 [0056] El primer controlador 303 recibe la diferencia desde el primer sustractor 301, realiza un control proporcional-integral (PI) mediante la ecuación  $K_{P\alpha} + K_{I\alpha}/S$  ( $K_{P\alpha}$ : ganancia proporcional,  $K_{I\alpha}$ : ganancia integral,  $S$ : variable compleja) para ajustar una ganancia y calcula el error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo.
- 40 [0057] El segundo controlador 304 recibe la diferencia desde el segundo sustractor 302, realiza el control PI mediante la ecuación  $K_{P\beta} + K_{I\beta}/S$  ( $K_{P\beta}$ : ganancia proporcional,  $K_{I\beta}$ : ganancia integral,  $S$ : complejo variable) para ajustar una ganancia y calcula el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo.
- [0058] El error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{s\alpha}$  y el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{s\beta}$  se retroalimentan a la unidad de estimación de flujo fijo 20.
- <Unidad de cálculo de función trigonométrica 40>
- 45 [0059] La unidad de cálculo de la función trigonométrica 40 incluye una primera unidad de arco tangente 401, una segunda unidad de arco tangente 402 y una unidad de sustracción de ángulo de rotación 403.
- 50 [0060] La primera unidad de arco tangente 401 recibe el flujo de eje  $d$   $\lambda_{sd}$  del sistema de coordenadas rotativo y el flujo de eje  $q$   $\lambda_{sq}$  del sistema de coordenadas rotativo de la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo 10 y emite el ángulo  $\theta_{dq}$  de  $\lambda_{dq}$  basándose en el eje  $d$  usando un arco tangente de función trigonométrica.
- 55 [0061] La segunda unidad de arco tangente 402 recibe el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo y el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo de la unidad de estimación de flujo fijo 20 y emite el ángulo  $\theta_{\alpha\beta}$  de  $\lambda_{\alpha\beta}$  basándose en el eje  $\alpha$  mediante el uso del arco tangente de función trigonométrica.
- [0062] La unidad de sustracción de ángulo de rotación 403 encuentra la diferencia entre los ángulos  $\theta_{\alpha\beta}$  y  $\theta_{dq}$  para emitir el ángulo de rotación  $\theta$ , y el ángulo de rotación  $\theta$  se retroalimenta a la unidad de estimación de flujo fijo 10.
- 60 [0063] Cuando se encuentra el ángulo de rotación  $\theta$ , es posible encontrar la velocidad  $W_e$  de un rotor, y por tanto el sistema de control vectorial del PMSM de acuerdo con un modo de realización recibe el ángulo de rotación  $\theta$  y la velocidad  $W_e$  de la unidad de estimación de ángulo de rotación 100 y controla el PMSM.
- 65 [0064] La Fig. 4 es un diagrama de bloques que representa un estado en el que una unidad de estimación de ángulo de rotación 100 de acuerdo con un modo de realización se aplica a un sistema de control vectorial sin sensor inversor-que controla un PMSM típico, a través del que es posible entender cómo las emisiones de la unidad de estimación de ángulo de rotación 100, el ángulo de rotación  $\theta$  y la velocidad  $W_e$  se introducen en una unidad de control PMSM 1.

**[0065]** El alcance técnico de un modo de realización incluye el sistema de control vectorial sin sensor del PMSM al que se aplica la unidad de estimación de ángulo de rotación 100.

5 **[0066]** Como el modo de realización describe un modo de realización de encontrar un vector de flujo de estátor y un vector de flujo de rotor, la ecuación de flujo de la ecuación de rotor de un circuito de rotor se coordina-convierte en la ecuación de flujo de estátor aplicando la ecuación de voltaje de un circuito de estátor y la ecuación de flujo del circuito de rotor y entonces el vector de flujo de estátor se compensa para encontrar finalmente el vector de flujo de estátor y el flujo del vector de rotor.

10 **[0067]** Los ángulos  $\theta_{\alpha\beta}$  y  $\theta_{dq}$  se encuentran mediante la aplicación de la función trigonométrica  $\tan^{-1}$  al vector de flujo de estátor final y al vector de flujo de rotor y la información de ubicación  $\theta$  en el PMSM se estima usando la ecuación  $\theta = \theta_{\alpha\beta} - \theta_{dq}$ .

15 **[0068]** Como el procedimiento es fácil de implementar, es fácil aplicarlo realmente a un producto y, como la ecuación de voltaje de estátor y la ecuación de rotor se usan juntos, un error estimado en la información de ubicación a velocidades bajas y altas se minimiza.

20 **[0069]** Además, la unidad de estimación de ángulo de rotación 100 de acuerdo con un modo de realización también se puede aplicar a un sistema de control vectorial que tenga sensores de ubicación y de velocidad como un soporte además del sistema de control vectorial sin sensor del PMSM.

25 **[0070]** De acuerdo con un modo de realización, puesto que se usan la ecuación de voltaje del estátor y la ecuación de rotor, es posible estimar de manera rápida y precisa el ángulo de rotación de un rotor a velocidades altas y bajas y, al aplicar el ángulo de rotación estimado para realizar el control vectorial sin sensor del PMSM, es posible proporcionar un sistema de control vectorial sin sensor más confiable y económico del PMSM.

**REIVINDICACIONES**

1. Un módulo de estimación de ángulo de rotación (100) de un motor síncrono magnético permanente (PMSM) para el control vectorial sin sensor del PMSM, el módulo de estimación de ángulo de rotación que comprende:
  - 5 una unidad de estimación de instrucción de flujo fijo (10) configurada para calcular un flujo rotativo ( $\lambda_{sd}, \lambda_{sq}$ ) y una instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{sa}^*, \lambda_{sb}^*$ ) basándose en un ángulo de rotación ( $\theta$ ) y en la corriente ( $I_{sa}, I_{sb}$ ) de un sistema de coordenadas fijo;
  - 10 una unidad de estimación de flujo fijo (20) configurada para calcular un flujo fijo ( $\lambda_{sa}, \lambda_{sb}$ ) basándose en el voltaje ( $V_{sa}, V_{sb}$ ) del sistema de coordenadas fijo y en la corriente ( $I_{sa}, I_{sb}$ ) y en el error de flujo fijo ( $\Delta_{sa}, \Delta_{sb}$ ) del sistema de coordenadas fijo;
  - 15 una unidad de estimación de error de flujo fijo (30) configurado para usar la diferencia entre la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{sa}^*, \lambda_{sb}^*$ ) y el flujo fijo ( $\lambda_{sa}, \lambda_{sb}$ ) para calcular el error de flujo fijo ( $\Delta_{sa}, \Delta_{sb}$ ) y retroalimentar los errores a la unidad de estimación de flujo fijo (20); y
  - 20 la unidad de cálculo de función trigonométrica (40) configurada para calcular el ángulo de rotación ( $\theta$ ) una distancia que se mueve un rotor, basándose en el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}, \lambda_{sq}$ ) y en el flujo fijo ( $\lambda_{sa}, \lambda_{sb}$ ).
2. El módulo de estimación del ángulo de rotación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de cálculo de función trigonométrica (40) calcula finalmente el ángulo de rotación  $\theta$  y retroalimenta un ángulo calculado a la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo (10).
3. El módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo (10) calcula el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}, \lambda_{sq}$ ) basándose en la corriente ( $I_{sa}, I_{sb}$ ) del sistema de coordenadas fijo, en el ángulo de rotación  $\theta$ , en la inductancia ( $L_d, L_q$ ) de un sistema de coordenadas rotativo y en el flujo  $\lambda_{PM}$  de un imán permanente.
4. El módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo (10) compensa el ángulo de rotación  $\theta$  usando el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}, \lambda_{sq}$ ) para calcular una instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{sa}^*, \lambda_{sb}^*$ ).
5. El módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de estimación de flujo fijo (20) recibe el voltaje de eje  $\alpha$   $V_{sa}$  del sistema de coordenadas fijo, la corriente de eje  $\alpha$   $I_{sa}$  del sistema de coordenadas fijo y el error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{sa}$  del sistema de coordenadas fijo para calcular un coeficiente de cambio de flujo del eje  $\alpha$   $d\lambda_{sa}/dt$  del sistema de coordenadas fijo mediante el uso de una ecuación  $d\lambda_{sa}/dt = V_{sa} - R_s I_{sa} + \Delta_{sa}$  ( $R_s$ : resistencia de estátor),  
 recibe el voltaje de eje  $\beta$   $V_{sb}$  del sistema de coordenadas fijo, la corriente de eje  $\beta$   $I_{sb}$  del sistema de coordenadas fijo y el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{sb}$  del sistema de coordenadas fijo para calcular el coeficiente de cambio de flujo de eje  $\beta$   $d\lambda_{sb}/dt$  del sistema de coordenadas fijo mediante el uso de la ecuación  $d\lambda_{sb}/dt = V_{sb} - R_s I_{sb} + \Delta_{sb}$  ( $R_s$ : resistencia de estátor),  
 integra el coeficiente de cambio de flujo de eje  $\alpha$   $d\lambda_{sa}/dt$  del sistema de coordenadas fijo para emitir el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{sa}$  e  
 45 integra la salida del coeficiente de cambio de flujo de eje  $\beta$   $d\lambda_{sb}/dt$  del sistema de coordenadas fijo para emitir el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{sb}$  del sistema de coordenadas fijo.
6. El módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de estimación de error de flujo fijo (30)  
 50 calcula la diferencia entre el valor de instrucción de flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{sa}^*$  del sistema de coordenadas fijo introducido desde la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo (10) y el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{sa}$  introducido desde la unidad de estimación de flujo fijo (20),  
 calcula la diferencia entre el valor de instrucción de flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{sb}^*$  del sistema de coordenadas fijo introducido desde la unidad estimación de instrucción de flujo fijo (10) y el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{sb}$  introducido desde  
 55 la unidad de estimación de flujo fijo (20),  
 recibe la diferencia del flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{sa}$  para ajustar una ganancia y calcular el error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{sa}$  del sistema de coordenadas fijo y  
 recibe la diferencia del flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{sb}$  para ajustar una ganancia y calcular el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{sb}$  del sistema de coordenadas fijo.
7. El módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de cálculo de función trigonométrica 40:

encuentra ángulos  $\theta_{dq}$  y  $\theta_{\alpha\beta}$  mediante la aplicación de una función trigonométrica al flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y al flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ), respectivamente, y emite el ángulo de rotación  $\theta$  basándose en los ángulos  $\theta_{dq}$  y  $\theta_{\alpha\beta}$ .

5 **8.** El módulo de estimación de ángulo de rotación de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la unidad de cálculo de función trigonométrica 40:

10 recibe el flujo de eje d  $\lambda_{sd}$  del sistema de coordenadas rotativo y el flujo de eje q  $\lambda_{sq}$  del sistema de coordenadas rotativo desde la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo (10) para emitir el ángulo  $\theta_{dq}$  de  $\lambda_{dq}$  basándose en el eje d mediante el uso de un arco tangente de función trigonométrica,  
 recibe el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo y el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo de la unidad de estimación de flujo fijo (20) para emitir el ángulo  $\theta_{\alpha\beta}$  de  $\lambda_{\alpha\beta}$  basándose en el eje  $\alpha$  mediante el uso del arco tangente de función trigonométrica, y  
 15 encontrar la diferencia entre los ángulos  $\theta_{dq}$  y  $\theta_{\alpha\beta}$  para emitir el ángulo de rotación  $\theta$ .

9. Un procedimiento de funcionamiento de un módulo de estimación de ángulo de rotación (100) de un motor para el control vectorial sin sensor de un PMSM, el procedimiento de funcionamiento que comprende:

20 calcular un flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y una instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*$ ,  $\lambda_{s\beta}^*$ ) basándose en la corriente ( $I_{s\alpha}$ ,  $I_{s\beta}$ ) de un sistema de coordenadas fijo y en un ángulo de rotación ( $\theta$ ); calcular un flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ) basándose en el voltaje ( $V_{s\alpha}$ ,  $V_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo y en la corriente ( $I_{s\alpha}$ ,  $I_{s\beta}$ ) y el error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}$ ,  $\Delta_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo, a través de una unidad de estimación de flujo fijo (20);

25 usar la diferencia entre la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*$ ,  $\lambda_{s\beta}^*$ ) y el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ) para calcular el error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}$ ,  $\Delta_{s\beta}$ ) y retroalimentar los errores a la unidad de estimación de flujo fijo (20); y

30 calcular el ángulo de rotación  $\theta$ ; una distancia que mueve un rotor, basándose en el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y en el flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ).

10. El procedimiento de funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende calcular finalmente el ángulo de rotación para retroalimentar un ángulo calculado a la unidad de estimación de instrucción de flujo fijo (10).

35 11. El procedimiento de funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el cálculo del flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y de la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*$ ,  $\lambda_{s\beta}^*$ ) comprende calcular el flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) basándose en la corriente ( $I_{s\alpha}$ ,  $I_{s\beta}$ ) del sistema de coordenadas fijo, en el ángulo de rotación  $\theta$ , en la inductancia ( $L_d$ ,  $L_q$ ) de un sistema de coordenadas rotativo y en el flujo  $\lambda_{PM}$  de un imán permanente.

40 12. El procedimiento de funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el cálculo del flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*$ ,  $\lambda_{s\beta}^*$ ) comprende compensar el ángulo de rotación  $\theta$  usando el flujo rotativo para calcular la instrucción de flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}^*$ ,  $\lambda_{s\beta}^*$ ).

45 13. El procedimiento funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el cálculo del flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ) comprende:

50 recibir el voltaje de eje  $\alpha$  voltaje  $V_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo, la corriente de eje  $\alpha$   $I_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo y el error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo para calcular un coeficiente de cambio de flujo de eje  $\alpha$   $d\lambda_{s\alpha}/dt$  del sistema de coordenadas fijo usando una ecuación  $d\lambda_{s\alpha}/dt = V_{s\alpha} - R_s I_{s\alpha} + \Delta_{s\alpha}$  ( $R_s$ : resistencia de estator);

55 recibir el voltaje de eje  $\beta$   $V_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo, la corriente de eje  $\beta$   $I_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo y el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo para calcular un coeficiente de cambio de flujo de eje  $\beta$   $d\lambda_{s\beta}/dt$  del sistema de coordenadas fijo mediante el uso de una ecuación  $d\lambda_{s\beta}/dt = V_{s\beta} - R_s I_{s\beta} + \Delta_{s\beta}$  ( $R_s$ : resistencia de estator);

integrar el coeficiente de cambio de flujo de eje  $\alpha$   $d\lambda_{s\alpha}/dt$  del sistema de coordenadas fijo para emitir el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo; e

60 integrar las emisiones del coeficiente de cambio de flujo de eje  $\beta$  eje  $d\lambda_{s\beta}/dt$  del sistema de coordenadas fijo para emitir el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo.

14. El procedimiento de funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el cálculo del error de flujo fijo ( $\Delta_{s\alpha}$ ,  $\Delta_{s\beta}$ ) comprende:

5            calcular la diferencia entre el valor de instrucción de flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}^*$  del sistema de coordenadas fijo y el flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  introducido desde la unidad de estimación de flujo fijo (20),  
              calcular la diferencia entre el valor de instrucción de flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}^*$  del sistema de coordenadas fijo y el flujo de eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  introducido desde la unidad de estimación de flujo fijo (20),  
              recibir la diferencia del flujo de eje  $\alpha$   $\lambda_{s\alpha}$  para ajustar una ganancia y calcular el error de flujo de eje  $\alpha$   $\Delta_{s\alpha}$  del sistema de coordenadas fijo; y

10            recibir la diferencia del flujo del eje  $\beta$   $\lambda_{s\beta}$  para ajustar una ganancia y calcular el error de flujo de eje  $\beta$   $\Delta_{s\beta}$  del sistema de coordenadas fijo.

15. El procedimiento de funcionamiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el cálculo del ángulo de rotación comprende:

15            obtener ángulos  $\theta_{dq}$  y  $\theta_{\alpha\beta}$  mediante la aplicación de una función trigonométrica al flujo rotativo ( $\lambda_{sd}$ ,  $\lambda_{sq}$ ) y al flujo fijo ( $\lambda_{s\alpha}$ ,  $\lambda_{s\beta}$ ), respectivamente; y

20            emitir el ángulo de rotación  $\theta$  basándose en el ángulo ( $\theta_{dq}$ ,  $\theta_{\alpha\beta}$ ).

FIG.1

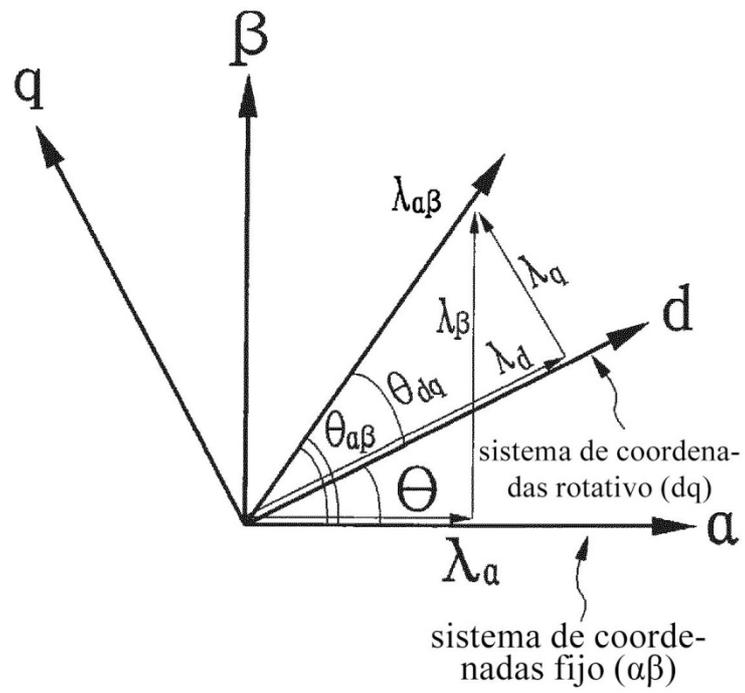


FIG.2

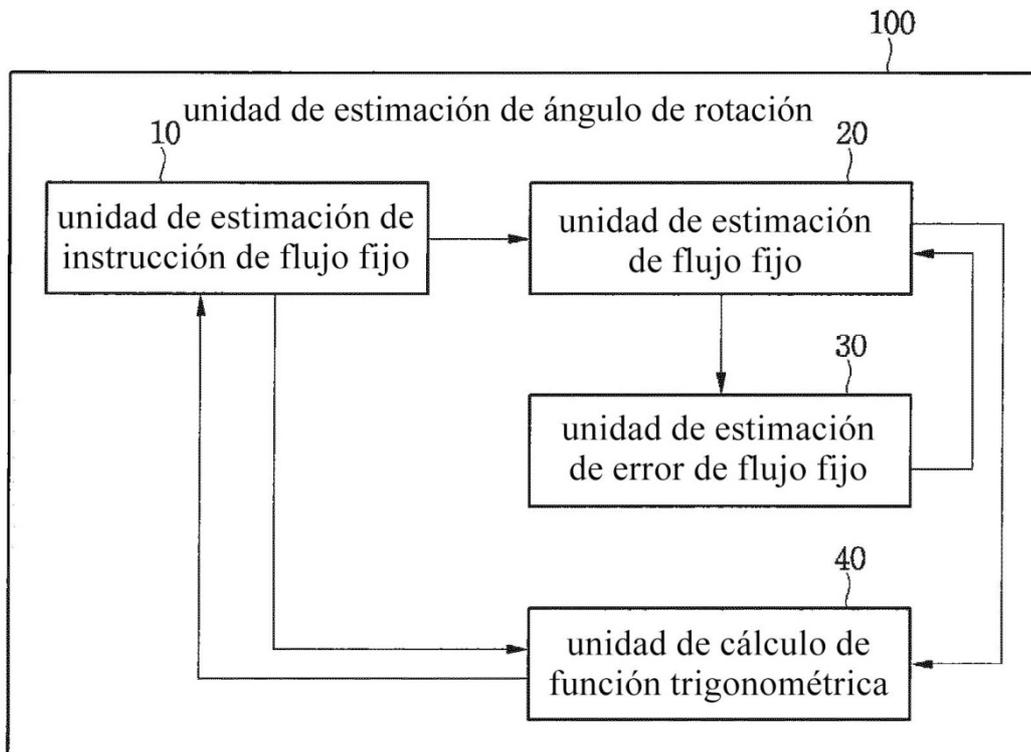


FIG.3

