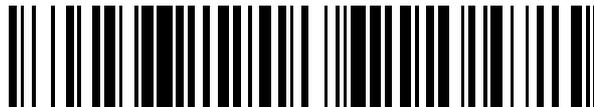


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 756**

51 Int. Cl.:

**H02P 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2014** E 14174090 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019** EP 2822176

54 Título: **Aparato de control de vectores del motor de inducción**

30 Prioridad:

**03.07.2013 KR 20130077695**

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

**28.10.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**JEON, MI RIM**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 728 756 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Aparato de control de vectores del motor de inducción

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 Las enseñanzas de acuerdo con las modalidades ilustrativas de esta presente descripción se refieren generalmente a un aparato de control de vectores del motor de inducción, y más particularmente a un aparato de control de vectores del motor de inducción configurado para hacerse funcionar por un algoritmo de control de la bobinadora sin cálculo de diámetro.

15 Descripción de la técnica relacionada

Varios motores accionan simultáneamente los rodillos en las líneas continuas de fabricación de productos tales como industrias de fabricación de acero, papel, textil y películas. El propósito de controlar los rodillos en el procesamiento continuo es mantener constantemente una velocidad de la línea y mantener simultáneamente una tensión sobre los materiales. Cuando se genera una tensión excesivamente alta en los rodillos debido a la desviación de la velocidad, los materiales pueden romperse, y cuando se genera una tensión excesivamente baja, puede generarse el serpenteado. Cuando un controlador de alto nivel en el sistema de procesamiento continuo calcula un diámetro del material y el torque de control del motor en respuesta al control de la velocidad lineal, e instruye a un inversor, el inversor acciona el motor en respuesta al torque de control. Por lo tanto, un control preciso de un motor por un inversor puede determinar un funcionamiento estable de los rodillos en las líneas continuas de fabricación de productos.

25 El documento KR 2009-0096829 describe un dispositivo inversor de vector de un motor para una bobinadora con una función mejorada de un inversor mediante el control del torque y la tensión de un motor en base a un diámetro de un material, un torque mínimo, y un torque máximo.

30 Resumen de la descripción

Una modalidad ilustrativa de la presente descripción es proporcionar un aparato de control de vectores del motor de inducción configurado para hacerse funcionar por un algoritmo de control de la bobinadora sin cálculo de diámetro, mediante el cual puede mejorarse la confiabilidad operativa.

35 En un aspecto general de la presente descripción, se proporciona un aparato de control de vectores configurado para controlar la tensión de un motor. El aparato de control de vectores se configura para llevar a cabo el control sin cálculo de un valor de diámetro del motor mediante la generación de información de velocidad de control usando un valor de ganancia de compensación que sustituye al valor de diámetro del motor.

40 El aparato de control de vectores comprende un generador de velocidad de tensión configurado para generar la información de velocidad de control para mantener constantemente una tensión del motor añadiendo una salida de un controlador PID (Diferencial Integral Proporcional) a una multiplicación del valor de ganancia de compensación y una velocidad lineal de control introducida por un usuario; y un controlador de vector configurado para llevar a cabo un control de tensión del motor mediante la recepción de la información de velocidad de control proporcionada por el generador de velocidad de tensión, en donde el generador de velocidad de tensión incluye: un comparador configurado para comparar un control PID introducido por un usuario con un valor de retroalimentación PID y para generar un error de un valor PID en respuesta a la comparación, el controlador PID está configurado para generar una salida PID para la compensación del error del valor PID generado por el comparador, un elemento de cálculo de la ganancia de compensación configurado para calcular una ganancia de compensación determinando la salida PID, un multiplicador configurado para multiplicar una velocidad de control introducida por un usuario para controlar el motor mediante la ganancia de compensación, y un sumador configurado para añadir una velocidad de control generada por el multiplicador y una salida PID generada por el controlador PID.

55 Preferentemente, pero no necesariamente, un cálculo de velocidad de control final configurado para controlar el motor por el aparato de control de vectores puede calcularse en base a la fórmula de

(velocidad de control [rad/s]= {(control de velocidad lineal [rad/s]\* ganancia de compensación(CompGain))+salida PID [rad/s]}).

60 Efectos ventajosos de la descripción

El aparato de control del vector del motor de inducción de conformidad con una modalidad ilustrativa de la presente descripción tiene un primer efecto ventajoso en que la ganancia de compensación se calcula usando de un valor de salida del controlador PID por el elemento de cálculo de la ganancia de compensación.

El segundo efecto ventajoso es realizar un algoritmo de control de velocidad de la bobinadora sin cálculo de diámetro para mantener constantemente una tensión sin uso de cálculo de diámetro mediante la compensación, sin cálculo de diámetro, de una velocidad lineal para mantener una tensión, aparte de un controlador PID aplicando una ganancia de compensación calculada a una velocidad lineal de control.

5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato de control de vectores del motor de inducción de conformidad con la técnica anterior.

10 La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un algoritmo de control de velocidad de bobinadora sin cálculo de diámetro de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un elemento de cálculo de la ganancia de compensación de la Figura 2.

15 Descripción detallada

En lo adelante, las características y ventajas de las modalidades descritas serán o se harán evidentes para un experto en la técnica tras el examen de las siguientes figuras y la descripción detallada. El aparato de control de vectores de inducción de conformidad con las modalidades ilustrativas de la presente descripción se describirá en detalle con referencia a los dibujos adjuntos.

La presente descripción se refiere a un algoritmo de control de velocidad de la bobinadora sin cálculo de diámetro capaz de llevar a cabo un control de tensión sin ruptura del material y serpenteado al mantener constantemente una tensión de un inversor mediante el cálculo del torque de control de un motor en respuesta al cambio de diámetro real del material sin usar un cálculo de diámetro cuando una velocidad lineal y una tensión de referencia se introducen al inversor en una línea de procesamiento continua.

Un inversor acciona un motor llevando a cabo una velocidad de control de motor y control de tensión en respuesta a un diámetro del material. En este caso, el inversor usa un algoritmo de cálculo de diámetro y controla la velocidad de control del motor y el control de tensión usando un diámetro obtenido a partir de este, donde un controlador PID de tensión compensa una tensión instantánea.

Al realizar un torque de control del motor y un control de tensión usando un controlador PID mediante la instalación de una función de la bobinadora en un inversor de vector, la presente descripción se configura para mejorar una función del inversor al proporcionar un algoritmo de control de velocidad de la bobinadora sin cálculo de un nuevo diámetro sin usar un cálculo del diámetro del material.

La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato de control de vectores del motor de inducción de conformidad con la técnica anterior.

40 Con referencia a la Figura 1, el aparato de control del vector del motor de inducción incluye un generador de velocidad de tensión (100) y un controlador del vector (200). El generador de velocidad de tensión (100) incluye un comparador (10), un controlador PID (11), un elemento de cálculo de diámetro (12), un sumador (1) y un elemento de cálculo de la velocidad de control (2).

El comparador (10) compara una velocidad de control introducida desde el exterior, un control PID introducido desde el exterior y un valor de retroalimentación PID real (Fbk), y genera un error en respuesta a la comparación de la misma. El controlador PID (11) genera una salida PID para compensar un error del valor PID generado por el comparador (10). El sumador (1) añade una velocidad de control que se introduce desde el exterior a una salida PID que sale del controlador PID (11). El elemento de cálculo de diámetro (12) calcula un diámetro usando de una velocidad lineal de control, una velocidad máxima (RPMmax) y un diámetro mínimo (Dmin) de un motor a una velocidad lineal de control y un control de velocidad lineal máximo, y una velocidad de rotación detectada por un detector de velocidad (19). El elemento de cálculo de la velocidad de control (2) calcula una velocidad de control aplicando un valor de diámetro obtenido del elemento de cálculo de diámetro (12) a la velocidad generada por el sumador (1).

55 El controlador del vector (200) incluye un comparador (3), un controlador de velocidad (4), un comparador (5), un controlador de corriente (6), un convertidor de coordenadas de tensión (7), un trifásico (19) con un valor de control  $(\omega_r^*)$  generado por el elemento de cálculo de la velocidad de control (2) y genera un error en respuesta a su comparación. El comparador (5) compara un valor de control de corriente de torque  $(i_{qs}^e)$  4 para compensar un error provocado por la velocidad generada por el comparador (3) con una corriente de torque real  $(i_{qs}^e)$  y realiza la comparación. El comparador (13) compara un valor de control de corriente de flujo  $(i_{ds}^e)$  introducida desde el exterior

con una corriente de flujo realmente generada  $(i_{ds}^e)$  y genera la comparación. El controlador de corriente (6) genera un valor de control de tensión de flujo  $(v_{ds}^{e*})$  y un valor de control de tensión de torque  $(v_{qs}^{e*})$  a través de una corriente de torque y una corriente de flujo generada después de compararse por el comparador (5) y el comparador (13). El convertidor de coordinador de tensión (7) convierte un valor de control de tensión de flujo  $(v_{ds}^{e*})$  y un valor de

5 control de tensión de torque  $(v_{qs}^{e*})$  en una coordenada de rotación generada por el controlador de corriente (6) desde una coordenada de rotación a una coordenada estacionaria, y las envía.

El convertidor de tensión trifásica (8) convierte un valor de control de tensión de flujo  $(v_{ds}^{s*})$  y un valor de control de tensión de torque  $(v_{qs}^{s*})$  en una coordenada estacionaria generada por el convertidor de coordenadas de tensión (7) a tensiones trifásicas  $(V_{as}, V_{bs}, V_{cs})$  de coordenadas estacionarias y las envía. El inversor de control del vector (9) aplica la tensión trifásica  $(V_{como}, V_{bs}, V_{cs})$  del convertidor de tensión trifásica (8) a un motor de inducción (20) y hace rotar el motor de inducción.

Un convertidor de corriente bifásica (18) recibe corrientes trifásicas  $(i_{as}, i_{bs}, i_{cs})$  detectadas durante la rotación del motor de inducción (20) y genera corrientes  $(i_{ds}^s, i_{qs}^s)$  de coordenadas estacionarias generadas por el convertidor de corriente bifásica (18) a una corriente de flujo real  $(i_{ds}^e)$  y una corriente de torque  $(i_{qs}^e)$  de coordenada de rotación y las envía. El elemento de cálculo de deslizamiento (14) usa el valor de control de corriente de torque  $(i_{qs}^{e*})$

generada por el controlador de velocidad (4), un valor de control de corriente de flujo  $(i_{ds}^{e*})$  que entra del exterior y una constante de tiempo del rotor del motor de inducción ( $T_r$ ) para calcular una frecuencia de deslizamiento  $(\omega_s)$ . El sumador (15) añade la frecuencia de deslizamiento  $(\omega_s)$  calculada por el elemento de cálculo de deslizamiento (14) y una velocidad  $(\omega_r)$  detectada por el detector de velocidad (19). El integrador (16) integra un valor agregado por el sumador (15) para establecer una posición  $(\theta)$  de flujo de rotor usado por el convertidor de coordenadas de tensión (7) y el convertidor de coordenadas de corriente (17).

25 Sucesivamente, se describirá el aparato de control de vectores ilustrado en la Figura 1. Cuando el motor de inducción (20) se hace rotar, el detector de velocidad (19) detecta la velocidad de rotación  $(\omega_r)$  y genera la velocidad detectada. Se comparó una velocidad de control introducida desde el exterior, un control PID insertado desde el exterior y un valor de retroalimentación PID real (Fbk), y se ha generado una velocidad al sumador (1) en la que se añade una salida del controlador PID (11) que genera una salida PID para compensar un error de salida del comparador (10) que genera un error en respuesta a la comparación.

35 Cuando una salida del elemento de cálculo de la velocidad de control (2) que calcula un control de velocidad final  $(\omega)^*$  se introduce a un terminal de no inversión (+) del comparador (3) mediante la aplicación, a la velocidad generada por el sumador (1), de un valor de diámetro que se sale del elemento de cálculo de diámetro (12) usando la velocidad lineal de control, una velocidad máxima (RPMmax) y un diámetro mínimo de un motor al control de velocidad lineal máximo y una velocidad de rotación detectada del detector de velocidad (19), el comparador (3) recibe una velocidad de rotación  $(\omega_r)$  del detector de velocidad (19) introducido a un terminal de inversión (-) para obtener un error entre los valores y enviar el error al controlador de velocidad (4).

40 Además, un valor de control de corriente de flujo  $(i_{ds}^{e*})$  introducido desde el exterior se introduce al terminal de no inversión (+) del comparador (13). Las corrientes trifásicas  $(i_{as}, i_{bs}, i_{cs})$  son detectadas por el motor de inducción (20) en el momento de la rotación generada como corrientes bifásicas de coordenadas estacionarias  $(i_{ds}^s, i_{qs}^s)$  por el convertidor de corriente bifásico (18). Las corrientes bifásicas de coordenadas estacionarias  $(i_{ds}^s, i_{qs}^s)$  generadas por el convertidor de corriente bifásica (18) se introducen al convertidor de coordenadas actual (17) y se

envían como una corriente de flujo real  $(i_{ds}^e)$  de la coordenada de rotación y la corriente de torque  $(i_{qs}^e)$ . Además,

la corriente de flujo  $(i_{ds}^e)$  generada a partir del convertidor de coordenadas de corriente (17) se genera hacia un terminal de inversión (-) del comparador (13). Entonces, el comparador (13) obtiene un error entre el valor de control de

5 corriente de flujo  $(i_{ds}^{e*})$  introducido desde el exterior y una corriente de flujo real  $(i_{ds}^e)$  generada por el convertidor de la coordenada actual

(17) y envía el error al controlador de corriente (6). Además, el comparador (5) recibe el valor de control de corriente de

torque  $(i_{qs}^{e*})$  generado por el controlador de velocidad (4) en el terminal de no inversión (+) y recibe la corriente de

torque real  $(i_{qs}^e)$  que se envía al comparador. Además, el elemento de cálculo de deslizamiento (14) calcula una

10 frecuencia de deslizamiento ( $\omega_{sl}$ ) usando el valor de control de corriente de torque  $(i_{qs}^{e*})$

Luego, el sumador (15) añade una velocidad ( $\omega_r$ ) enviada desde el detector de velocidad (19) y la frecuencia de deslizamiento ( $\omega_{sl}$ ) enviada desde el elemento de cálculo de deslizamiento (14) y envía la adición al integrador (16), donde el integrador (16) envía un valor integrado a un valor que sale del sumador (15), es decir, un posición ( $\theta$ ) del flujo de rotor al convertidor de coordenadas de tensión (7) y al convertidor de coordenadas de corriente (17). Por lo tanto, el convertidor de coordenadas de tensión (7) y el convertidor de coordenadas de corriente (17) controlan una conversión de coordenadas en respuesta a la posición ( $\theta$ ) del flujo de rotor introducido por el integrador (16), y la función posterior es como se mencionó anteriormente.

20 El aparato de control de vectores describe por lo tanto las salidas de una velocidad de control aplicando básicamente un valor de diámetro calculado para obtener un control de torque para mantener una tensión. En este momento, para calcular un diámetro, un usuario debe aprender una velocidad lineal máxima, un diámetro de la bobina y una relación de engranajes exactos del sistema de bobinadora. Sin embargo, hay casos donde se usan realmente varios diámetros de bobina y no se puede obtener un valor de medición preciso para el cálculo del diámetro, donde, si no se usa ninguna función de cálculo, el valor de torque cambiado en respuesta al cambio de diámetro real es compensado solamente por un controlador PID. En este caso, un control rápido en respuesta al cambio instantáneo no puede realizarse debido a la saturación del controlador PID. Por lo tanto, se propone una necesidad de una técnica de control capaz de sobrellevar un cambio de diámetro real sin saturación del valor de salida del controlador PID.

30 Con este fin, el aparato de control de vectores de acuerdo con la presente descripción se configura de manera que cuando un controlador de nivel superior instruye una velocidad y tensión lineal a un inversor, una velocidad lineal de control se calcula mediante la aplicación, a la velocidad lineal aplicada, de una ganancia de compensación (Comp Gain) sustituible del valor del diámetro, y una velocidad de control se calcula para mantener constantemente una tensión añadiendo un valor de salida del controlador PID calculado a la velocidad lineal de control usando el valor de medición de tensión obtenido a través del control de tensión aplicado y del sensor de tensión.

35 En este momento, el valor de salida del controlador PID se usa para generar la saturación de la prueba de cálculo de la ganancia de compensación. Una mejora de un inversor usando un método de control de vector puede esperarse al realizar un algoritmo de control de la bobinadora sin cálculo de diámetro, sin elementos de cálculo de diámetro en líneas de proceso continuas que accionan un motor usando una velocidad de control final calculada.

40 La Figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un algoritmo de control de velocidad de la bobinadora sin cálculo de diámetro de acuerdo con otra modalidad ilustrativa de la presente descripción, y la Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un elemento de cálculo de la ganancia de compensación de la Figura 2.

45 Con referencia a la Figura 2, el aparato de control de vectores configurado para realizar un algoritmo de control de la bobinadora sin cálculo de diámetro de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción incluye un generador de velocidad de tensión (300) y un controlador de vectores (400). El generador de velocidad de tensión (300) incluye un multiplicador (31), un sumador (32), un elemento de cálculo de la ganancia de compensación (40), un controlador PID (41) y un comparador (43). El multiplicador (31) proporciona una velocidad de control en la que una velocidad de control proporcionada desde el exterior para el control del motor (50) se multiplica mediante una ganancia de compensación que sale del elemento de cálculo de la ganancia de compensación (40). El sumador (32) añade la velocidad de control generada por el multiplicador (31) y la salida PID que sale del controlador PID (41). El comparador (43) compara un control PID introducido desde el exterior con un valor de retroalimentación PID (Fbk), y genera un error resultante de la comparación. El controlador PID (41) genera una salida PID para compensar un error del valor PID generado por el comparador (43). El elemento de cálculo de la ganancia de compensación (40) calcula una ganancia de compensación que corresponde al valor de diámetro del motor mediante la determinación de la salida PID del controlador PID (41).

Además, el detector de velocidad detecta una velocidad de rotación del motor de inducción (50). El controlador del vector (400) incluye un comparador (33), un controlador de velocidad (34), un comparador (35), un controlador de corriente (36), un convertidor de coordenadas de tensión (37), un convertidor de tensión trifásica (38), un inversor de control de vector (39), un comparador (42), un elemento de cálculo de deslizamiento (44), un sumador (45), un integrador (46), un convertidor de coordenadas de corriente (47) y un convertidor de corriente (48).

El comparador (33) compara una velocidad de rotación ( $\omega_r$ ) detectada por el detector de velocidad (49) con un valor de control ( $\omega^*$ ) generado por el sumador (32), y genera un error resultante de la comparación. El controlador de

velocidad (34) genera un valor de control de corriente de torque  $(i_{qs}^{e*})$  para compensar un error resultante de una velocidad generada por el comparador (33). El comparador (35) compara el valor de control de corriente de torque  $(i_{qs}^{e*})$  generada por el controlador de velocidad (34) con una corriente de torque real  $(i_{qs}^e)$  y genera la comparación. El comparador (42) compara un valor de control de corriente de flujo  $(i_{ds}^{e*})$  introducido desde el exterior con una corriente de flujo realmente generada  $(i_{ds}^e)$  y realiza la comparación.

El controlador de corriente (36) genera una corriente de torque y una corriente de flujo generada después de compararse con los comparadores (35, 42) a través de un controlador como un valor de control de tensión de flujo  $(v_{ds}^{e*})$  y un valor de control de tensión de torque  $(v_{qs}^{e*})$  y los genera.

El convertidor de coordenadas de tensión (37) convierte el valor de control de tensión de flujo  $(v_{ds}^{e*})$  y valor de control de tensión de torque  $(v_{qs}^{e*})$  generado por el controlador de corriente (6) en la coordenada de rotación al valor de control de tensión de flujo  $(v_{ds}^{e*})$  y al valor de control de tensión de torque  $(v_{qs}^{e*})$  en la coordenada estacionaria, y los envía.

El convertidor de tensión trifásica (38) convierte el valor de control de tensión de flujo  $(v_{ds}^{s*})$  y el valor de control de tensión de torque  $(v_{qs}^{s*})$  en la coordenada estacionaria generada por el convertidor de coordenadas de tensión (37) a la tensión trifásica ( $v_{as}, v_{bs}, v_{cs}$ ) en la coordenada estacionaria y lo envía. El inversor de control del vector (39) aplica las tensiones trifásicas ( $v_{as}, v_{bs}, v_{cs}$ ) del convertidor de tensión trifásica (38) al motor de inducción (50) y hace rotar el motor de inducción. El convertidor de corriente bifásica (48) recibe las corrientes trifásicas ( $i_{as}, i_{bs}, i_{cs}$ ) detectadas durante la rotación del motor de inducción (50) y genera las corrientes  $(i_{ds}^s, i_{qs}^s)$  convertidas al eje d y al eje q en la coordenada estacionaria.

El convertidor de coordenadas de corriente (17) convierte las corrientes  $(i_{ds}^s, i_{qs}^s)$  de la coordenada estacionaria generada por el convertidor de corriente bifásica (48) a la corriente de flujo real  $(i_{ds}^e)$  y a corriente de torque  $(i_{qs}^e)$  de la coordenada de rotación y las genera. El elemento de cálculo de deslizamiento (44) calcula una frecuencia de deslizamiento ( $\omega_{sl}$ ) usando el valor de control de corriente de torque  $(i_{qs}^{e*})$  generado por el controlador de velocidad (34) y el valor de control de corriente de flujo  $(i_{ds}^{e*})$  generado desde el exterior y la constante del tiempo del rotor del motor de inducción ( $T_r$ ).

El elemento de cálculo (44) calcula una frecuencia de deslizamiento ( $\omega_{sl}$ ) usando el valor de control de corriente de torque  $(i_{qs}^{e*})$  generado por el controlador de velocidad (34), el valor de control de corriente de flujo  $(i_{ds}^{e*})$  generado desde el exterior y la constante del tiempo del rotor del motor de inducción ( $T_r$ ). El sumador (45) añade la frecuencia de deslizamiento ( $\omega_{sl}$ ) calculada por el elemento de cálculo de deslizamiento (44) a la velocidad ( $\omega_r$ ) detectada por el detector de velocidad (49). El integrador (46) integra el valor agregado mediante el sumador (45) para establecer una posición ( $\theta$ ) del flujo de rotor usado por el convertidor de coordenadas de tensión (37) y el convertidor de coordenadas de corriente (47).

Ahora, se describirá en detalle el aparato de control de vectores del motor de inducción configurado de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

Se genera un control de velocidad al multiplicarse a la velocidad lineal de control aplicada con el valor de ganancia de compensación (Comp Gain) establecida inicialmente. Una velocidad de control final ( $\omega^*$ ) se genera añadiendo la velocidad lineal generada a la salida del controlador PID (41). A medida que el funcionamiento de la bobinadora avanza, un diámetro de un material cambia, y también se cambia la tensión en respuesta al diámetro cambiado del material. En este momento, para mantener la tensión en un nivel constante predeterminado, un valor de velocidad de control se cambia a través del controlador PID (41), donde, cuando un valor de salida del controlador PID (41) excede un valor predeterminado (valor de limitación de salida PID), el elemento de cálculo de la ganancia de compensación (40) añade automáticamente o deduce el valor de ganancia de compensación (Comp Gain) para compensar el valor a través del multiplicador de velocidad lineal de control (31) para reducir así un valor de velocidad cambiado por el controlador PID (41). El elemento de cálculo de la ganancia de compensación (40) puede definirse en detalle como se ilustra en la Figura 3.

El cálculo de la velocidad de control final a través del valor de la ganancia de compensación (Comp Gain) calculada y la salida del controlador PID (11) pueden calcularse en base a la siguiente ecuación 1.

[Ecuación 1]

Velocidad de control [rad/s]= {(control de velocidad lineal [rad/s]\*ganancia de compensación (CompGain))+salida PID [rad/s]}

Cuando el valor de control de velocidad ( $\omega^*$ ) calculado por el sumador (32) se introduce al terminal de no inversión (+) del comparador (33), el comparador (33) recibe una velocidad de rotación ( $\omega_r$ ) del detector de velocidad (49) introducido a un terminal de inversión (-) para obtener un error entre los dos valores, y genera del error al controlador de velocidad (34). Una salida del controlador de velocidad (34) se introduce al terminal de no inversión (+) del

comparador (35). El valor de control de corriente de flujo ( $i_{ds}^{e*}$ ) introducido desde el exterior se introduce al terminal de no inversión (+) del comparador (42). Las corrientes trifásicas ( $i_{as}, i_{bs}, i_{cs}$ ) detectadas desde el motor de inducción (50) durante la rotación del motor de inducción (50) se generan por el convertidor de corriente bifásica (48) como corrientes bifásicas de coordenadas estacionarias ( $i_{ds}^s, i_{qs}^s$ ). Las corrientes bifásicas de coordenadas estacionarias ( $i_{ds}^s, i_{qs}^s$ ) generadas por el convertidor de corriente bifásica (48) se introducen al convertidor de coordenadas de corriente (47) que se generan como corriente de flujo real ( $i_{ds}^e$ ) y corriente de torque ( $i_{qs}^e$ ) de la coordenada de rotación, donde la corriente de flujo generada por el convertidor de coordenadas de corriente (47) se genera hacia el terminal inversión (-) del comparador (42).

Sucesivamente, el comparador (42) obtiene un error entre el valor de control de corriente de flujo ( $i_{ds}^{e*}$ ) generado desde el exterior y la corriente de flujo real ( $i_{ds}^e$ ) generada por el convertidor de coordenadas de corriente (47) y envía el error al controlador de corriente (36). Entonces, el comparador (35) recibe el valor de control de corriente de torque

( $i_{qs}^{e*}$ ) generado por el controlador de velocidad (34) en el terminal de no inversión (+), y recibe la corriente de torque real generada por el conversor de coordenadas de corriente (47) en el terminal de inversión (-) para obtener un error entre los dos valores, y envía el error así obtenido al controlador de corriente (36). Luego, el controlador de corriente (36) que ha recibido la corriente de torque generada por el comparador (35) y la corriente de flujo generada por el

comparador (42) genera el valor de control de tensión de flujo ( $i_{qs}^{e*}$ ) generado por el controlador de velocidad (34) en

el terminal de no inversión (+), y recibe la corriente de torque real ( $i_{qs}^e$ ) generada por el convertidor de coordenadas de corriente (47) en el terminal de inversión (-) para obtener un error entre los dos valores, y genera el error así obtenido al controlador de corriente (36). Luego, el controlador de corriente (36) que ha recibido la corriente de torque generada por el comparador (35) y la corriente de flujo generada por el comparador (42) genera el valor de control de

tensión de flujo ( $v_{ds}^{e*}$ ) al convertidor de coordenadas de tensión (47) a través del control. El convertidor de

coordenadas de tensión (37) recibe el valor de control de tensión de flujo ( $v_{ds}^{s*}$ ) y el valor de control de tensión de

torque ( $v_{qs}^{s*}$ ) y convierte el valor de control de tensión de flujo recibido ( $v_{ds}^{s*}$ ) y el valor de control de tensión de

torque ( $v_{qs}^{s*}$ ) a tensiones trifásicas ( $v_{as}, v_{bs}, v_{cs}$ ) a través del convertidor de tensión trifásica (38) y lo proporciona al

inversor de control de vectores (39). Ahora, el inversor de control de vectores (39) aplica las tensiones trifásicas ( $v_{as}, v_{bs}, v_{cs}$ ) al motor de inducción (50), mientras que el motor de inducción (50) se hace rotar para generar la corriente de

flujo real ( $i_{ds}^e$ ) y la corriente de torque ( $i_{qs}^e$ ) convertida al eje d y al eje q de la coordenada de rotación real a través del

conversor de coordenadas de corriente (47) y el convertidor de corriente bifásica (48), donde la corriente de flujo  $(i_{ds}^e)$  entre las corrientes así generadas salen hacia el comparador (42), y la corriente de torque  $(i_{qs}^e)$  sale hacia el comparador (35).

- 5 Además, el elemento de cálculo de deslizamiento (44) calcula una frecuencia de deslizamiento ( $\omega_s$ ) usando el control de corriente de torque  $(i_{qs}^{e*})$  seleccionado del controlador de velocidad (34), el valor de control de corriente de flujo  $(i_{ds}^{e*})$  introducido desde el exterior y la constante de tiempo del rotor del motor de inducción ( $T_r$ ), y las envía a un terminal a un lado del sumador (45). Entonces, el sumador (45) añade la velocidad ( $\omega_r$ ) generada por el detector de velocidad (49) a la frecuencia de deslizamiento ( $\omega_s$ ) generada por el elemento de cálculo de deslizamiento (44) y envía la adición al integrador (46), donde el integrador (46) genera un valor integrado al valor generado por el sumador (45), es decir, la posición ( $\theta$ ) del flujo del rotor al convertidor de coordenadas de tensión (37) y al convertidor de coordenadas de corriente (47). Por lo tanto, el convertidor de coordenadas de tensión (37) y el convertidor de coordenadas de corriente (47) controlan la conversión de coordenadas en respuesta a la posición ( $\theta$ ) del flujo de rotor introducido desde el integrador (46). Las operaciones posteriores son como las mencionadas anteriormente.
- 10
- 15 El primer efecto ventajoso del aparato de control de vectores del motor de inducción de conformidad con una modalidad ilustrativa de la presente descripción es que la ganancia de compensación se calcula usando un valor de salida del controlador PID mediante el elemento de cálculo de la ganancia de compensación.
- 20 El segundo efecto ventajoso es realizar un algoritmo de control de velocidad de bobinadora sin cálculo de diámetro para mantener constantemente una tensión sin uso de cálculo de diámetro mediante la compensación, sin cálculo de diámetro, de una velocidad lineal para mantener una tensión, aparte de un controlador PID aplicando una ganancia de compensación calculada a una velocidad lineal de control.
- 25 Aunque la presente descripción se ha descrito en detalles con referencia a las modalidades y ventaja antes mencionadas, serán evidentes muchas alternativas, modificaciones, y variaciones para los expertos en la técnica dentro del alcance de las reivindicaciones. Por lo tanto, debe entenderse que las modalidades antes descritas no están limitadas por ninguno de los detalles de la descripción anterior, a menos que se especifique lo contrario, sino que deben considerarse como concebidas ampliamente dentro del alcance definido por las reivindicaciones adjuntas.
- 30

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de control de vectores configurado para controlar la tensión de un motor (50), caracterizado porque: dicho aparato de control de vectores está configurado para llevar a cabo dicho control sin cálculo de un valor de diámetro del motor (50) mediante la generación de información de velocidad de control usando un valor de ganancia de compensación que sustituye el valor de diámetro del motor (50); un generador de velocidad de tensión (300) configurado para generar la información de velocidad de control para mantener constantemente una tensión del motor (50) añadiendo una salida de un controlador PID (Diferencial Integral Proporcional) (41) a una multiplicación del valor de ganancia de compensación y a una velocidad lineal de control introducida por un usuario; y un controlador de vector (400) configurado para llevar a cabo un control de tensión del motor (50) al recibir la información de velocidad de control proporcionada por el generador de velocidad de tensión (300), en donde el generador de velocidad de tensión (300) incluye:

  - un comparador (43) configurado para comparar un control PID introducido por un usuario con un valor de retroalimentación PID y para generar un error del valor PID en respuesta a la comparación, el controlador PID (41) se configura para generar una salida PID para compensar el error del valor PID generado por el comparador, un elemento de cálculo de la ganancia de compensación (40) configurado para calcular una ganancia de compensación mediante la determinación de la salida PID,
  - un multiplicador (31) configurado para multiplicar una velocidad de control introducida por un usuario para el control del motor por la ganancia de compensación, y
  - un sumador (32) configurado para añadir una velocidad de control generada por el multiplicador (31) y una salida PID generada por el controlador PID (41).
  
2. El aparato de control de vectores de la reivindicación 1, caracterizado porque un cálculo de velocidad de control final configurada para controlar el motor (50) mediante el aparato de control de vectores se calcula en base a una fórmula de velocidad de control [rad/s]= {(control de velocidad lineal [rad/s]\* ganancia de compensación(CompGain))+salida PID [rad/s]}.





Figura 3

