

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 108**

51 Int. Cl.:

H02P 23/00 (2006.01)

H02P 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2016** E 16169262 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019** EP 3098961

54 Título: **Sistema de control de motor eléctrico de inducción**

30 Prioridad:

26.05.2015 KR 20150072952

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

04.12.2019

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)
LS Tower, 127, LS-ro, Dongan-gu, Anyang-si
Gyeonggi-do 14119, KR**

72 Inventor/es:

**MOON, JOO-YOUNG;
LEE, HAK-JUN y
YOO, ANNO**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 734 108 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

Sistema de control de motor eléctrico de inducción

5 Antecedentes

1. Campo técnico

10 La presente invención se refiere a un sistema de control de un motor eléctrico de inducción, y más particularmente, a un sistema de control de un motor eléctrico de inducción para controlar un motor eléctrico de inducción en una región de alta velocidad.

2. Descripción de la técnica relacionada

15 La capacidad de operar un motor eléctrico a alta velocidad se requiere en varios campos industriales que incluyen el campo de los motores eléctricos tales como ventiladores, bombas, sopladores, automóviles eléctricos, vehículo ferroviario y similares.

20 Entre los motores eléctricos en varios campos, para hacer funcionar el motor eléctrico de inducción en una región de alta velocidad por encima de una velocidad nominal preestablecida, se necesita el control de debilitamiento de flujo, es decir, que opera el motor eléctrico mediante la reducción de flujo magnético de un rotor del motor eléctrico.

25 Típicamente, el voltaje de salida del motor eléctrico de inducción aumenta con la velocidad del motor eléctrico de inducción.

El control de debilitamiento de flujo es una técnica capaz de controlar el motor eléctrico en una región de alta velocidad regulando apropiadamente el voltaje de salida (es decir, fuerza electromotriz contraria) que aumenta con la velocidad del motor eléctrico y controlando así el motor eléctrico, y a su vez asegura el margen de voltaje que puede sintetizarse en un inversor.

30 Más específicamente, el control de debilitamiento de flujo significa un método para reducir el flujo magnético del rotor cuando un valor de voltaje de salida está por encima de un voltaje nominal predeterminado.

35 En el caso de los motores eléctricos de CA entre los motores eléctricos de inducción, en el momento del control de vectores (o de control orientado) basado en el flujo magnético del rotor mediante el uso de un controlador de flujo, la fuerza electromotriz contraria se restringe mediante la reducción de la corriente eléctrica del componente de flujo magnético en el intervalo de operación de debilitamiento de flujo.

40 Este control de debilitamiento de flujo basado en el control de la corriente eléctrica tiene problemas en que su estructura es complicada y las características dinámicas varían en dependencia de la selección de la ganancia del controlador de flujo.

45 La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con la técnica anterior.

Con referencia a la Figura 1, la potencia de CA trifásica que se genera de un suministro de potencia de CA 102 se convierte en potencia de CC a través de un diodo 103, y la potencia de CC convertida se filtra a través de un filtro y luego se aplican a un inversor de PWM 104. La potencia de CC aplicada al inversor de PWM 104 se convierte en potencia de CA en dependencia de una señal de activación que es la salida de un controlador de flujo magnético 106 y un sistema de control de vectores 107, y luego se suministra a un motor eléctrico de inducción 105.

La Figura 2 es un diagrama que muestra un controlador de flujo magnético para generar flujo magnético en el sistema de control del motor eléctrico de inducción de acuerdo con la técnica anterior.

55 Cuando el control de vectores se realiza por el controlador de flujo magnético 106 en la Figura 2, la ecuación para el flujo magnético del eje d del rotor en el sistema de coordenadas que gira a velocidad síncrona es la siguiente:

[Ecuación 1]

$$60 \quad \frac{d\lambda_{dre}}{dt} = R_r \frac{L_m}{L_r} i_{dse} - \frac{R_r}{L_r} \lambda_{dre}$$

La ecuación 1 es una ecuación para el flujo magnético del eje d del rotor en el sistema de coordenadas que rota a una velocidad síncrona cuando se realiza el control de vectores. En la Ecuación 1, λ_{dre} indica el flujo magnético del eje d del rotor, L_m indica la inductancia de magnetización, L_r indica la inductancia del rotor, y R_r indica la resistencia del rotor.

Con referencia a la Figura 2, el controlador de flujo magnético 106 recibe el comando de flujo magnético del eje d, λ_{dre}^* y el flujo magnético, λ_{dre} del sistema de coordenadas síncronas. Una unidad de control de corriente 203 realiza un integral proporcional de acuerdo con la fórmula mostrada en la Figura 2 mediante el uso del comando de flujo magnético del eje d recibido, λ_{dre}^* y el flujo magnético, λ_{dre} . La unidad de prealimentación 202 prealimenta una porción de cambio del flujo magnético λ_{dre} de acuerdo con la fórmula mostrada en la Figura 2.

La corriente de comando, i_{dse}^* generada por la unidad de control de corriente 203 y la unidad de prealimentación 202 se convierte en flujo magnético λ_{dre} a través de la proporcional integral por medio de una unidad generadora de flujo magnético 204. El flujo magnético convertido por la unidad generadora de flujo magnética 204 se suministra al sistema de control de vectores 107.

En la Figura 2, "S" significa el operador de Laplace, es decir, una operación diferencial. En otras palabras, la unidad de control de corriente 203 realiza una operación integral denotada por "1/S" mediante el uso de una ganancia proporcional, K_p y una ganancia integral, K_i . Después, la unidad generadora de flujo magnético 204 realiza una operación diferencial indicada como "S".

El sistema de control de vectores 107 genera una señal de activación en base al flujo magnético convertido, λ_{dre} y aplicarlo al inversor de PWM 104.

Como tal, el controlador de flujo magnético convencional 106 tiene problemas ya que incluye una operación diferencial y una operación integral, que son procesos de operación relativamente complejos, existe una limitación para mejorar el rendimiento de la velocidad de operación debido a tales operaciones complejas y excesivas. En particular, ya que el controlador de flujo magnético existente 106 realiza una operación integral mediante el uso de una ganancia proporcional, K_p y una ganancia integral, K_i , existe un problema de que el desempeño fluctúa en gran medida en dependencia de la ganancia proporcional, K_p y ganancia integral, K_i .

Es decir, existe un problema que la mayor ganancia proporcional, K_p y la ganancia integral, K_i , cuanto más rápido sea la velocidad de operación debido a la reducción del número de operaciones, mayor será el error.

Por otra parte, también hay un problema que mientras menor sea ganancia proporcional, K_p y la ganancia integral, K_i , menor es el error, menor será la velocidad de operación debido al aumento del número de operaciones.

Además, no es posible evitar el aumento en el voltaje de salida del motor eléctrico correctamente debido al error del controlador de flujo magnético 106, o de otra manera es posible que la señal de activación no se suministre adecuadamente debido a la velocidad de operación lenta del controlador de flujo magnético 106. Como resultado, hay un problema de que el control en el motor eléctrico de inducción 105 mediante un sistema, se vuelve inestable en dependencia de las ganancias K_p y K_i del controlador de flujo magnético 106.

El documento US 2004/0228151 A1 describe un dispositivo de control inversor para accionar un motor. El dispositivo de control inversor incluye un primer corrector de comandos de voltaje del motor que corrige un comando de voltaje de cada fase y un segundo corrector de comandos de voltaje del motor que corrige nuevamente cada el comando de voltaje de fase corregido por el primer corrector de comandos de voltaje del motor.

Resumen

Un aspecto de la presente invención es proporcionar un sistema para controlar un motor eléctrico de inducción capaz de llevar a cabo un control de debilitamiento de flujo sin un controlador de flujo en una región de operación de alta velocidad bajo la cual el motor eléctrico corre a una velocidad por encima de una velocidad nominal predeterminada.

La presente invención no se limita al aspecto anterior y los otros aspectos de la presente invención se entenderán claramente por los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción. Otros objetivos y ventajas de la presente invención que no se mencionan en la presente descripción se entenderán por la siguiente descripción. Además, se apreciará claramente que los objetivos y ventajas de la presente invención pueden implementarse por medio de la definición en las reivindicaciones de patente anexas y sus combinaciones.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención para lograr los objetivos anteriores, un sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con la invención se define en la reivindicación 1.

de acuerdo con la presente invención, existen ventajas de que las inconveniencias de tener que regular el ancho de banda o la ganancia proporcional puedan eliminarse mediante el control del motor eléctrico de inducción en una región de operación de alta velocidad a través del control de flujo magnético sin ningún controlador de flujo magnético convencional y que es posible controlar de manera precisa el motor eléctrico de inducción, incluso en una región de operación de alta velocidad, mediante la regulación de la magnitud del voltaje de comando aplicado al motor eléctrico de inducción por medio de estrategias de modulación dinámica sin el controlador de flujo magnético.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con la técnica anterior.

5 La Figura 2 es un diagrama que muestra un controlador de flujo magnético para generar flujo magnético en el sistema de control del motor eléctrico de inducción de acuerdo con la técnica anterior.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

10 La Figura 4 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad preferida de la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de una unidad de corrección de voltaje de comando de acuerdo con una modalidad preferida de la presente invención.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un método para controlar un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

15 La Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un método para controlar un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad preferida de la presente invención.

Descripción detallada

20 De ahora en adelante, las modalidades de la presente invención se describirán en detalle con referencia a los dibujos acompañantes. Debe entenderse que la presente invención no está limitada a las siguientes modalidades, y que las modalidades se proporcionan únicamente con fines ilustrativos. El alcance de la invención debe definirse solamente por las reivindicaciones acompañantes y equivalentes de esta.

25 Los objetivos, características y ventajas de la presente invención como se describió anteriormente se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos y, por lo tanto, la idea técnica de la presente invención puede implementarse fácilmente a partir de una lectura de la siguiente descripción detallada por los expertos en la técnica.

30 En la descripción de la presente invención, si se considera que las descripciones detalladas sobre técnicas bien conocidas relacionadas con la presente invención no necesariamente oscurecen la esencia de la presente invención, tales descripciones detalladas se omiten.

35 Las modalidades preferidas de la presente invención se describirán en detalle con referencia a los dibujos acompañantes. En los dibujos, los mismos números de referencia se usan para indicar los mismos elementos o elementos similares.

40 En lo sucesivo, la configuración de un sistema de control de un motor eléctrico de inducción y un método para controlar un motor eléctrico de inducción, de acuerdo con una modalidad de la presente invención se describirá en detalle con referencia a las Figuras 3 a 7.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

45 Con referencia a la Figura 3, un sistema de control de un motor eléctrico de inducción comprende: un suministro de potencia de CA 102, una unidad de rectificación de diodos 103, un inversor de PWM 104, una unidad de detección 302, una unidad de control 301, una unidad de entrada 303, una unidad de cálculo de corriente de comando 306, una unidad de cálculo de voltaje de comando 305, una unidad de corrección de voltaje de comando 304, un sistema de control de vectores 307, una unidad de conmutación de operación 308, y una unidad generadora de señales de activación 309.

50 El suministro de potencia de CA 102 puede producir una potencia de CA trifásica al motor eléctrico de inducción 105. La unidad de rectificación de diodos 103 convierte la salida de potencia de CA trifásica del suministro de potencia de CA 102 en potencia de CC, y sale de la potencia de CC convertida al inversor de PWM 104. La potencia de CC convertida se filtra a través de un inductor y un capacitor proporcionado en un terminal de entrada del inversor de PWM 104, y luego se almacenan en el capacitor en el terminal de entrada del inversor de PWM 104 como potencia de CC, V_{dc} .

55 El inversor de PWM 104 recibe una señal de activación que se genera por la unidad generadora de señales de activación 309, convierte la potencia de CC en potencia de CA en dependencia de la señal de activación recibida, y sale potencia de CA convertida al motor eléctrico de inducción 105.

El motor eléctrico de inducción 105 puede operarse de acuerdo con la salida de potencia de CA.

60 La unidad de detección 302 puede detectar un par de comandos, T_e^* y una velocidad de salida, W_m del motor eléctrico de inducción 105. Cuando se detecta la velocidad de salida, la unidad de detección 302 puede transmitir información sobre la velocidad de salida y el torque de comando detectado a la unidad de control 301.

La unidad de entrada 303 puede recibir un flujo magnético de comando, Z_{dre}^* y una velocidad de comando, W_m^* desde el exterior y transmitir el flujo magnético y la velocidad de comando recibidos a la unidad de control 301.

5 La unidad de control 301 puede detectar un voltaje de comando que se aplica a la unidad generadora de señales de activación 309. La unidad de control 301 puede controlar la unidad de conmutación de operación 308 en base al voltaje de comando detectado y seleccionar un nuevo voltaje de comando requerido para generar una señal de activación en dependencia de una condición predeterminada. En una modalidad preferida de la presente invención, la unidad de control 301 puede seleccionar, sobre la base del voltaje de comando, cualquiera del sistema de control de vectores 307 y la unidad de corrección de voltaje de comando 304 como un medio de entrada al cual se aplica un voltaje de salida que se aplica a la unidad generadora de señales de activación 309 de acuerdo con la condición predeterminada.

15 El sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad preferida de la presente invención puede generar el voltaje de comando a través del medio de entrada que se selecciona del sistema de control de vectores 307 y la unidad de corrección de voltaje de comando 304 por la unidad de control 301 de acuerdo con la condición predeterminada, y transmite el voltaje de comando generado a la unidad generadora de señales de activación 309. Más específicamente, la unidad de control 301 puede detectar el voltaje de comando que se va a aplicar a la unidad generadora de señales de activación 309 y determinar si la condición predeterminada se satisface en base al voltaje de comando detectado.

20 Los ejemplos de la condición predeterminada pueden incluir si el voltaje de comando está modulado. Más específicamente, la unidad de control 301 determina si el voltaje de comando detectado es menor que o igual a un valor de voltaje para limitar el funcionamiento del inversor que es un valor de voltaje para operar el inversor, y selecciona un medio para generar un voltaje de comando en dependencia del resultado de la determinación.

25 Cuando el voltaje de comando detectado por la unidad de control 301 es menor que un valor de voltaje predeterminado para limitar el funcionamiento del inversor, la unidad de control 301 puede seleccionar el sistema de control de vectores 307 como un medio para generar el voltaje de comando. Cuando el sistema de control de vectores 307 se selecciona como el medio para generar voltaje de comando, el sistema de control del motor eléctrico de inducción genera el voltaje de comando a través del sistema de control de vectores 307, y aplica el voltaje de comando generado a la unidad generadora de señales de activación 309.

35 Cuando el voltaje de comando detectado es mayor que el valor de voltaje predeterminado para limitar el funcionamiento del inversor, la unidad de control 301 puede seleccionar la unidad de salida de voltaje de comando como un medio para generar el voltaje de comando. La unidad de salida de voltaje de comando puede incluir la unidad de corrección de voltaje de comando 304, la unidad generadora de voltaje de comando 305, y la unidad de cálculo de corriente de comando 306 como se muestra en la Figura 3. La unidad de control 301 puede seleccionar la unidad de cálculo de corriente de comando 306, la unidad generadora de voltaje de comando 305, y la unidad de corrección de voltaje de comando 304 como un medio para generar y corregir el voltaje de comando. Cuando la unidad de cálculo de corriente de comando 306, la unidad generadora de voltaje de comando 305, y la unidad de corrección de voltaje de comando 304 se seleccionan como un medio para generar y corregir el voltaje de comando, el sistema de control del motor eléctrico de inducción puede generar el voltaje de comando a través de la unidad de cálculo de corriente de comando 306, la unidad generadora de voltaje de comando 305, y la unidad de corrección de voltaje de comando 304, y aplicarla a la unidad generadora de señales de activación 309.

45 Además, la unidad de control 301 puede transmitir el flujo magnético de comando recibido, la velocidad de comando, y la velocidad de salida y comando de torque detectado a la unidad de cálculo de corriente de comando 306 o al sistema de control de vectores 307.

50 La unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede calcular una corriente de comando en función del flujo magnético recibido, la velocidad de comando, el par de comandos y la velocidad de salida. La unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede transmitir la corriente de comando calculada a la unidad de cálculo de voltaje de comando 305.

55 La unidad de cálculo de voltaje de comando 305 puede generar el voltaje de comando basado en la corriente de comando recibida. La unidad de cálculo de voltaje de comando 305 puede producir el voltaje de comando generado a la unidad de corrección de voltaje de comando 304.

60 La unidad de corrección de voltaje de comando 304 puede corregir el voltaje de comando recibido a una cantidad de voltaje determinado en base a la condición de voltaje predeterminado. Más específicamente, la unidad de corrección de voltaje de comando 304 puede corregir el voltaje de comando recibido a un voltaje menor o igual que un voltaje nominal. Es decir, la unidad de corrección de voltaje de comando 304 puede corregir el voltaje de comando que se genera y transmite a través de la unidad de cálculo de voltaje de comando 305 a un voltaje de un intervalo que puede recibirse y controlarse por la unidad generadora de señales de activación 309 y el inversor de PWM 104.

65 La unidad generadora de señales de activación 309 puede generar una señal de activación que fuerza al inversor de

PWM 104 a accionarse, basado en el voltaje de comando generado por la selección de la unidad de control 301. La unidad generadora de señales de activación 309 puede transmitir la señal de activación generada al inversor de PWM 104.

5 El inversor de PWM 104 puede accionarse de acuerdo con la señal de activación recibida. Además, el inversor de PWM 104 puede controlar la velocidad, W_m del motor eléctrico de inducción 105 mediante el uso de la señal de activación recibida y potencia de CC que se transmite.

10 En lo sucesivo, la configuración y el funcionamiento de la unidad de cálculo de corriente de comando, la unidad de cálculo de voltaje de comando y la unidad de corrección de voltaje de comando se describirán en detalle con referencia a la Figura 4.

La Figura 4 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de un sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad preferida de la presente invención.

15 Si se determina que el voltaje de comando que se aplica a la unidad generadora de señales de activación 309 en la Figura 3 es mayor que el valor de voltaje predeterminado para limitar el accionamiento del inversor, la unidad de control 301 puede seleccionar el medio para generar el voltaje de comando como la unidad de corrección de voltaje de comando 304 en la Figura 3, en donde un método para generar el voltaje de comando a través de la unidad de corrección de voltaje de comando 304 es un método para generar el voltaje de comando que se describirá con referencia a la Figura 4.

20 La unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede calcular una corriente de comando en base al par de comandos, el flujo magnético de comando, la velocidad de comando, y la velocidad de salida. Más específicamente, la unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede generar una corriente de comando de un estator de eje q, i_{qse}^* y una corriente de comando de un estator de eje d, i_{dse}^* en el sistema de coordenadas síncronas basado en el torque de comando, T_e^* del motor eléctrico de inducción 105 en la Figura 3, que se transmite desde la unidad de control 301 en la Figura 3, el flujo magnético de comando del estator eje d, i_{dse}^* en el sistema de coordenadas síncronas, la velocidad de comando y la velocidad de salida, y se obtienen la corriente de comando generada del estator del eje q y la corriente de comando del estator de eje d a la unidad de cálculo de voltaje de comando 305.

25 Más específicamente, la unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede calcular la corriente de comando del estator del eje d mediante la división del flujo magnético de comando transmitido, Z_{dre}^* mediante una inductancia de magnetización, L_m (es decir, $i_{dse}^* = \lambda_{dre}^* / L_m$). Además, la unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede calcular la corriente de comando del estator del eje q basado en el flujo magnético de comando transmitido λ , λ_{dre}^* , el torque de comando, T_e^* , la inductancia de magnetización, L_m , una inductancia del rotor, L_r , y una constante proporcional, P (es decir, $i_{qse}^* = T_e^* / (3/2 \cdot 3 P / 2 \cdot 3 L_{mlr} \cdot 3 X_{de}^*)$)

30 La unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede transmitir la corriente de comando calculada del estator de eje d, i_{dse}^* y la corriente de comando calculada del estator eje q, i_{qse}^* a la unidad de cálculo de voltaje de comando 305 mediante una unidad de operación de velocidad angular síncrona 300. Además, la unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede transmitir además la velocidad de comando, W_m^* y la velocidad de salida, W_m , que se transmiten desde la unidad de control 301 en la Figura 3 a la unidad de operación de velocidad angular síncrona 300.

35 Cuando la velocidad de comando, W_m^* y la velocidad de salida, W_m se transmite, la unidad de operación de velocidad angular síncrona 300 puede funcionar a una velocidad angular de salida, W_e para calcular el voltaje de comando, basado en la velocidad de comando transmitida, W_m^* y velocidad de salida, W_m . La unidad de operación de velocidad angular síncrona 300 puede transmitir la velocidad angular de salida de funcionamiento, W_e y la corriente de comando transmitida del estator eje d, i_{dse}^* y la corriente de comando del estator del eje q, i_{qse}^* a la unidad de cálculo de voltaje de comando 305.

40 La unidad de cálculo de voltaje de comando 305 puede calcular un voltaje de comando para destacar a la unidad generadora de señales de activación 309 en la Figura 3 basado en la velocidad angular de salida transmitida, W_e , la corriente de comando del estator eje d, i_{dse}^* y la corriente de comando del estator del eje q, i_{qse}^* . Más específicamente, la unidad de cálculo de voltaje de comando 305 puede calcular un voltaje de comando del estator del eje d basado en la velocidad angular de salida, W_e y la corriente de comando del estator del eje q, i_{qse}^* (es decir, $V_{dse}^* = -W_e \cdot 3 A \cdot 3 L_s \cdot 3 i_{qse}^*$, donde A es la conductividad eléctrica del motor eléctrico de inducción y L_s es la inductancia del estator). Además, la unidad de cálculo de voltaje de comando 305 puede calcular un voltaje de comando del estator del eje q basado en la velocidad angular de salida, W_e y la corriente de comando del estator-eje, i_{dse}^* (es decir, $V_{qse}^* = W_e \cdot 3 L_s \cdot 3 i_{dse}^*$). La unidad de cálculo de voltaje de comando 305 puede transmitir el voltaje de comando calculado del estator del eje q, V_{qse}^* y voltaje de comando del estator de eje d, V_{dse}^* a la unidad de corrección de voltaje de comando 304 mediante una unidad de conversión de voltaje 310.

65 La unidad de conversión de voltaje 310 puede convertir cada uno de los voltajes de comando transmitidos, V_{qse}^* y V_{dse}^* del sistema de coordenadas síncronas a voltajes de comando trifásicos, V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* para controlar el

inversor de PWM 104 en la Figura 3. La unidad de conversión de voltaje 310 puede transmitir los voltajes de comando trifásicos convertidos V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* a la unidad de corrección de voltaje de comando 304.

La unidad de corrección de voltaje de comando 304 puede corregir los voltajes de comando trifásicos recibidos V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* de acuerdo con la condición predeterminada.

En lo sucesivo, un método para corregir el voltaje de comando trifásico en línea con las estrategias de modulación dinámica a través de la unidad de corrección de voltaje de comando se describirá en detalle con referencia a la Figura 5.

La Figura 5 es un diagrama de bloques que muestra la configuración de una unidad de corrección de voltaje de comando de acuerdo con una modalidad preferida de la presente invención.

Con referencia a la Figura 5, la unidad de corrección de voltaje de comando 304 en la Figura 4 puede incluir una primera unidad de cancelación de voltaje 304A, una segunda unidad de cancelación de voltaje 304B y una unidad de suma de voltaje 304C.

La unidad de corrección de voltaje de comando 304 puede corregir la magnitud del voltaje de comando calculado a través de la unidad de cálculo de voltaje de comando 305 en la Figura 4 a un valor de voltaje igual o menor que un valor de voltaje de limitación de accionamiento para accionar el inversor de PWM 104 en la Figura 3. Más específicamente, la unidad de corrección de voltaje de comando 304 puede convertir el voltaje de comando trifásico a un voltaje de compensación en base a la magnitud del voltaje de comando calculado. El voltaje de compensación convertido anteriormente se convierte en un voltaje de un intervalo que puede recibirse y controlarse por la unidad generadora de señales de activación 309 y el inversor de PWM 104, es decir, el voltaje de comando corregido.

Más específicamente, cuando los voltajes de comando trifásicos se convierten a través de la unidad de conversión de voltaje 310, V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* se transmiten, la primera unidad de cancelación de voltaje 304A puede calcular: una primera voltaje de comando de cancelación de fase A (es decir, $V_{as}^* \cdot 3 V_{dc}/(V_{max} - V_{min})$); un primer voltaje de comando de cancelación de fase B (es decir, $V_{bs}^* \cdot 3 V_{dc}/(V_{max} - V_{min})$); y un primer voltaje de comando de cancelación de fase C (es decir, $V_{cs}^* \cdot 3 V_{dc}/(V_{max} - V_{min})$), basado en los voltajes de comando trifásicos V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* , en donde cada uno de los voltajes de comando de cancelación se obtiene multiplicando cada uno de los voltajes de comando trifásicos V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* mediante un primer valor de voltaje de cancelación (es decir, $V_{dc}/(V_{max} - V_{min})$) que se obtiene al dividir el voltaje de referencia predeterminado (es decir, el voltaje del terminal de entrada del inversor de PWM en (es decir, $V_{dc}/(V_{max} - V_{min})$) (es decir, voltaje del terminal de entrada del inversor de PWM en la Figura 3, V_{dc}) por un valor (es decir, $V_{max} - V_{min}$) obtenido al sustraer el valor de voltaje mínimo (es decir, V_{min}) del valor de voltaje máximo (es decir, V_{max}) entre los voltajes de comando trifásicos V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* .

Además, la segunda unidad de cancelación de voltaje 304B puede calcular: un segundo voltaje de comando de cancelación de fase A (es decir, $V_{as}^* \times -V_{dc}/2 \times (V_{max} + V_{min})/(V_{max} - V_{min})$); un segundo voltaje de comando de cancelación de fase B (es decir, $V_{bs}^* \times -V_{dc}/2 \times (V_{max} + V_{min})/(V_{max} - V_{min})$); y un segundo comando de cancelación de fase C (es decir, $V_{cs}^* \times -V_{dc}/2 \times (V_{max} + V_{min})/(V_{max} - V_{min})$), basado en los voltajes de comando trifásicos V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* transmitidos, en donde cada uno de los voltajes de comando de cancelación se obtiene multiplicando cada uno de los voltajes de comando trifásicos V_{as}^* , V_{bs}^* y V_{cs}^* por un segundo valor de voltaje de cancelación (es decir, $-V_{dc}/2 \times (V_{max} + V_{min})/(V_{max} - V_{min})$), donde el segundo valor de voltaje de cancelación se obtiene multiplicando un valor (es decir, $-V_{dc}/2$), que se obtiene al dividir el voltaje de referencia predeterminado (es decir, V_{dc}) por -2 , por un valor (es decir, $V_{max} + V_{min}$) obtenido al añadir el valor de voltaje mínimo (es decir, V_{min}) al valor de voltaje máximo (es decir, V_{max}), y después dividir el resultado por un valor (es decir, $V_{max} - V_{min}$) obtenido al sustraer el valor de voltaje mínimo (es decir, V_{min}) a partir del valor de voltaje máximo (es decir, V_{max}).

La primera unidad de cancelación de voltaje 304A puede transmitir los primeros voltajes de comando de cancelación de fase A, fase B y fase C calculados a la unidad de suma de voltaje 304C. Además, la segunda unidad de cancelación de voltaje 304B puede transmitir los segundos voltajes de comando de cancelación de fase A, fase B y fase C calculados a la unidad de suma de voltaje 304C.

Cuando el primer y segundo voltajes de comando de cancelación de fase A y el primer y segundo voltajes de comando de cancelación de fase B primero y el primer y segundo voltajes de comando de cancelación de fase C se transmiten, la unidad de suma de voltaje 304C puede calcular un voltaje final de comando de cancelación de fase A (es decir, $V_{an}^* = V_{as}^* \times V_{dc}/(V_{max} - V_{min}) + V_{as}^* \times -V_{dc}/2 \times (V_{max} + V_{min})/(V_{max} - V_{min})$), un voltaje final de comando de cancelación de fase B (es decir, $V_{bn}^* = V_{bs}^* \cdot 3 V_{dc}/(V_{max} - V_{min}) + V_{bs}^* \times -V_{dc}/2 \times (V_{max} + V_{min})/(V_{max} - V_{min})$), y un voltaje de comando final de cancelación de fase C (es decir, $V_{cn}^* = V_{cs}^* \times V_{dc}/(V_{max} - V_{min}) + V_{cs}^* \times -V_{dc}/2 \times (V_{max} + V_{min})/(V_{max} - V_{min})$), que se obtienen respectivamente agregando los voltajes de comando de cancelación primero y segundo de cada fase. Cuando se calculan los voltajes finales de comando de cancelación A, B y C, la unidad de suma de voltaje 304C puede transmitir cada uno de los voltajes finales de comando de cancelación calculados, V_{an}^* , V_{bn}^* , y V_{cn}^* a la unidad generadora de señales de activación 309.

La unidad generadora de señales de activación 309 puede generar una señal de activación para accionar el inversor

de PWM 104 mediante la adición de una salida de onda triangular a partir de un generador de ondas triangulares (no se muestra) a cada uno de los voltajes finales de comando de cancelación V_{an}^* , V_{bn}^* y V_{cn}^* transmitidos y aplicar las señales de activación generadas al inversor de PWM 104.

5 En lo sucesivo, la acción de control de un sistema de control de un motor eléctrico de inducción como se describe con referencia a las Figuras 3 a 5 se describirá en detalle con referencia a la Figura 6.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que muestra un método para controlar un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

10 Con referencia a la Figura 6, la unidad de entrada 303 en la Figura 3 recibe una velocidad de comando para controlar la velocidad del motor eléctrico de inducción 105 desde el exterior después de que el inversor de PWM 104 en la Figura 3 para controlar el motor eléctrico de inducción 105 se acciona, en S601. Cuando se recibe la velocidad de comando, la unidad de entrada 303 puede transmitir la velocidad de comando recibida a la unidad de control 301 en la Figura 3. Cuando la velocidad de comando se transmite desde la unidad de entrada 303, la unidad de control 301 puede determinar si la velocidad de comando recibida es mayor que la velocidad nominal predeterminada (es decir, velocidad de referencia para determinar si se lleva a cabo o no operación de alta velocidad). Cuando la velocidad de comando recibida se determina que es menor que la velocidad nominal preestablecida, la unidad de control 301 puede determinar la velocidad de comando como una velocidad de comando para una operación de baja velocidad. Cuando la velocidad de comando recibida se determina que es mayor que o igual a la velocidad nominal preestablecida, la unidad de control 301 puede determinar la velocidad de comando como una velocidad de comando para una operación de alta velocidad.

25 Cuando la velocidad de comando recibida a través de la unidad de entrada 303 se determina que es mayor que o igual a la velocidad nominal predeterminada, la unidad de control 301 detecta una velocidad de comando que ya está aplicada al inversor de PWM 104 en S602, detecta un flujo magnético de comando que se va a aplicar al inversor de PWM 104 en S603, detecta la velocidad de salida actual del motor eléctrico de inducción 105 través de la unidad de detección 302 en la Figura 4 en S604, y detecta un voltaje de comando calculado por el sistema para controlar el motor eléctrico de inducción en S605.

30 La unidad de control 301 determina si el voltaje de comando detectado se modula en S606. Más específicamente, la unidad de control 301 puede determinar si el voltaje de comando detectado cae dentro de un intervalo de valores de voltaje predeterminados para limitar el accionamiento del inversor. La unidad de control 301 puede seleccionar un medio para generar un voltaje de comando que corresponde a una nueva velocidad de comando del sistema de control de vectores 307 en la Figura 3 y la unidad de corrección de voltaje de comando 304, en línea con el resultado de determinar si o no el voltaje de comando detectado cae dentro del intervalo de valores de voltaje predeterminados para limitar el accionamiento del inversor.

40 Si no se determina que el voltaje de comando está más modulado, la unidad de control 301 controla el sistema de control de vectores 307 de manera que un voltaje de comando es el resultado de acuerdo con un método de control de vectores a través del sistema de control de vectores 307 en S607A.

45 Si se determina que el voltaje de comando está más modulado, la unidad de control 301 controla la unidad de corrección de voltaje de comando 304, no el sistema de control de vectores convencional 307, y sale un voltaje de comando obtenido al corregir el voltaje de comando calculado y un estado de sobremodulación a la unidad generadora de señales de activación 309 en S607B.

50 Cuando el voltaje de comando se sale, la unidad generadora de señales de activación 309 genera una señal de activación que fuerza al inversor de PWM a accionarse, basado en el voltaje de comando de salida en S608.

Cuando se genera la señal de activación, la unidad generadora de señales de activación 309 aplica la señal de activación generada al inversor de PWM 104 en S609.

55 En lo sucesivo, un método para corregir el estado de la modulación del voltaje de comando mostrado en la Figura 6 se describirá en detalle con referencia a la Figura 7.

La Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un método para controlar un motor eléctrico de inducción de acuerdo con una modalidad preferida de la presente invención.

60 Cuando la unidad de control 301 determina que el voltaje de comando calculado ya está bajo el estado de sobremodulación, la unidad de control 301 puede transmitir el flujo magnético de comando y la velocidad de comando a la unidad de cálculo de corriente de comando 306 en la Figura 3.

65 Cuando se transmite el flujo magnético de comando y la velocidad de comando, la unidad de cálculo de corriente de comando 306 calcula una corriente de comando (por ejemplo, corriente de comando del estator de eje d y corriente de comando del estator de eje q) basado en el flujo magnético de comando en S610. Cuando se calcula la corriente

de comando, la unidad de cálculo de corriente de comando 306 puede convertir la velocidad de comando a una velocidad angular síncrona de comando a través de la unidad de operación de velocidad angular síncrona 300 en la Figura 4 y transmitir la velocidad angular síncrona de comando convertido y la corriente de comando calculada a la unidad de cálculo de voltaje de comando 305.

5 Cuando se transmite la corriente de comando y la velocidad angular síncrona de comando, la unidad de cálculo de voltaje de comando 305 calcula un voltaje de comando (por ejemplo, voltaje de comando del estator del eje q y voltaje de comando del estator de eje d) basado en la velocidad angular síncrona de comando y la corriente de comando, que se transmite, en S612. Cuando se calcula el voltaje de comando, la unidad de cálculo de voltaje de comando 305 puede convertir el voltaje de comando calculado a voltajes de comando trifásicos (por ejemplo, voltaje de comando de fase A, voltaje de comando de fase B y voltaje de comando de fase C) a través de la unidad de conversión de voltaje 310 en la Figura 4, y transmitir cada uno de los voltajes de comando trifásicos a la unidad de corrección de voltaje de comando 304 en la Figura 4.

15 Cuando los voltajes de comando trifásicos se transmiten, la unidad de corrección de voltaje de comando 304 corrige el voltaje de comando calculado a un voltaje de compensación que tiene una magnitud que es igual a o menor que un valor de voltaje de limitación de accionamiento para accionar el inversor en S613. Cuando los voltajes de comando trifásicos se corrigen a los voltajes de compensación, la unidad de corrección de voltaje de comando 304 puede transmitir los voltajes de compensación a la unidad generadora de señales de activación 309 a medida que se corrigen los voltajes de comando.

20 Cuando los voltajes de comando trifásicos se corrigen a voltajes de compensación y se transmiten a la unidad generadora de señales de activación 309, la unidad generadora de señales de activación 309 genera una señal de activación que fuerza al inversor de PWM 104 a ser accionado, basado en los voltajes de comando corregidos en S614.

25 Cuando se genera la señal de activación, la unidad generadora de señales de activación 309 aplica la señal de activación generada al inversor de PWM 104 en S615.

30 Cuando se aplica la señal de activación, el inversor de PWM 104 controla el motor eléctrico de inducción 105 en base a la señal de activación aplicada, de manera que el motor eléctrico de inducción realiza una operación de alta velocidad a la entrada de velocidad de comando ya en S616.

35 Por otra parte, aunque no se muestra separadamente, un sistema de control de un motor eléctrico de inducción de acuerdo con otra modalidad de la presente invención comprende: un inversor para suministrar voltaje al motor eléctrico de inducción basado en una señal de activación; una primera y segunda unidades de control de vectores para generar señales de activación basadas en un comando de velocidad y un comando de flujo magnético para un rotor; y una unidad de control para seleccionar cualquiera de las señales de activación generadas por la primera y segunda unidades de control de vectores basadas en una velocidad nominal y el comando de velocidad.

40 Esto es, comparado con el sistema de control del motor eléctrico de inducción en la Figura 3, el sistema de control del motor eléctrico de inducción de acuerdo con otra modalidad como se mencionó anteriormente es, de hecho, similar a uno mostrado en la Figura 3, excepto que el primer vector de control corresponde al sistema de control de vectores 307 y comprende una unidad generadora de señales de activación 309 y que el segundo vector de control
45 corresponde a las unidades de salida de voltaje de comando 304, 305 y 306 y comprende una unidad generadora de señales de activación 309.

50 La primera unidad de control de vectores calcula el comando de corriente para el estator del eje d y el estator del eje q en base a un valor de diferencia entre la velocidad de comando y la velocidad del motor eléctrico de inducción y un comando de flujo magnético para el rotor del eje d. Luego, el comando de voltaje para el estator-eje y el estator de eje d en base al comando de corriente calculado para el estator. Posteriormente, se genera una señal de activación en base al comando de voltaje para el estator.

55 Por otra parte, la segunda unidad de control de vectores calcula el comando de voltaje para el estator del eje d y el estator del eje q de manera similar a la primera unidad de control de vector, y luego calcula los comandos de voltaje para tres fases en base al comando de voltaje para el estator de eje d y el estator del eje q. Después, la modulación dinámica que reduce la magnitud de cada uno de los tres comandos de voltaje de fase se lleva a cabo basado en el voltaje de salida máxima del inversor. Posteriormente, se genera una señal de activación basado en los tres comandos de voltaje de fase modulados.

60 La unidad de control suministra una salida de señal de activación desde la primera unidad de control de vectores al inversor cuando el comando de velocidad es menor que la velocidad nominal, pero suministra una salida de señal de salida desde la segunda unidad de control de vectores al inversor cuando el comando de velocidad es mayor que la velocidad nominal.

65 Como se mencionó anteriormente, cada una de la primera y segunda unidades de control de vectores calcula el

comando de corriente para el estator en base al flujo magnético y calcula el comando de voltaje para el estator en base al comando de corriente para el estator. Es decir, ya que ninguna de la primera y segunda unidades de control de vectores incluye un operador integral para calcular el comando de corriente para el estator en base al flujo magnético y al comando de flujo magnético del motor eléctrico de inducción, puede evitarse cualquier cambio característico debido a una ganancia proporcional y una ganancia integral.

Además, la segunda unidad de control de vectores modula los comandos de voltaje para tres fases para tener una magnitud menor que el voltaje de salida máxima del inversor y genera una señal de activación en base a los comandos de voltaje modulados para tres fases. La unidad de control suministra la señal de activación generada por la segunda unidad de control de vectores al inversor mientras controla el motor eléctrico de inducción en una región de alta velocidad. Por lo tanto, incluso sin regular el flujo magnético, es decir, sin un controlador de flujo magnético, es posible evitar la inestabilidad de control debido al hecho de que el voltaje de salida del inversor en una región de alta velocidad es insuficiente.

de acuerdo con la presente invención, existen ventajas de que las inconveniencias de tener que regular el ancho de banda o la ganancia proporcional puedan eliminarse mediante el control del motor eléctrico de inducción en una región de operación de alta velocidad a través del control de flujo magnético sin ningún controlador de flujo magnético convencional y que es posible controlar de manera precisa el motor eléctrico de inducción, incluso en una región de operación de alta velocidad, mediante la regulación de la magnitud del voltaje de comando aplicado al motor eléctrico de inducción por medio de estrategias de modulación dinámica sin el controlador de flujo magnético. Por lo tanto, existe un efecto ventajoso de que el control de debilitamiento de flujo pueda realizarse incluso sin un controlador de flujo en una región de operación de alta velocidad bajo la cual el motor eléctrico corre a una velocidad por encima de una velocidad nominal predeterminada.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para controlar un motor eléctrico de inducción (105) en una región de alta velocidad por encima de una velocidad nominal predeterminada, el sistema comprende:

5 un inversor (104) configurado para controlar el motor eléctrico de inducción (105); una unidad de entrada (303) configurada para recibir una velocidad de comando para hacer funcionar el motor eléctrico de inducción (105) a una velocidad alta por encima de una velocidad predeterminada (W_m^*); una unidad de salida de voltaje de comando (304, 305, 306) configurado para generar un voltaje de comando para hacer funcionar el inversor (104) en base a la velocidad

10 de comando recibida y a la salida del voltaje de comando generado al inversor; una unidad de control (301) configurada para controlar la unidad de salida de voltaje de comando (304, 305, 306) de manera que la salida de voltaje de comando al inversor se compara con un voltaje límite de operación predeterminado y el voltaje de comando generado se corrige para caer dentro del voltaje límite de operación predeterminado, en dependencia de un resultado de la comparación;

15 caracterizado porque, el sistema comprende además: un sistema de control de vectores (307) configurado para recibir la velocidad de comando, calcular un voltaje de comando de acuerdo con la velocidad de comando recibida, corregir el voltaje de comando calculado, a través del control de vectores, y mostrar el voltaje de comando corregido a través del control de vectores al inversor (104),

20 en donde, cuando la salida de voltaje de comando al inversor (104) se determina que es menor que el voltaje límite de operación predeterminado, la unidad de control (301) se configura para permitir que la salida de voltaje de comando a través del sistema de control de vectores (307) salga hacia dentro del inversor (107) y bloquee la salida de voltaje de comando desde la unidad de salida de voltaje de comando (304, 305, 306).
- 25 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el inversor (104) controla el flujo magnético de salida (λ_{dre}) del motor eléctrico de inducción (105) sobre la base del voltaje de comando corregido (V_{as}^* , V_{bs}^* , V_{cs}^*).
- 30 3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cuando la salida de voltaje de comando al inversor (104) se determina que es mayor que el voltaje límite de operación predeterminado, la unidad de control (301) bloquea la salida de voltaje de comando a través del sistema de control de vectores (307) y permite que la salida de voltaje de comando de la unidad de salida de voltaje de comando (304, 305, 306) ingrese en el inversor (104).
- 35 4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de salida de voltaje de comando (304, 305, 306) comprende:

una unidad de cálculo de corriente de comando (306) para calcular una corriente de comando basado en el flujo magnético de comando, la velocidad de comando, el par de comandos y la velocidad de salida, que se transmiten desde la unidad de control; una unidad de cálculo de voltaje de comando (305) para generar un voltaje de comando en base a la corriente de comando transmitida desde la unidad de cálculo de corriente de

40 comando; y una unidad de corrección de voltaje de comando (304) para convertir el voltaje de comando transmitido desde la unidad de cálculo de voltaje de comando a un voltaje de compensación y mostrar el voltaje de compensación como un voltaje de comando corregido.
- 45 5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de control (301) determina la velocidad de comando recibida como una velocidad que comanda la operación de velocidad baja cuando la velocidad de comando recibida es menor que la velocidad nominal predeterminada, mientras que la unidad de control determina la velocidad de comando recibida como una velocidad que comanda la operación de velocidad alta cuando la velocidad de comando recibida es mayor que o igual a la velocidad nominal predeterminada.

Figura 1

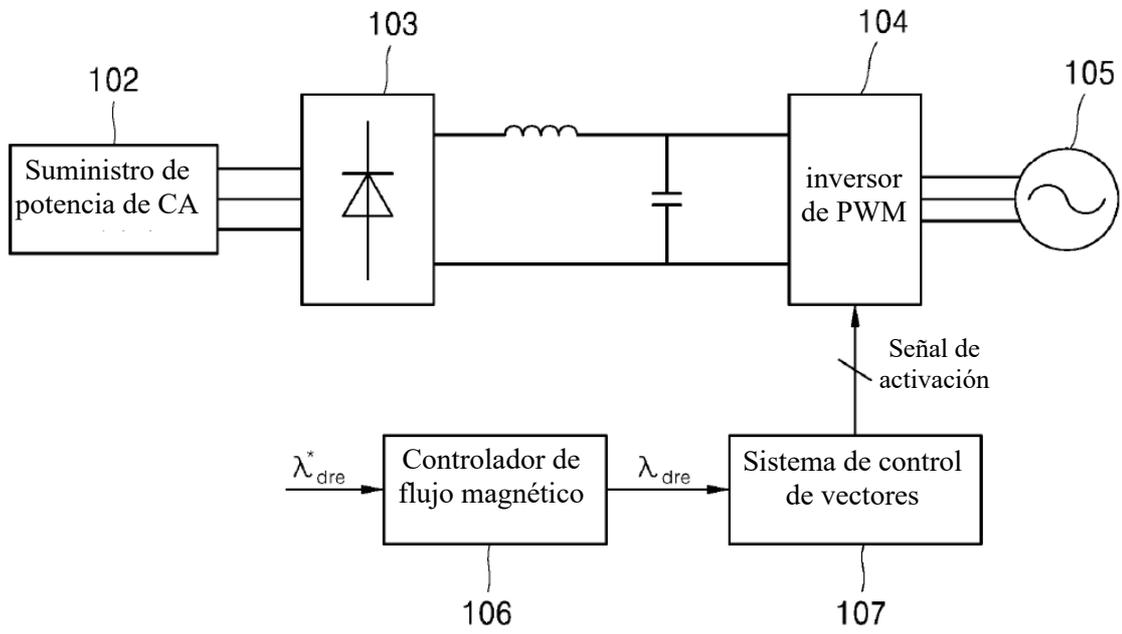


Figura 2

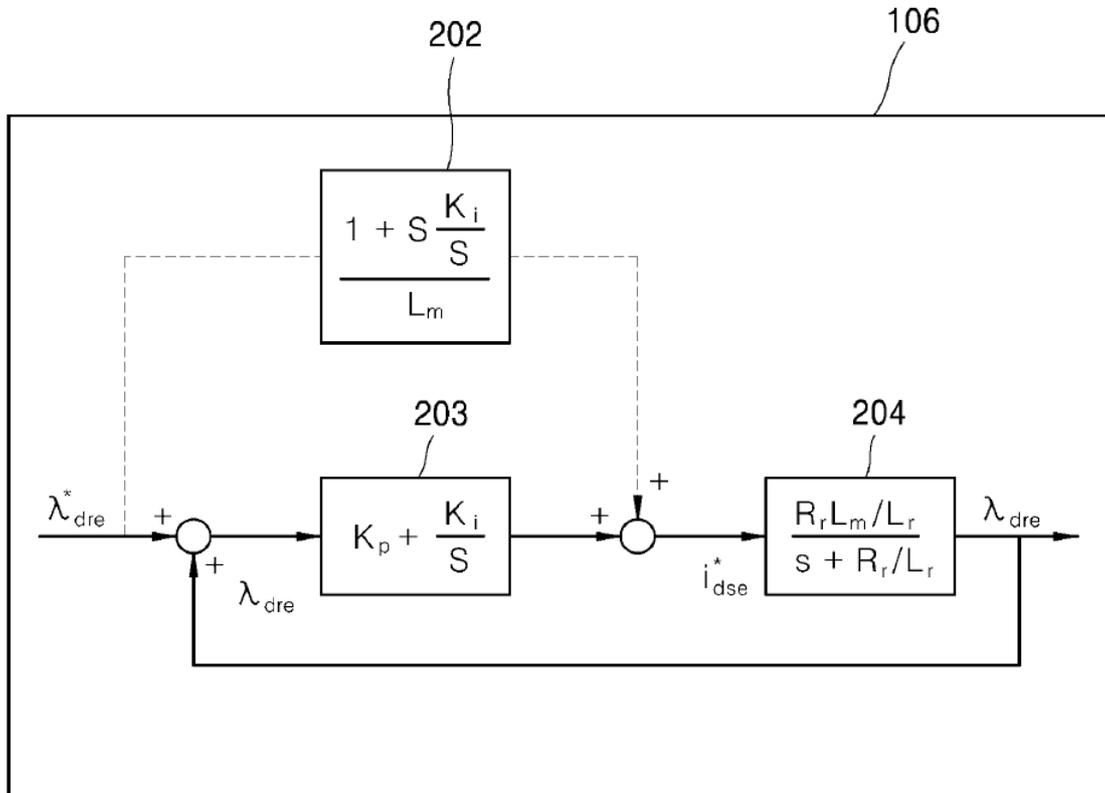


Figura 3

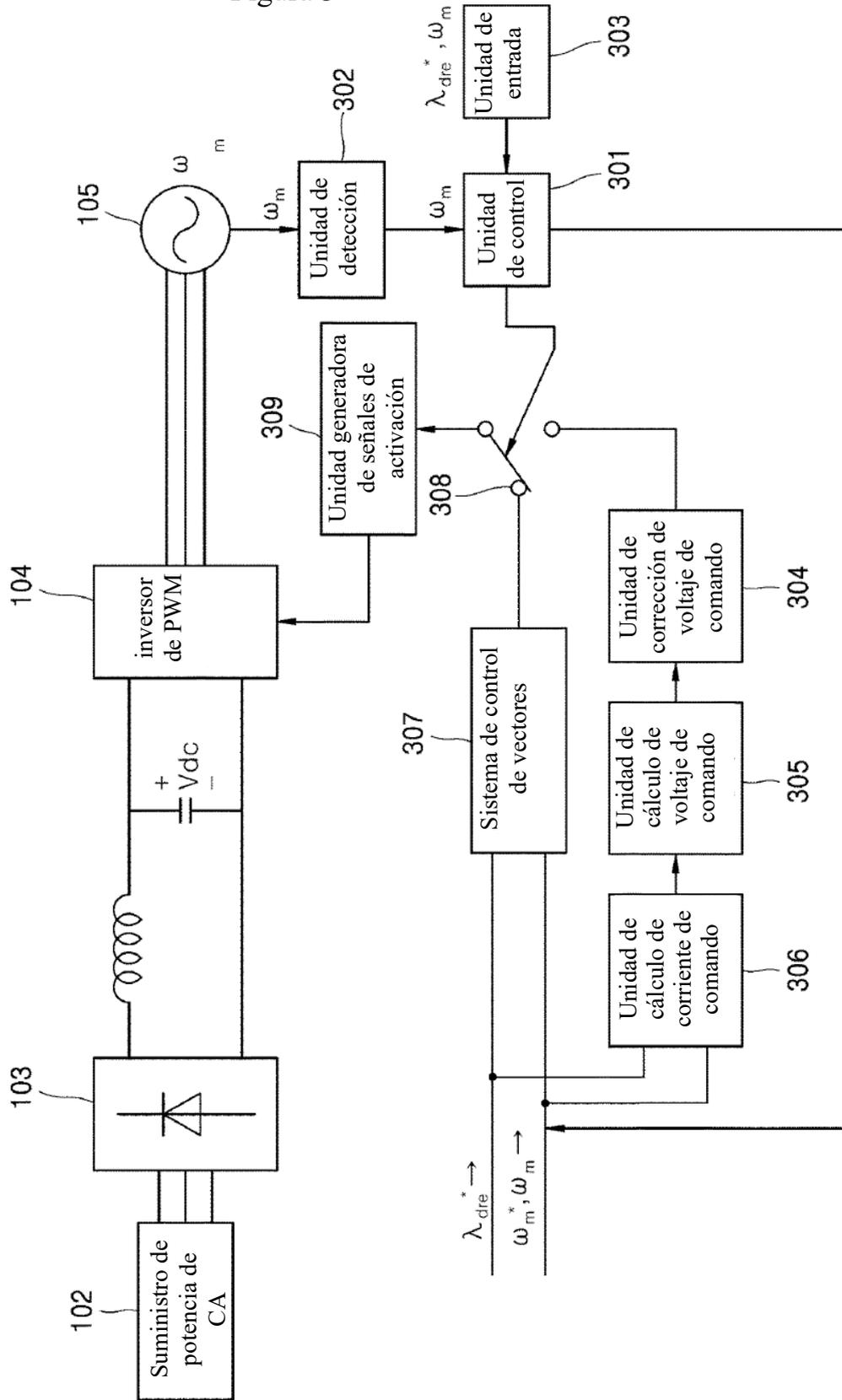


Figura 4

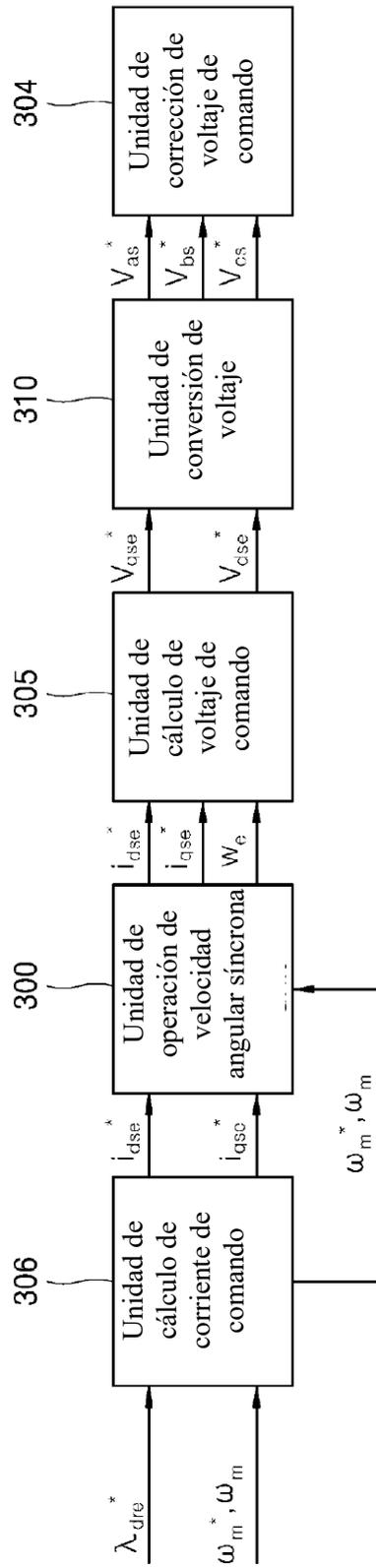


Figura 5

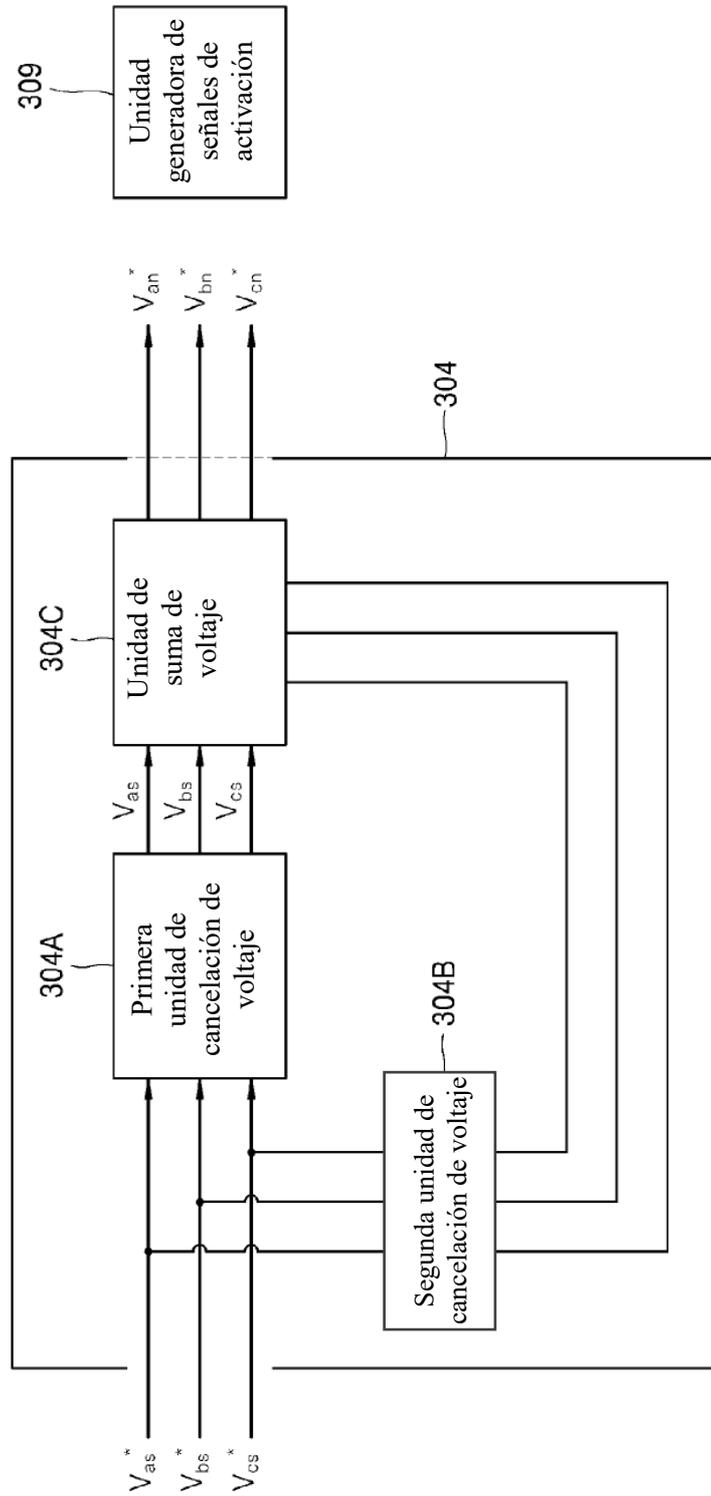


Figura 6

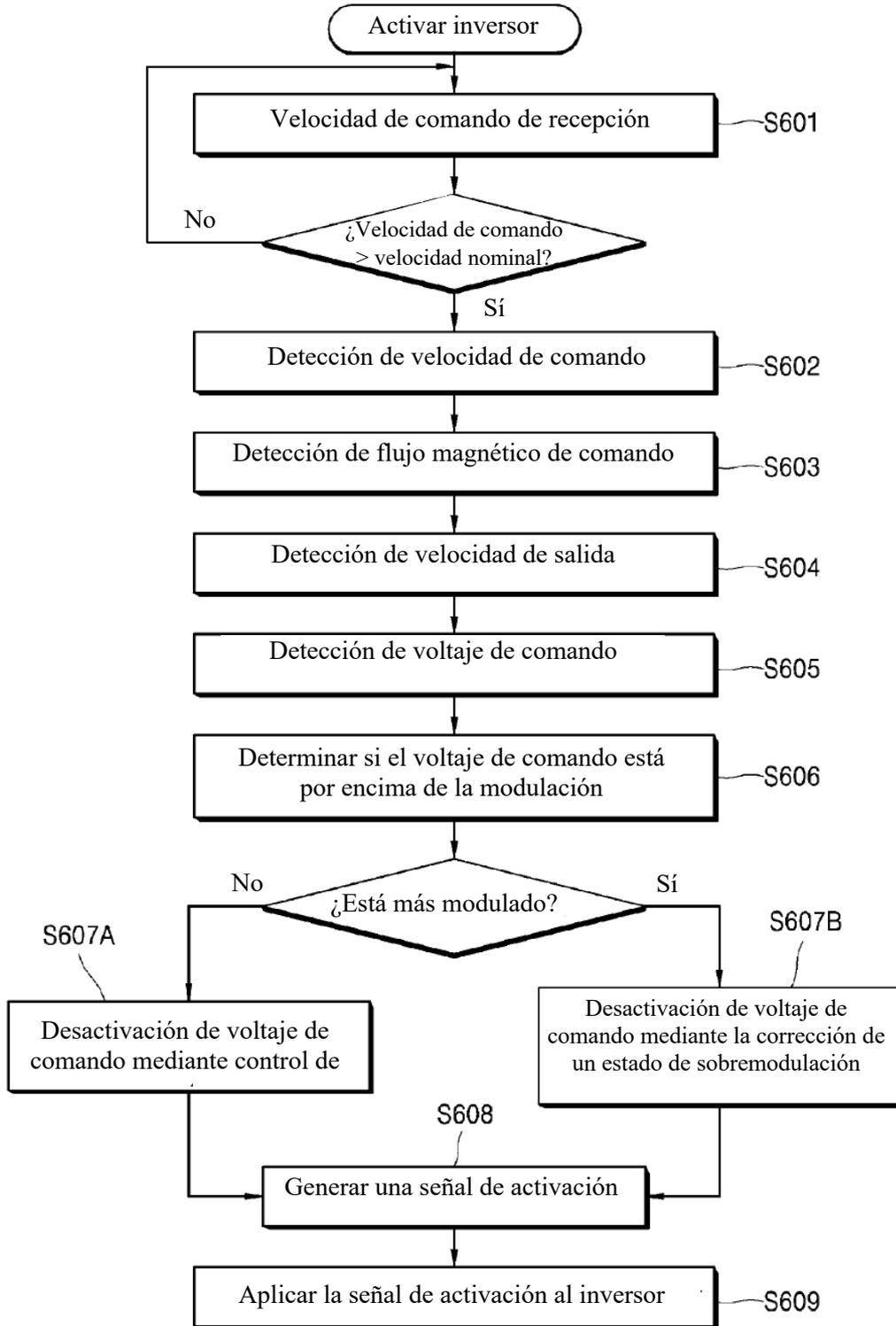


Figura 7

