

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 225**

51 Int. Cl.:

**H02P 21/00** (2006.01)

**H02P 27/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2012 E 12198992 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 2618479**

54 Título: **Aparato para controlar el motor síncrono de imán permanente interior**

30 Prioridad:

**30.12.2011 KR 20110146780**

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

**27.05.2020**

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)  
1026-6, Hogye-Dong Dongan-gu, Anyang-si  
Gyeonggi-do 431-080 , KR**

72 Inventor/es:

**LEE, KYUNG JOO**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 763 225 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 para controlar el motor síncrono de imán permanente interior

5 Antecedentes de la descripción

Campo de la invención

10 La presente descripción se refiere a un aparato para controlar el motor síncrono de imán permanente interior.

Discusión de la técnica relacionada

15 Esta sección proporciona información de los antecedentes relacionados con la presente descripción que no es necesariamente la técnica anterior.

Un IPMSM (Motor síncrono de imán permanente interior), que es de mayor eficiencia que el de un motor de inducción, ha llegado a ser un gran centro de atención en términos de ahorro de energía. Sin embargo, el IPMSM es desventajoso debido a su complicado control sobre el motor de inducción.

20 El IPMSM generalmente se controla en función de un control de vectores (control orientado al campo). En general, el método de control de vectores para calcular una velocidad de rotación precisa de un motor se usa ampliamente en campos industriales que requieren un alto rendimiento del motor. El control de vectores se clasifica en dos métodos, en función de la presencia o ausencia de un sensor de posición, es decir, un control de vectores con sensor y un control de vectores sin sensor.

25 Para obtener un buen rendimiento de un IPMSM durante el control de vectores, las constantes del motor (resistencia del estator, inductancia del eje d, inductancia del eje q y flujo magnético de un imán permanente) deben ser esencialmente conocidas, y para realizar un arranque suave, es necesario conocer la posición de un polo magnético en un imán permanente. Debido a estos requisitos, el control de un IPMSM adolece de una disminución de la versatilidad o generalidad.

30 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema inversor de PWM (modulación de ancho de pulso) de acuerdo con la técnica anterior.

35 Con referencia a la Figura 1, el sistema inversor de acuerdo con la técnica anterior incluye una unidad de fuente de potencia eléctrica trifásica (100) para suministrar una fuente de energía a un inversor de PWM (200), una unidad inversora de PWM (200) para convertir la fuente de energía recibida desde la unidad de fuente de potencia eléctrica trifásica (100) y un IPMSM (300) para ser operado por un voltaje generado por la unidad inversora de PWM (200).

40 La unidad inversora de PWM (200) a su vez incluye una unidad de conversión de fuente de potencia (210) que suministra un voltaje al IPMSM (300), una unidad de detección de corriente (220) que detecta una corriente que fluye en el IPMSM (300) y un controlador (230) que controla un voltaje y una frecuencia suministrados al IPMSM (300).

45 La Figura 2 es un diagrama de bloques conceptual que ilustra una configuración detallada de un controlador en la Figura 1. El controlador incluye una unidad de patrón V/F (231) que genera un voltaje de referencia ( $V_{ref}$ ) a partir de una frecuencia de referencia ( $f_{ref}$ ), y una unidad de conversión de voltaje de referencia trifásico (231) que genera voltajes de referencia trifásicos ( $V_{sref}$ ,  $V_{bsref}$ ,  $V_{csref}$ ) a partir del voltaje de referencia ( $V_{ref}$ ) generado por la unidad de patrón V/F (231).

50 La Figura 3 es una forma de onda de corriente de un IPMSM (300) durante el control constante de voltaje/frecuencia por el controlador de la Figura 1.

55 En general, un IPMSM se controla convencionalmente mediante un método de control de vectores. Sin embargo, para implementar el método de control de vectores convencional, las constantes motoras deben conocerse básicamente y se requieren ecuaciones complicadas.

60 Por el contrario, en un caso se aplica un método de control de voltaje/frecuencia constante a un motor de inducción como se ilustra en la Figura 2, una operación puede implementarse simplemente usando una ecuación simple incluso si no se conocen las constantes del motor.

En el caso de que un método de control constante de voltaje/frecuencia aplicado generalmente a un motor de inducción se aplique a un IPMSM, el arranque del IPMSM en estado sin carga se habilita por saliencia del IPMSM (sección A de la Figura 3).

65 Sin embargo, en un caso, la carga aumenta bajo un estado constante de velocidad del motor (frecuencia de salida),

magnitud del voltaje, un dispositivo semiconductor de potencia utilizado para el inversor de PWM y un aumento del esfuerzo del IPMSM debido a la fijación de la magnitud del voltaje y una corriente del IPMSM que se mueve en gran medida para aumentar la magnitud como en la sección B de la Figura 3.

5 Como resultado, la operación de IPMSM tiene una desventaja bajo el método simple de control constante de voltaje/frecuencia.

La publicación de patente US 2011/0241578 A1 describe un controlador de motor para controlar un motor síncrono de imán permanente interior que comprende un convertor de coordenadas trifásico/dq y un controlador de voltaje.

10 La publicación de patente US 2001/0043481 A1 describe un controlador de refuerzo de torque que genera un voltaje de referencia del eje q ( $V_{q^*}$ ) a partir de la frecuencia objetivo.

Resumen de la descripción

15 Esta sección proporciona un resumen general de la descripción y no es una descripción completa de su alcance completo o de todas sus características.

20 Los métodos y sistemas consistentes con la presente descripción proporcionan un aparato para controlar un IPMSM configurado para controlar fácilmente un IPMSM sin usar un control de vectores complicado implementando un control de voltaje basado en el cambio de carga en un control de voltaje/frecuencia del IPMSM usando un inversor de PWM.

25 En un aspecto general de la presente descripción, se proporciona un aparato para controlar un IPMSM, el aparato que comprende: una primera unidad generadora configurada para generar un voltaje de referencia del eje q de un marco de referencia síncrono a partir de una frecuencia de referencia; un convertor de corriente configurado para generar una corriente del marco de referencia síncrono a partir de una corriente trifásica del IPMSM; y un controlador de voltaje configurado para generar un voltaje de referencia del eje d que compensa un voltaje en respuesta a un cambio de carga.

30 En algunas modalidades ilustrativas, el aparato puede comprender además una primera unidad de conversión configurada para convertir el voltaje de referencia del eje q y el voltaje de referencia del eje d en un voltaje de referencia trifásico, y proporcionar el voltaje de referencia trifásico convertido al IPMSM.

35 En algunas modalidades ilustrativas, el aparato puede comprender además una unidad de detección de corriente configurada para detectar una corriente trifásica introducida en el IPMSM, en donde la unidad de detección de corriente proporciona una corriente trifásica detectada al convertor de corriente.

40 En algunas modalidades ilustrativas, el convertor de corriente puede comprender una segunda unidad de conversión configurada para convertir la corriente trifásica en una corriente bifásica de un marco de referencia estacionario, y una tercera unidad de conversión configurada para convertir la corriente bifásica de un marco de referencia estacionario a una corriente bifásica de un marco de referencia síncrono.

45 En algunas modalidades ilustrativas, el convertor de corriente puede comprender además un convertor A/D (analógico/digital) configurado para convertir la corriente trifásica del IPMSM en datos digitales.

Según la invención, el controlador de voltaje genera el voltaje de referencia del eje d observando una corriente de componente de torque a partir de la corriente del marco de referencia síncrono obtenido por la unidad de conversión de corriente.

50 Según la invención, el controlador de voltaje comprende un comparador configurado para generar un error entre una corriente presente y una corriente pre-presente a partir de la corriente del marco de referencia síncrono recibida del convertor de corriente; y una segunda unidad generadora configurada para generar el voltaje de referencia del eje d aplicando una ganancia proporcional al error.

55 El aparato para controlar un IPMSM de acuerdo con la presente descripción tiene un efecto ventajoso en que un control de un IPMSM puede realizarse fácilmente implementando un control de voltaje que alivia la pulsación del torque basado en el control constante de voltaje/frecuencia generalmente utilizado para un motor de inducción, prescindiendo de un control de vectores que requiere ecuaciones complicadas y constantes del motor durante el control del IPMSM utilizando un inversor de PWM.

60 Breve descripción de los dibujos

Los aspectos anteriores y/u otros aspectos de la presente descripción serán evidentes y se apreciarán más fácilmente a partir de la siguiente descripción de las modalidades ilustrativas, tomadas en conjunto con los dibujos adjuntos, de los cuales:

65

La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema inversor de PWM (modulación de ancho de pulso) de acuerdo con la técnica anterior;

la Figura 2 es un diagrama de bloques conceptual que ilustra una configuración detallada de un controlador en la Figura 1;

5 la Figura 3 es una forma de onda de corriente de un IPMSM (300) durante el control constante de voltaje/frecuencia por el controlador de la Figura 1;

la Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un aparato para controlar un IPMSM de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

10 la Figura 5 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una unidad de conversión de corriente de la Figura 4 de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

la Figura 6 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un controlador de voltaje de la Figura 4 de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción; y

15 la Figura 7 es una vista esquemática que ilustra una corriente en respuesta a una carga de un IPMSM en un sistema inversor aplicado con un aparato para controlar un IPMSM de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

#### Descripción detallada de realizaciones preferidas

20 Al describir la presente descripción, se pueden omitir descripciones detalladas de construcciones o procesos conocidos en la técnica para evitar oscurecer la apreciación de la invención por parte de un experto en la materia con detalles innecesarios con respecto a tales construcciones y funciones conocidas. En consecuencia, el significado de términos o palabras específicos utilizados en la especificación y las reivindicaciones no debe limitarse al sentido literal o comúnmente empleado, sino que debe interpretarse o puede ser diferente de acuerdo con la intención de un usuario o un operador y los usos habituales. Por lo tanto, la definición de los términos o palabras específicos debe basarse en  
25 los contenidos de la especificación.

Varias modalidades ilustrativas se describirán más completamente con referencia a los dibujos acompañantes, en los que se muestran algunas modalidades ilustrativas. Sin embargo, el presente concepto inventivo puede llevarse a la práctica de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitado a las modalidades de ejemplo expuestas  
30 aquí. Más bien, estas modalidades ilustrativas se proporcionan para que esta descripción sea exhaustiva y completa, y transmita completamente el alcance del presente concepto inventivo a los expertos en la técnica.

Una carga aplicada en un motor puede dividirse en una carga CT (torque constante) y una carga VT (torque variable). Aunque se debe obtener un rendimiento de torque en toda el área de velocidad bajo la carga CT, no hay necesidad,  
35 en la carga VT, de obtener un rendimiento de torque en toda el área de velocidad debido, en la mayoría de las partes, a un torque que aumenta en proporción a la velocidad. Las cargas VT representativas pueden incluir un ventilador y una carga de una bomba.

40 En el caso de que se aplique un IPMSM a la carga VT, no se requiere un control de alto rendimiento como un control de vectores. Por lo tanto, la presente descripción puede obtener un rendimiento del motor, incluso si no se aplica un algoritmo complicado como un control de vectores, introduciendo un control constante de voltaje/frecuencia que es un método de control fácil para el motor de inducción.

45 A continuación, se describirán en detalle modalidades ilustrativas de la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos.

La Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un aparato para controlar un IPMSM de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

50 El aparato para controlar un IPMSM de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción se proporciona al interior de un inversor de PWM (200) de un sistema inversor como se muestra en la Figura 1, y se proporciona para realizar un control constante de voltaje/frecuencia de un IPMSM (300), que reemplaza un controlador (230), por ejemplo.

55 Con referencia a la Figura 4, un aparato para controlar un IPMSM (en lo sucesivo denominado "aparato") comprende una unidad de patrón V/F (Voltaje/Frecuencia) (10), una unidad generadora de voltaje de referencia trifásico (20), una unidad de conversión de corriente (30) controlar una corriente del motor midiendo la corriente del motor y un controlador de voltaje (40) compensando un voltaje en respuesta a un cambio de carga. La unidad de patrón V/F (10) genera un voltaje de referencia del eje q ( $V_{qseRef}$ ) de un marco de referencia síncrono a partir de una frecuencia de  
60 referencia ( $f_{ref}$ ). La configuración y el funcionamiento de la unidad de patrón V/F (10) son bien conocidos por los expertos en la materia, de modo que se omitirá ninguna explicación detallada de los mismos.

65 Para que la unidad de conversión de corriente (30) y el controlador de voltaje (40) restrinjan la pulsación de corriente de componente de torque en respuesta al cambio de carga en el IPMSM (300) en la presente descripción, se genera un voltaje de referencia del eje d ( $V_{dseRef}$ ) para controlar tanto la magnitud de voltaje de la unidad de patrón V/F (10) como el voltaje del eje d, por lo que se puede controlar la fase. La configuración detallada de la unidad de conversión

de corriente (30) y el controlador de voltaje (40) se describirán más adelante.

5 La unidad de conversión de voltaje de referencia trifásico (20) convierte los voltajes de referencia ( $V_{dseRef}$ ,  $V_{qseRef}$ ) en voltajes de referencia trifásicos ( $V_{asRef}$ ,  $V_{bsRef}$ ,  $V_{csRef}$ ), y suministra las conversiones a una unidad de conversión de potencia (210) de un inversor de PWM (200) y al IPMSM (300).

10 El voltaje de referencia del eje d ( $V_{deRef}$ ) para restringir la pulsación de la corriente de componente de torque en respuesta al cambio de carga en el motor se genera al observar una corriente  $I_{qse}$  correspondiente a una corriente de componente de torque obtenida de una unidad de detección de corriente (220) usando corrientes trifásicas ( $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$ ) del motor.

La Figura 5 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una unidad de conversión de corriente de la Figura 4 de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

15 Con referencia a la Figura 5, la unidad de conversión de corriente (30) según la presente descripción comprende un convertor A/D (analógico/digital) (31) que convierte las corrientes trifásicas ( $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$ ) en datos digitales, un primer convertor de coordenadas (32) convertir los datos digitalizados ( $I_{u'}$ ,  $I_{v'}$ ,  $I_{w'}$ ) en corrientes bifásicas de CA de un marco de referencia estacionario, y un segundo convertor de coordenadas (33) que convierte las corrientes bifásicas de CA ( $I_{dss}$ ,  $I_{qss}$ ) en corrientes bifásicas de DC de un marco de referencia síncrono.

20 La unidad de detección de corriente (220) de la Figura 1 detecta las corrientes del motor ( $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$ ) y transmite las corrientes del motor ( $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$ ) al aparato de la presente descripción.

25 El primer convertor de coordenadas (32) obtiene las corrientes bifásicas ( $I_{dss}$ ,  $I_{qss}$ ) del marco de referencia estacionario de la siguiente Ecuación 1, usando las corrientes ( $I_{u'}$ ,  $I_{v'}$ ,  $I_{w'}$ ) convertidas digitalmente por el convertor A/D (31):

[Ecuación 1]

30

$$I_{dss} = I_{u'}$$

35

$$I_{qss} = \frac{1}{\sqrt{3}} \times (I_{v'} - I_{w'})$$

40 El segundo convertor de coordenadas (33) convierte las corrientes ( $I_{dss}$ ,  $I_{qss}$ ) del marco de referencia estacionario obtenido por el primer convertor de coordenadas (32) en corrientes de CC de 2 fases ( $I_{dse}$ ,  $I_{qse}$ ) del marco de referencia síncrono, utilizando la siguiente ecuación 2:

[Ecuación 2]

45

$$I_{dse} = I_{dss} \times \cos \theta + I_{qss} \times \sin \theta$$

$$I_{qse} = -I_{dss} \times \sin \theta + I_{qss} \times \cos \theta$$

50 El voltaje de referencia del eje d ( $V_{deRef}$ ) es generado por el controlador de voltaje (40) observando la corriente de componente de torque ( $I_{qse}$ ) obtenida por el convertor de corriente (30), que se explica con referencia a un dibujo.

55 La Figura 6 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un controlador de voltaje de la Figura 4 de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción, donde el controlador de voltaje (40) finalmente genera un voltaje ( $V_{dseRef}$ ) para restringir la pulsación de una corriente ( $I_{qse}$ ) correspondiente a la corriente de componente de torque.

Con referencia a la Figura 6, el controlador de voltaje (40) de la presente descripción comprende un comparador (41) que genera un error entre una corriente pre-presente ( $I_{qse} [n-1]$ ) y una corriente presente ( $I_{qse} [n]$ ), y una unidad generadora de voltaje de referencia del eje d (42).

60 El comparador (41) genera un error entre la corriente pre-presente ( $I_{qse} [n-1]$ ) y la corriente presente ( $I_{qse} [n]$ ), como se explicó anteriormente.

65 La unidad generadora de voltaje de referencia del eje d (42) multiplica el error entre la corriente presente ( $I_{qse} [n-1]$ ), que es una salida del comparador (41), y la corriente presente ( $I_{qse} [n]$ ) por una ganancia proporcional (K) para generar un voltaje de referencia del eje d.

El controlador de voltaje (40) de la presente descripción disminuye un voltaje de referencia del eje d en el caso de que la corriente presente ( $I_{qse}[n]$ ) sea mayor que la corriente pre-presente ( $I_{qse}[n-1]$ ), y aumenta el eje d voltaje de referencia en un caso inverso, para controlar constantemente la corriente de componente de torque ( $I_{qse}$ ), por lo que se puede reducir una ondulación de torque causada por el cambio de carga en el IPMSM (300).

5

La tensión de referencia del eje d ( $V_{dseRef}$ ) se puede obtener mediante la siguiente Ecuación 3:

[Ecuación 3]

10

$$V_{dseRef} = K \times (I_{qse}[n-1] - I_{qse}[n])$$

La Figura 7 es una vista esquemática que ilustra una corriente en respuesta a una carga de un IPMSM en un sistema inversor aplicado con un aparato para controlar un IPMSM de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

15

Con referencia a la Figura 7, se puede observar que el IPMSM de acuerdo con la presente descripción puede reducir una pulsación de corriente en respuesta a una carga como en la Figura 3 y puede funcionar en un estado normal.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato configurado para controlar un IPMSM, el aparato que comprende:  
 un convertor de corriente (30) configurado para generar una corriente ( $I_{dse}$ ;  $I_{qse}$ ) de un marco de referencia  
 5 síncrono a partir de una corriente trifásica ( $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$ ) del IPMSM; y  
 un controlador de voltaje (40) configurado para generar un voltaje de referencia del eje d ( $V_{dseRef}$ ) que  
 compensa un voltaje en respuesta a un cambio de carga, caracterizado por una primera unidad generadora  
 (10) configurada para generar un voltaje de referencia del eje q ( $V_{qseRef}$ ) del marco de referencia síncrono a  
 10 partir de una frecuencia de referencia ( $f_{ref}$ ); y  
 caracterizado porque el controlador de voltaje (40) configurado para generar el voltaje de referencia del eje d  
 ( $V_{dseRef}$ ) observando una corriente de componente de torque a partir de la corriente del marco de referencia  
 síncrono obtenido por el convertor de corriente (30), y comprende un comparador (41) configurado para  
 generar un error entre una corriente presente ( $I_{qse} [n]$ ) y una corriente pre-presente ( $I_{qse} [n-1]$ ) a partir de la  
 15 corriente del marco de referencia síncrono recibido del convertor de corriente (30); y una segunda unidad  
 generadora (42) configurada para generar el voltaje de referencia del eje d aplicando una ganancia proporcional  
 al error.
2. El aparato de la reivindicación 1, además caracterizado por:  
 una primera unidad de conversión (20) configurada para convertir el voltaje de referencia del eje q y el voltaje  
 20 de referencia de eje d a un voltaje de referencia trifásico, y  
 proporcionar el voltaje de referencia trifásico convertido al IPMSM.
3. El aparato de la reivindicación 1 o 2, además caracterizado por:  
 una unidad de detección de corriente (220) configurada para detectar una corriente trifásica introducida en el  
 25 IPMSM, en donde la unidad de detección de corriente (220) proporciona una corriente trifásica detectada al  
 convertor de corriente (30).
4. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, caracterizado porque el convertor de corriente (30)  
 comprende:  
 30 una segunda unidad de conversión (32) configurada para convertir la corriente trifásica en una corriente bifásica  
 de un marco de referencia estacionario, y  
 una tercera unidad de conversión (33) configurada para convertir la corriente bifásica de un marco de referencia  
 estacionario en una corriente bifásica de un marco de referencia síncrono.
5. El aparato de la reivindicación 4, caracterizado porque el convertor de corriente (30) comprende además: un  
 35 convertor A/D (analógico/digital) configurado para convertir una corriente trifásica del IPMSM en datos digitales.

Figura 1

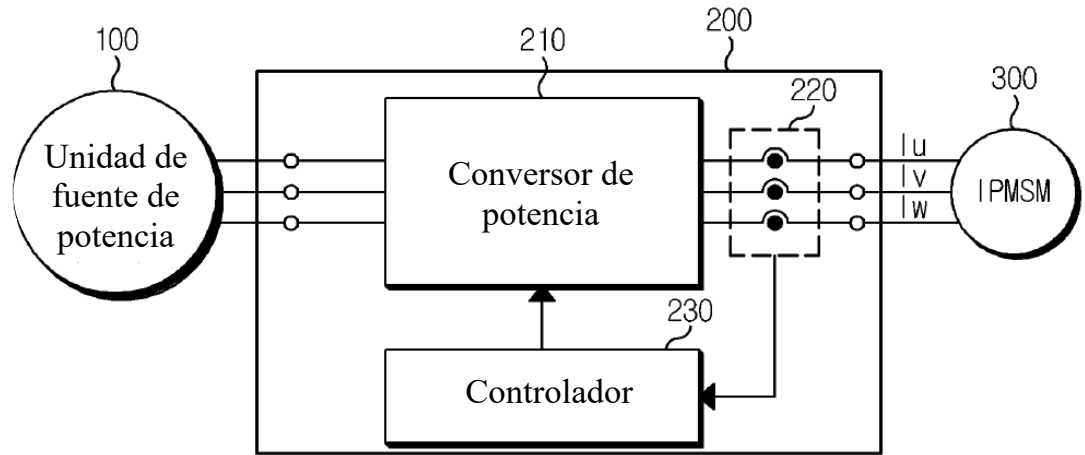


Figura 2

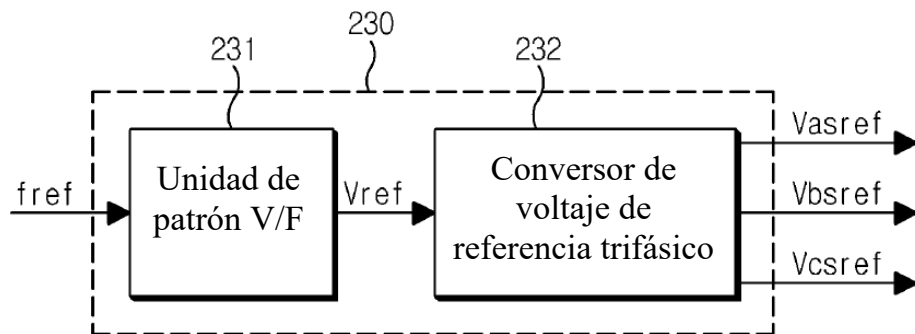




Figura 3

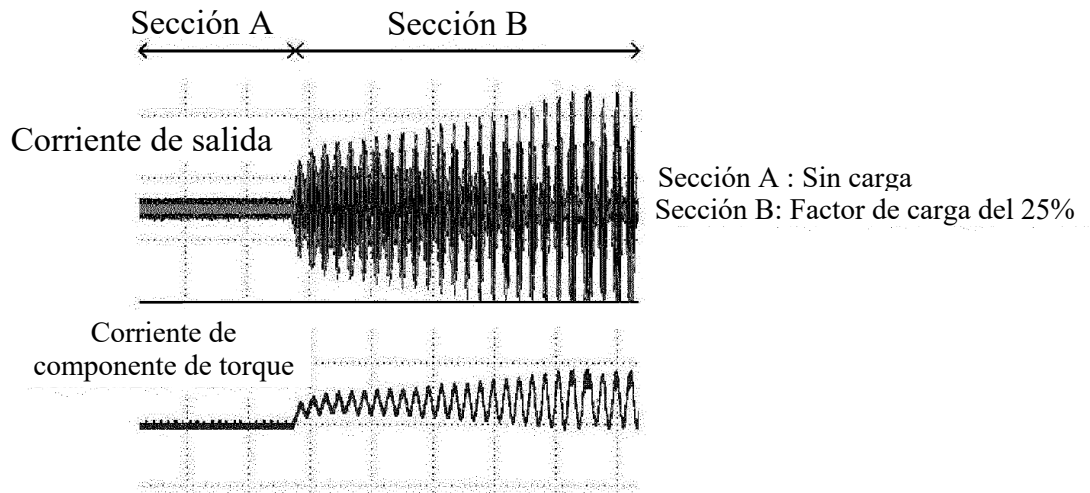


Figura 4

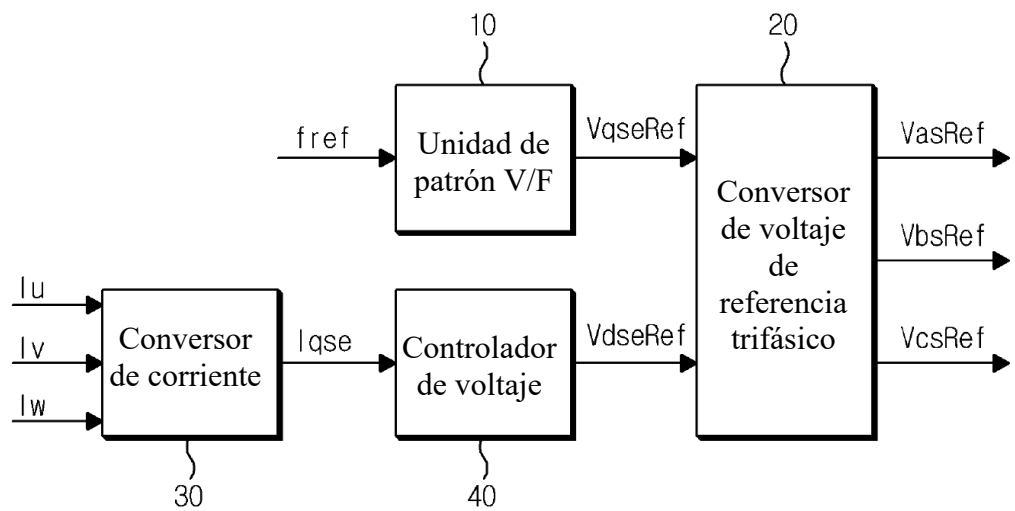


Figura 5

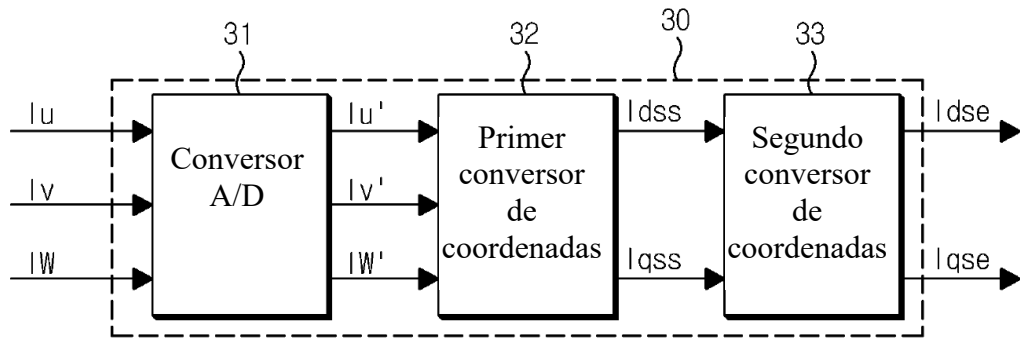


Figura 6

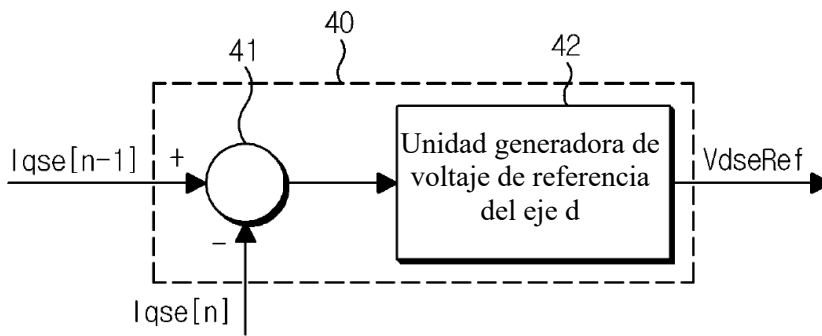


Figura 7

