

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 092**

51 Int. Cl.:

H02P 21/04 (2006.01)

H02P 21/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2015** E 15164601 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017** EP 2945280

54 Título: **Aparato para controlar una máquina de inducción**

30 Prioridad:

12.05.2014 KR 20140056588

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

16.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

YOO, ANNO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 655 092 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 una máquina de inducción

5 Antecedentes

Campo de la divulgación

10 La presente divulgación se refiere a un aparato para controlar una máquina de inducción.

Descripción de la técnica relacionada

15 En general, los sensores de posición de un rotor, tales como un codificador y un solucionador son útiles para mejorar el rendimiento de un accionamiento de motor. Sin embargo, estos sensores de posición tienen desventajas de ser vulnerables a una vibración y aumentar el coste para el sistema total. Por lo tanto, las necesidades de las técnicas para accionar un motor sin un sensor de posición están aumentando, debido a estos problemas.

20 Los métodos de accionamiento de motores sin un sensor de posición (sin sensores) se utilizan principalmente en cargas HVAC (calefacción, ventilación, aire acondicionado) tales como ventiladores, bombas y compresores, o cargas de elevación y descenso, tales como ascensores y grúas, para el propósito de control de la velocidad.

Además, los métodos de accionamiento sin sensores de un motor de inducción se utilizan principalmente para el propósito de control de par para los dispositivos tales como transportadores.

25 Sin embargo, en un método de control de par sin sensores en general, se sabe que el rendimiento de accionamiento a una velocidad baja y un área de bajo par se reduce en comparación con el rendimiento del accionamiento en un método de control de velocidad.

30 El documento EP 1 049 245 A1 divulga un método para controlar un motor de inducción, de manera que, si un valor de instrucción de velocidad es menor que un valor predeterminado, la corriente de salida de una unidad de conversión de potencia se controla para que sea mayor que un valor de corriente en una operación normal sin carga, o un valor de instrucción de frecuencia se calcula sobre la base de un valor de instrucción de velocidad en lugar de una velocidad estimada.

35 El documento JP 2011067066 divulga un controlador para controlar un motor síncrono de tipo de imán permanente integrado para operar de manera estable a baja velocidad usando un observador de flujo magnético, un estimador de velocidad angular, un estimador de velocidad y un calculador de posición magnético.

40 El documento US 2003090226 divulga un sistema para mejorar la salida de par de un motor de inducción orientado de campo que incluye un controlador que tiene una pluralidad de parámetros de control predeterminados operables para procesar señales de entrada para generar señales de salida.

45 El documento EP 0 117 514 A2 divulga un motor de inducción que es accionado por un inversor de potencia. Un comando de corriente de par se determina sobre la base de una diferencia entre un comando de velocidad y un valor de velocidad real.

Sumario de la divulgación

50 El reto técnico que la presente divulgación tiene la intención de lograr es, para proporcionar un aparato para controlar una máquina de inducción que aumenta la frecuencia de deslizamiento de un motor de inducción y, por lo tanto, mejora el rendimiento de estimación de flujo magnético, cambiando el tamaño de la corriente de flujo magnético ajustable al estado de accionamiento del motor de inducción.

55 En un aspecto general de la presente divulgación, se proporciona un aparato para controlar un motor, comprendiendo el aparato: un generador configurado para generar una orden de corriente de eje d y un comando de corriente de eje q de un marco de referencia síncrono; un controlador de corriente configurado para emitir una tensión de eje d y una tensión de eje q del marco de referencia síncrono, realizando un control proporcional e integral, desde el comando de corriente de eje d y el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono; una primera unidad de conversión configurada para convertir la tensión de eje d y la tensión de eje q del marco de referencia síncrono recibidas desde el controlador de corriente, a una tensión de eje d y a una tensión de eje q de un marco de referencia estacionario; un inversor configurado para emitir una tensión para controlar un motor, a partir de la tensión de eje d y la tensión de eje q del marco de referencia estacionario recibido desde la primera unidad de conversión; una segunda unidad de conversión configurada para convertir una corriente de fase emitida desde el inversor a una corriente de eje d y a una corriente de eje q del marco de referencia síncrono; una unidad de estimación configurada para estimar una velocidad y una posición de un rotor del motor, en base a la corriente de fase emitida desde el inversor, y en base a la tensión de eje d y la tensión de eje q del marco de

referencia estacionario emitido desde el primera unidad de conversión; y una unidad de corrección configurada para corregir el comando de corriente de eje d y el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono recibidos desde el generador y para proporcionar los comandos de corriente corregidos de eje d y de eje q para el controlador de corriente, utilizando el comando de corriente de eje d y el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono recibidos desde el generador y la velocidad del rotor recibida desde el estimador.

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, la unidad de corrección puede disminuir el comando de corriente de eje d del marco de referencia síncrona recibido desde el generador, aumenta una frecuencia de deslizamiento en respuesta al comando de corriente de disminución de eje d del marco de referencia síncrono, y acelera un ángulo de flujo magnético del rotor en respuesta a la mayor frecuencia de deslizamiento.

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, la unidad de corrección puede incluir: una unidad de determinación configurada para determinar una constante K para aplicarse al comando de corriente de eje d del marco de referencia síncrono; una primera unidad de cálculo configurada para multiplicar el comando de corriente de eje d del marco de referencia síncrono recibido desde el generador por la constante K; y una segunda unidad de cálculo configurada para multiplicar el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono recibido desde el generador por un número inverso de la constante K.

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, la unidad de determinación puede determinar la constante K en consideración de una condición de limitación de corriente, una condición de limitación de tensión, una condición de frecuencia de deslizamiento, y una condición de corriente de excitación.

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, la unidad de determinación puede determinar la constante K, de manera que la constante K se cumple en un intervalo de $Max(K_{min1}, K_{min2}, K_{min3}, K_{min4})DKDmin(1, K_{max})$, donde la función Max puede ser una función para buscar un valor máximo, la función min puede ser una función para buscar un valor mínimo, y cada uno de K_{min1} , K_{min2} , K_{min3} , K_{min4} y K_{max} se puede determinar para satisfacer la condición de limitación de corriente, la condición de frecuencia de deslizamiento, la condición de limitación de tensión, la condición de corriente de excitación y la condición de frecuencia de deslizamiento, respectivamente.

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, el K_{min1} se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$K_{min1} = \sqrt{\frac{B - \sqrt{B^2 - 4AT_e^2}}{2A}}$$

donde $A = K_t^2 \cdot i_{ds}^{e4}$, $B = K_t^2 \cdot i_{ds}^2 \cdot I_{s_nominal}^2$, y

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, la K_{min2} se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$K_{min2} = \sqrt{\frac{T_e}{K_t \cdot i_{ds}^2 \cdot T_r \cdot W_{sl_sobre}}}$$

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, el K_{min2} se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$K_{min3} = \sqrt{\frac{V_{max}^2 - \sqrt{V_{max}^4 - 4L_s^2 \sigma L_s^2 \frac{T_e^2}{K_t^2}}}{2L_s^2 i_{dse}^2}}$$

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, el K_{min4} se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$K_{min4} \leq 0.2$$

En alguna realización ejemplar de la presente divulgación, el K_{\max} se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$K_{\max} = \sqrt{\frac{V_{\max}^2 + \sqrt{V_{\max}^4 - 4L_s^2 \sigma L_s^2 \frac{T_e^2}{K_t^2}}}{2L_s^2 i_{dse}^2}}$$

5 De acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación, la velocidad y la posición del rotor puede estimarse de forma estable con respecto a la misma velocidad del rotor, debido a que la velocidad del rotor y las frecuencias de la tensión y la corriente aplicada a la unidad de estimación de posición se incrementan, y la frecuencia del flujo magnético del rotor se acelera, aumentando la frecuencia de deslizamiento disminuyendo la corriente de flujo magnético.

Breve descripción de los dibujos

15 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato para el control de par sin sensores de un motor de inducción convencional.
 La figura 2 es un diagrama de bloques detallado que ilustra un generador de comando de corriente de la figura 1.
 Las figuras 3a y 3b son diagramas de bloques detallados que ilustran un controlador de corriente de la figura 1.
 La figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra un controlador de motor de inducción de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.
 20 La figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra una unidad de corrección de comando de corriente de la figura 4 de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación.

Descripción detallada

25 Varias realizaciones de ejemplo se describirán más completamente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran algunas realizaciones de ejemplo. Sin embargo, el presente concepto inventivo puede realizarse en muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones de ejemplo expuestas en el presente documento. Por el contrario, el aspecto descrito pretende abarcar todas las alteraciones, modificaciones, variaciones y equivalentes que caen dentro del alcance y la nueva idea de la presente divulgación.

30 En lo sucesivo, con referencia a figuras adjuntas, se describe un control de par sin sensores convencional, y después se describirá en detalle una realización ejemplar de la presente divulgación.

35 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato para el control de par sin sensores de un motor de inducción convencional.

El generador de comando de corriente (10) genera comandos de corriente de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono a partir del comando de par. El controlador de corriente (20) es un controlador de corriente proporcional e integral que incluye una proalimentación. El controlador de corriente (20) emite tensiones de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono. La primera unidad de conversión de coordenadas (30) convierte la tensión de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono a la tensión del marco de referencia estacionario.

45 Mientras tanto, la segunda unidad de conversión de coordenadas (40) convierte las corrientes de fase del motor de inducción (2) medidas por los sensores de corriente (70a, 70b, 70c) a corrientes de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono. El inversor (50) aplica una tensión al motor de inducción (2).

Además, la unidad de estimación (60) de la velocidad del rotor y de la posición estima la velocidad y la posición de un rotor del motor de inducción trifásico (2), mediante la recepción de las corrientes de fase del motor de inducción (2) recibidas desde los sensores de corriente (70) y la tensión de salida de la primera unidad de conversión de coordenadas (30).

De aquí en adelante, una estructura del aparato de la figura 1 se describirá más en detalle.

55 La figura 2 es un diagrama de bloques detallado que ilustra un generador (10) de comando de corriente de la figura 1. La unidad 1 (11) determina un comando de corriente de eje d a partir del flujo magnético del rotor regular. Aquí, L_m es una inductancia magnetizante.

La unidad 2 (12) realiza un cálculo para encontrar el comando de corriente de eje q. La unidad 3 (13) restringe el valor máximo del comando de par inicial. La unidad 4 (14) emite el comando de corriente de eje q a partir de la

relación del comando de par emitido por la unidad 3 (13) y el flujo magnético del rotor regular. Aquí, el par del motor de inducción es como en la siguiente ecuación:

[Ecuación 1]

5

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m}{L_r} \lambda_{dr}^e i_{qs}^e$$

A partir de la Ecuación 1 anterior, se puede encontrar el comando de corriente de eje q como en la siguiente ecuación:

10

[Ecuación 2]

$$i_{qs}^e = \frac{T_e}{\frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m}{L_r} \lambda_{dr}^e}$$

15 Las figuras 3a y 3b son diagramas de bloques detallados que ilustran un controlador (20) de corriente de la figura 1. La figura 3a es un diagrama de bloques de un controlador de corriente de eje d, y la figura 3b es un diagrama de bloques de un controlador de corriente de eje q.

20 Como se ilustra en las figuras 3a y 3b, los controladores de corriente de eje d y de eje q están formados por un controlador proporcional e integral y de proalimentación, para controlar respectivamente cada una de la corriente de ejes d y de eje q del marco de referencia síncrono. Aquí, la unidad 1 (21a), la unidad 2 (21b), la unidad 5 (24a) y la unidad 6 (24b) proporcionan una ganancia proporcional e integral para el control de la corriente, a partir del comando de corriente y de la corriente de retroalimentación, mientras que la unidad 3 (22) y la unidad 7 (25) realizan la proalimentación. La estructura detallada puede formarse de diversas formas modelando el motor de inducción (2).

25

Además, la unidad 4 (23) y la unidad 8 (26) proporcionan una ganancia contraria al enrollado para la prevención de la divergencia de la unidad 2 (21b) y de la unidad 6 (24b), cuando la salida del regulador de corriente (20) excede el tamaño de tensión que el inversor puede componer.

30 La primera unidad de conversión de coordenadas (30) de la figura 1 convierte la tensión del marco de referencia síncrono a la tensión del marco de referencia estacionario de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

[Ecuación 3]

35

$$V_{ds}^s = V_{ds}^{e*} \cos \theta_e - V_{qs}^{e*} \sin \theta_e$$

[Ecuación 4]

40

$$V_{qs}^s = V_{ds}^{e*} \sin \theta_e + V_{qs}^{e*} \cos \theta_e$$

La segunda unidad de conversión de coordenadas (40) convierte las corrientes de fase del motor de inducción (2) medidas por el sensor de corriente (70a, 70b, 70c) a las corrientes de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

45

[Ecuación 5]

$$i_{ds}^s = \frac{2i_{as} - i_{bs} - i_{cs}}{3}$$

[Ecuación 6]

50

$$i_{qs}^s = \frac{i_{bs} - i_{cs}}{\sqrt{3}}$$

[Ecuación 7]

$$i_{ds}^e = i_{ds}^s \cos \theta_e + i_{qs}^s \sin \theta_e$$

5

[Ecuación 8]

$$i_{qs}^e = -i_{ds}^s \sin \theta_e + i_{qs}^s \cos \theta_e$$

10 La unidad de estimación de la posición y la velocidad del rotor (60) emite la velocidad y la posición del rotor recibiendo la corriente de salida del motor de inducción (2) y la tensión de salida del inversor (50). La unidad de estimación de la velocidad y la de posición del rotor (60) pueden formarse mediante diversos métodos.

15 En el aparato convencional de este tipo para controlar el par de un motor de inducción, la corriente de par está fijado en un cierto comando de par, ya que el tamaño de la corriente de magnetización es fijo. Por lo tanto, la frecuencia de deslizamiento se mantiene para reducirse en la situación de la misma velocidad del rotor. Por lo tanto, la estimación de la velocidad del rotor y el ángulo de flujo magnético se vuelve difícil, debido a la declinación del rendimiento de la estimación del flujo magnético, que es esencial para controlar el motor de inducción.

20 Por lo tanto, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación, se proporciona un aparato para controlar una máquina de inducción que aumenta la frecuencia de deslizamiento de un motor de inducción y, por lo tanto, mejora el rendimiento de estimación de flujo magnético, cambiando el tamaño de la corriente de flujo magnético ajustable al estado de accionamiento del motor de inducción.

25 La figura 4 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar que ilustra un controlador de un motor de inducción de acuerdo con la presente divulgación.

30 Como se ilustra en la figura 4, el aparato de control (1) de la presente divulgación puede incluir un generador de comandos de corriente (10), una unidad de corrección de comandos de corriente (80), un controlador de corriente (20), una primera unidad de conversión de coordenadas (30), una segunda unidad de conversión de coordenadas (40), un inversor (50), una unidad de estimación de la posición y la velocidad del rotor (60), y sensores de corriente (70a, 70b, 70c), para controlar el motor de inducción (2).

35 El generador de comandos de corriente (10) puede generar comandos de corriente de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono del comando de par. La operación detallada del generador de comandos de corriente (10) es como se describió previamente a través de la figura 2. El controlador de corriente (20) puede ser un controlador de corriente proporcional e integral que incluye una proalimentación. El controlador de corriente (20) puede emitir tensiones de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono. La operación detallada del controlador de corriente (20) es como se describió previamente a través de las figuras 3a y 3b.

40 La primera unidad de conversión de coordenadas (30) puede convertir la tensión de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono a la tensión del marco de referencia estacionario.

45 Además, la segunda unidad de conversión de coordenadas (40) puede convertir las corrientes de fase del motor de inducción (2) a corriente de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono, mediante la recepción de las corrientes de fase del motor de inducción (2) a partir de los sensores de corriente (70a, 70b, 70c). El inversor (50) puede emitir una tensión para controlar el motor de inducción (2), utilizando la tensión de eje d y la tensión de eje q del marco de referencia estacionario recibido desde la primera unidad de conversión de coordenadas (30).

50 La unidad de estimación de la velocidad del rotor y de la posición (60) puede estimar la velocidad del rotor y la posición del motor de inducción (2), mediante la recepción de las corrientes de fase del motor de inducción (2) a partir de los sensores de corriente (70a, 70b, 70c), y al recibir la tensión de eje d y la tensión de eje q del marco de referencia estacionario desde la primera unidad de conversión de coordenadas (30).

55 La unidad de corrección de comando de corriente (80) puede corregir el comando de corriente de eje d y el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono, mediante la recepción del comando de corriente de eje d y el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono emitido desde el generador de comandos de corriente (10), y recibiendo la velocidad del rotor recibido desde la unidad de estimación de la posición y la velocidad del rotor (60).

60 A continuación, la operación del aparato de control (1) ilustrado en la figura 4 se describirá. Debido a que las operaciones de todos los elementos a excepción de la unidad de corrección de comandos de corriente (80) son como se describió anteriormente con referencia a las figuras 1 a 3, se describirá principalmente la operación de la unidad de corrección de comandos de corriente (80).

En primer lugar, la ecuación de par del motor de inducción (2) en un estado estacionario es como en la siguiente.

Aquí, la corriente de eje d corresponde a la corriente de flujo magnético, y la corriente de eje q corresponde a la corriente de par.

5

[Ecuación 9]

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m^2}{L_r} i_{ds}^e i_{qs}^e$$

10 Aquí, $\frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m^2}{L_r}$ es una constante. Por lo tanto, se define como: $\frac{3}{2} \frac{P}{2} \frac{L_m^2}{L_r} = K_t$.

Mientras tanto, la frecuencia de deslizamiento del motor de inducción (2) se puede definir como en la siguiente ecuación.

15

[Ecuación 10]

$$\omega_{sl} = \frac{1}{T_r} \frac{i_{qs}^e}{i_{ds}^e}$$

20 Además, mientras se acciona el motor de inducción (2), el ángulo de flujo magnético del rotor puede definirse como en la siguiente ecuación.

[Ecuación 11]

$$\theta_e = \int \omega_r + \omega_{sl} dt$$

25

donde ω_r es la velocidad eléctrica de un rotor del motor de inducción (2).

30 En la Ecuación 9 anterior, cuando se cambia la corriente de eje d del motor de inducción (2), la corriente de eje q también se cambia para satisfacer el comando de par. Especialmente, cuando se disminuye la corriente de eje d, aumenta el tamaño de la corriente de eje q. Por lo tanto, como resultado, el tamaño de la frecuencia de deslizamiento se incrementa por la relación de la Ecuación 10, y el ángulo de flujo magnético del rotor cambia más rápido en la misma velocidad del rotor por la relación de la Ecuación 11.

35 La presente divulgación es para controlar de manera estable el motor de inducción (2) mediante la reducción del tamaño de la corriente de eje d (corriente de flujo magnético), mediante el uso de tal fenómeno como anteriormente. De acuerdo con una realización a modo de ejemplo de la presente divulgación, la unidad de corrección de comandos de corriente (80) puede corregir las corrientes de eje d y de eje q con las siguientes cuatro condiciones.

- 40 1. Condición de limitación de corriente
- 2. Condición de limitación de tensión
- 3. Condición de frecuencia de deslizamiento
- 4. Condición de corriente de excitación

45 En un primer momento, la condición de limitación de corriente puede expresarse como en la siguiente ecuación.

[Ecuación 12]

$$(i_{ds}^e)^2 + (i_{qs}^e)^2 \leq I_{s_nominal}^2$$

50 Al cambiar la corriente de eje d al multiplicar por K (K es un número real tal que $0 < K \leq 1$), la Ecuación 12 se puede expresar como en la siguiente ecuación.

[Ecuación 13]

$$(K i_{ds}^e)^2 + \left(\frac{T_e}{K_t K i_{ds}^e} \right)^2 \leq I_{s_nominal}^2$$

5 A continuación, se puede encontrar un intervalo de la constante K como en la siguiente ecuación.

[Ecuación 14]

$$K_{min1} < K \leq 1$$

10

donde
$$K_{min1} = \sqrt{\frac{B - \sqrt{B^2 - 4AT_e^2}}{2A}}, \quad A = K_t^2 i_{ds}^{e4}, \quad B = K_t^2 i_{ds}^{e2} I_{s_nominal}^2.$$

A continuación, la condición de limitación de tensión se puede expresar como a continuación.

15

[Ecuación 15]

$$V_{ds}^{e2} + V_{qs}^{e2} \leq V_{s,max}^2$$

La Ecuación 15 anterior se puede aproximar mediante la siguiente ecuación.

20

[Ecuación 16]

$$\sigma L_s^2 \frac{T_e^2}{K_t^2 i_{sin_cargas}^2 K^2} + L_s^2 K^2 i_{sin_cargas}^2 \leq V_{max}^2$$

25 A partir de la Ecuación 16 anterior, pueden establecerse las siguientes condiciones.

[Ecuación 17]

$$K_{max} = \sqrt{\frac{V_{max}^2 + \sqrt{V_{max}^4 - 4L_s^2 \sigma L_s^2 \frac{T_e^2}{K_t^2}}}{2L_s^2 i_{dse}^2}}$$

30

[Ecuación 18]

$$K_{min3} = \sqrt{\frac{V_{max}^2 - \sqrt{V_{max}^4 - 4L_s^2 \sigma L_s^2 \frac{T_e^2}{K_t^2}}}{2L_s^2 i_{dse}^2}}$$

35 A continuación, la condición de frecuencia de deslizamiento se puede expresar como a continuación.

A partir de la Ecuación 10, la condición de frecuencia de deslizamiento se puede expresar como en la siguiente ecuación.

40

[Ecuación 19]

$$W_{sl_cal} = \frac{1}{T_r} \frac{1}{K i_{ds}^e} \frac{T_e}{K_t K i_{ds}^e} \leq \frac{1}{T_r} \frac{i_{qs_nominal}}{i_{ds}^e} M = W_{sl_sobre}$$

5 La Ecuación 19 anterior significa que la frecuencia de deslizamiento con respecto a un determinado comando de par se mantiene como por debajo de M veces de la frecuencia de deslizamiento regular. Normalmente, M satisface la siguiente condición.

[Ecuación 20]

10

$$0 < M \leq 2$$

15 La Ecuación 20 anterior es para hacer que la frecuencia de deslizamiento del motor de inducción (2) desde el comando de corriente corregido se controle por debajo de las dos veces de la frecuencia de deslizamiento regular. El intervalo de la Ecuación 20 puede cambiarse de acuerdo con el tipo de motor de inducción (2).

A continuación, se puede encontrar la siguiente condición.

[Ecuación 21]

20

$$K_{min 2} = \sqrt{\frac{T_e}{K_t i_{ds}^2 T_r W_{sl_sobre}}}$$

Para el último, la condición de corriente de excitación se puede expresar como a continuación.

25 El control del motor de inducción (20) normalmente se desestabiliza cuando se realiza suficientemente la excitación. Por lo tanto, la corriente mínima de excitación se puede establecer de acuerdo con el tipo de motor de inducción (2), como se muestra a continuación.

[Ecuación 22]

30

$$K_{min 4} \geq 0,2$$

35 En la Ecuación 22, se describe un ejemplo donde la relación de la corriente mínima de excitación se establece como el 20 % de la corriente de excitación regular. Sin embargo, la relación puede cambiar según el tipo de motor de inducción (2).

El intervalo de K se puede encontrar a partir de las Ecuaciones 14, 17, 18, y 22, como a continuación.

[Ecuación 23]

40

$$\text{Max}(K_{min 1}, K_{min 2}, K_{min 3}, K_{min 4}) \leq K \leq \text{min}(1, K_{max})$$

donde la función Max es una función para buscar un valor máximo, y la función min es una función para buscar un valor mínimo.

45

De acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación, la frecuencia de deslizamiento se puede maximizar, estableciendo el valor de K como el valor mínimo que se satisface en un intervalo de la Ecuación 23. A través de esto, el comando de corriente de eje d y de eje q del marco de referencia síncrono que mantiene un cierto par se puede modificar como en las siguientes ecuaciones.

50

[Ecuación 24]

$$i_{ds}^{e*} = K i_{ds}^{e****}$$

[Ecuación 25]

$$i_{qs}^{e*} = \frac{1}{K} i_{qs}^{e***}$$

5 La figura 5 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar detallada que ilustra una unidad de corrección de comando de corriente (80) de la figura 4.

10 Como se ilustra en la figura 5, la unidad de corrección de comandos de corriente (80) del aparato de control (1) de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación puede incluir una unidad de determinación K (81) y unidades de multiplicación (82a, 82b).

15 La unidad de determinación K (81) puede determinar K mediante la Ecuación 23 determinada de acuerdo con las condiciones limitativas descritas anteriormente. Las unidades de multiplicación (82a, 82b) pueden emitir comandos de corriente corregidos como en las Ecuaciones 24 y 25 anteriores, utilizando la K.

20 Por lo tanto, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación, cuando se aumenta la frecuencia de deslizamiento, la frecuencia del rotor ángulo de flujo magnético se acelera mediante la relación de la Ecuación 11, y las frecuencias de la tensión y la corriente aplicadas a la unidad de estimación de la velocidad y la posición del rotor (60) aumentan. Por lo tanto, la velocidad y la posición del rotor se pueden estimar de forma estable con respecto a la misma velocidad del rotor.

Es decir, de acuerdo con una realización ejemplar de la presente divulgación, el rendimiento del motor de inducción puede mejorarse, mediante la maximización de la frecuencia de deslizamiento en un cierto comando de par.

25 Las realizaciones ejemplares mencionadas anteriormente pretenden ser ilustrativas, y no limitar el alcance de las reivindicaciones. Muchas alternativas, modificaciones, variaciones y equivalentes serán evidentes para los expertos en la técnica. Las características, estructuras, métodos y otras características de las realizaciones ejemplares descritas en el presente documento pueden combinarse de diversas maneras para obtener realizaciones ejemplares adicionales y/o alternativas. Por lo tanto, el alcance técnico de los derechos para la presente divulgación se decidirá mediante las reivindicaciones.

Números de referencia

- 35 10: generador de comando de corriente
- 20: controlador de corriente
- 30, 40: unidad de conversión de coordenadas
- 50: inversor
- 60: unidad de estimación de la velocidad y la posición del rotor
- 70a, 70b, 70c: sensor de corriente
- 40 80: unidad de corrección del comando de corriente
- 2: motor de inducción

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para controlar un motor (2) que comprende:

5 un generador (10) configurado para generar un comando de corriente de eje d y un comando de corriente de eje q de un marco de referencia síncrono;
 un controlador de corriente (20) configurado para emitir una tensión de eje d y una tensión de eje q del marco de referencia síncrono, realizando un control proporcional e integral, a partir del comando de corriente de eje d y del comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono;
 10 una primera unidad de conversión (30) configurada para convertir la tensión de eje d y la tensión de eje q del marco de referencia síncrono recibidas desde el controlador de corriente (20) a una tensión de eje d y a una tensión de eje q de un marco de referencia estacionario;
 un inversor (50) configurado para emitir una tensión para controlar un motor, a partir de la tensión de eje d y de la tensión de eje q del marco de referencia estacionario recibido desde la primera unidad de conversión (30);
 15 una segunda unidad de conversión (40) configurada para convertir una corriente de fase emitida desde el inversor (50) a una corriente de eje d y a una corriente de eje q del marco de referencia síncrono; y
 una unidad de estimación (60) configurada para estimar una velocidad y una posición de un rotor del motor (2), en base a la corriente de fase emitida desde el inversor (50), y en base a la tensión de eje d y a la tensión de eje q del marco de referencia estacionario emitido desde la primera unidad de conversión (30); caracterizado por
 20 una unidad de corrección (80) configurada para corregir el comando de corriente de eje d y el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono recibidos desde el generador (10) y para proporcionar los comandos de corriente corregidos de eje d y de eje q para el controlador de corriente (20), utilizando el comando de corriente de eje d y el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono recibido desde el generador (10) y la velocidad del rotor recibido desde el estimador (60),
 25 en el que la unidad de corrección (80) aumenta el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono en respuesta a una disminución en el comando de corriente de eje d del marco de referencia síncrono recibido desde el generador (10), proporciona el comando de corriente de eje q incrementado del marco de referencia síncrono con el controlador de corriente (20), aumenta una frecuencia de deslizamiento en respuesta al comando de corriente de eje q incrementado del marco de referencia síncrono, y acelera un ángulo de flujo magnético del rotor en respuesta a la frecuencia de deslizamiento aumentada,
 30 en el que la unidad de corrección (80) incluye:
 una unidad de determinación (81) configurada para determinar una constante K que se aplica al comando de corriente de eje d del marco de referencia síncrono;
 35 una primera unidad de cálculo (82a) configurada para multiplicar el comando de corriente de eje d del marco de referencia síncrono recibido desde el generador (10) por la constante K; y
 una segunda unidad de cálculo (82b) configurada para multiplicar el comando de corriente de eje q del marco de referencia síncrono recibido desde el generador (10) por un número inverso de la constante K.

40 2. El aparato de la reivindicación 1, en el que la unidad de determinación (81) determina la constante K en consideración de una condición de limitación de corriente, una condición de limitación de tensión, una condición de frecuencia de deslizamiento, y una condición de corriente de excitación.

45 3. El aparato de la reivindicación 2, en el que la unidad de determinación (81) determina la constante K de modo que la constante K se satisface en un intervalo de $\text{Max}(K_{\text{min}1}, K_{\text{min}2}, K_{\text{min}3}, K_{\text{min}4}) \leq K \leq \text{min}(1, K_{\text{max}})$, donde la función Max es una función para buscar un valor máximo, la función min es una función para buscar un valor mínimo, y cada uno de $K_{\text{min}1}, K_{\text{min}2}, K_{\text{min}3}, K_{\text{min}4}$ y K_{max} se determina para satisfacer la condición de limitación de corriente, la condición de frecuencia de deslizamiento, la condición de limitación de tensión, la condición de corriente de excitación y la condición de frecuencia de deslizamiento, respectivamente.

55 4. El aparato de la reivindicación 3, en el que la $K_{\text{min}1}$ está determinada por la siguiente ecuación:

$$K_{\text{min}1} = \sqrt{\frac{B - \sqrt{B^2 - 4AT_e^2}}{2A}}$$

60 donde $A = K_t^2 i_{ds}^{e4}$, y $B = K_t^2 i_{ds}^2 I_{s_nominal}^2$.

5. El aparato de la reivindicación 3 o 4, en el que:
la $K_{\min 2}$ está determinada por la siguiente ecuación:

$$K_{\min 2} = \sqrt{\frac{T_e}{K_t i_{ds}^2 T_r W_{sl_sobre}}}$$

5

6. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que
la $K_{\min 2}$ está determinada por la siguiente ecuación:

$$K_{\min 3} = \sqrt{\frac{V_{\max}^2 - \sqrt{V_{\max}^4 - 4L_s^2 \sigma L_s^2 \frac{T_e^2}{K_t^2}}}{2L_s^2 i_{dse}^2}}$$

10

7. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que
la $K_{\min 4}$ está determinada por la siguiente ecuación:

$$K_{\min 4} \geq 0,2.$$

15

8. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en el que
la K_{\max} está determinada por la siguiente ecuación:

$$K_{\max} = \sqrt{\frac{V_{\max}^2 + \sqrt{V_{\max}^4 - 4L_s^2 \sigma L_s^2 \frac{T_e^2}{K_t^2}}}{2L_s^2 i_{dse}^2}}$$

20

FIG. 1

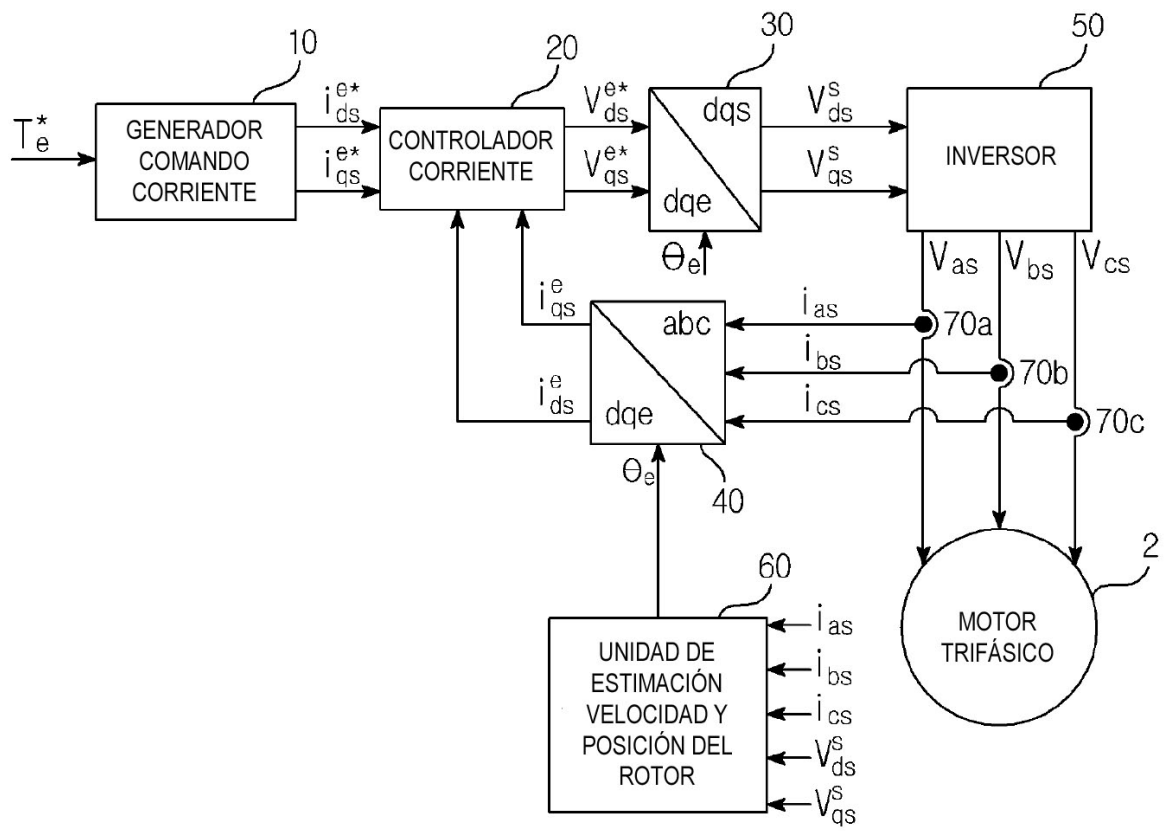


FIG. 2

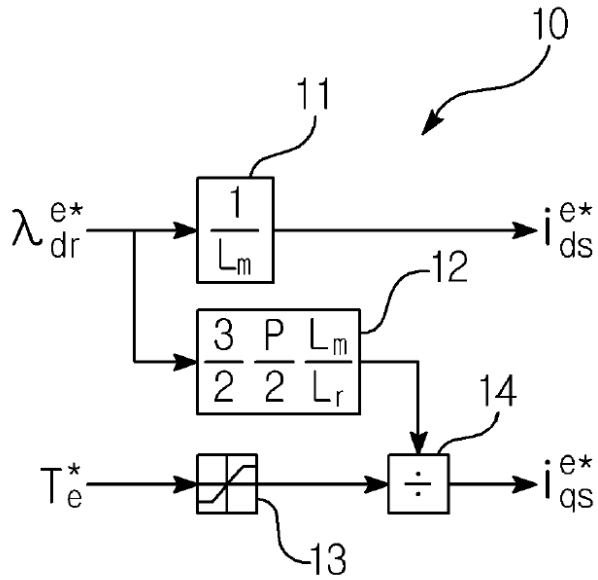


FIG. 3a

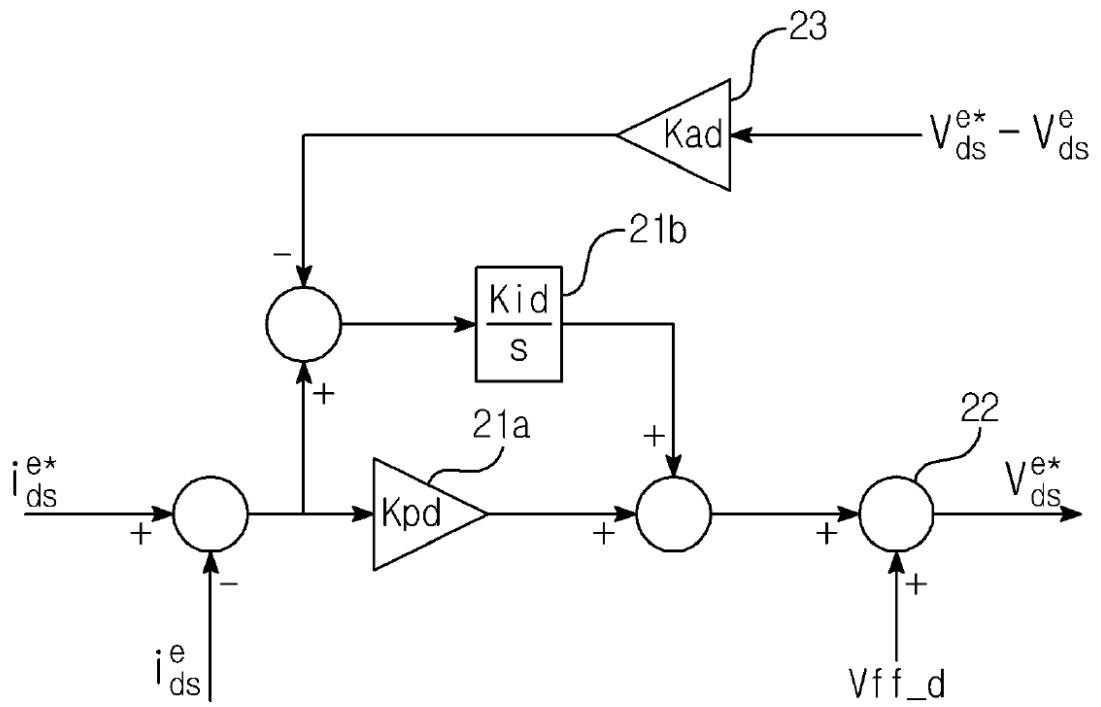


FIG. 3b

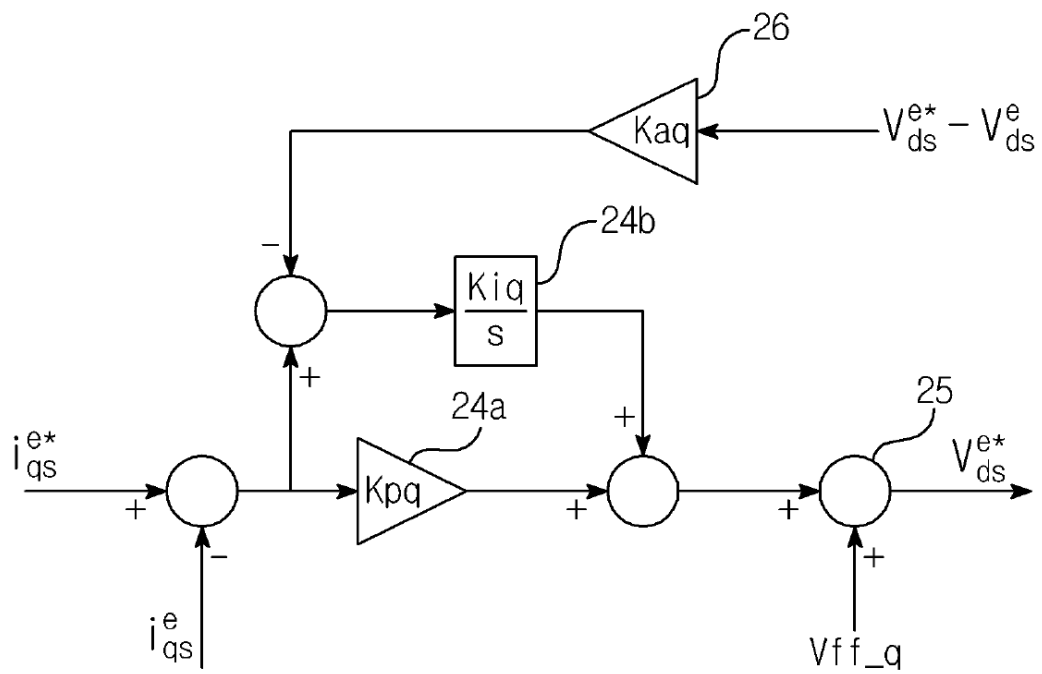


FIG. 4

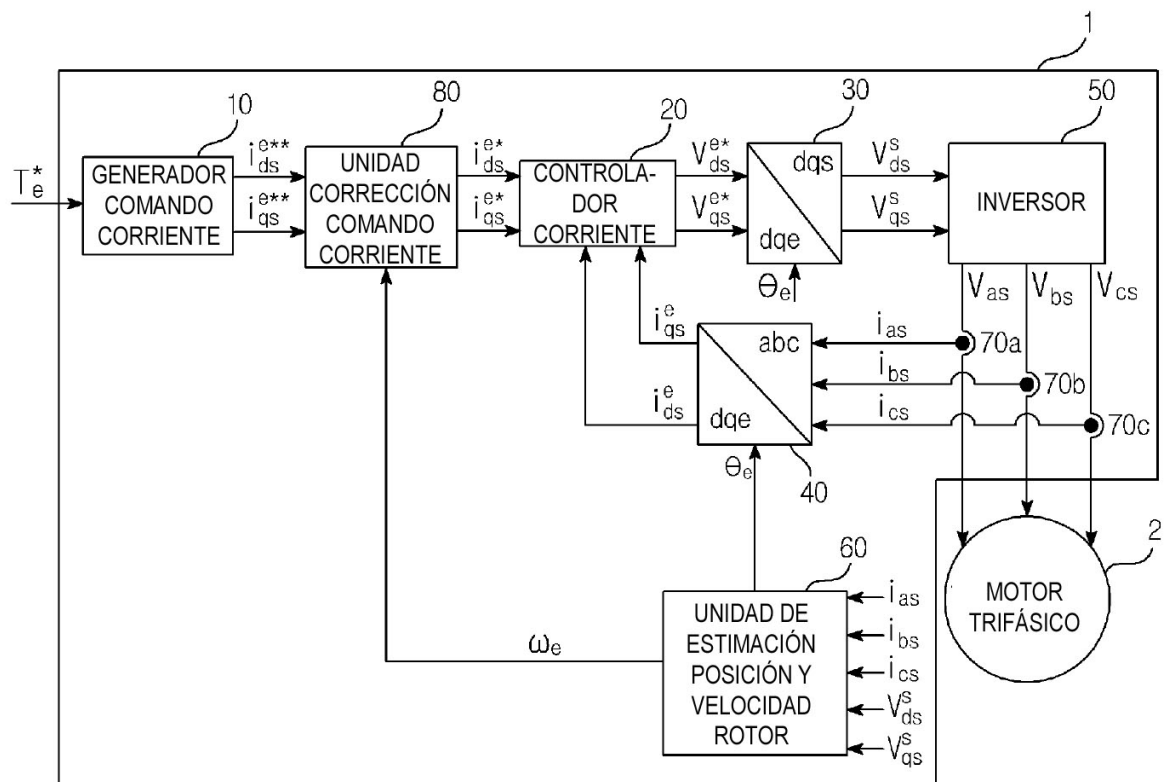


FIG. 5

