

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 540**

51 Int. Cl.:

H02P 21/00 (2006.01)

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: **29.11.2006 E 06833610 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.02.2015 EP 2093878**

54 Título: **Controlador para máquina giratoria de CA**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2015

73 Titular/es:

**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (100.0%)
7-3, MARUNOUCHI 2-CHOME
CHIYODA-KU, TOKYO 100-8310, JP**

72 Inventor/es:

**KONO, MASAKI;
HATANAKA, KEITA y
NEGORO, HIDETO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 535 540 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

Controlador para máquina giratoria de CA

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un controlador para una máquina rotativa de CA y, particularmente, se refiere a un controlador para una máquina rotativa de CA, que es un tipo de controlador de control vectorial de velocidad sin sensores, y no requiere un sensor de velocidad montado en la máquina rotativa de CA.

10 Antecedentes de la técnica

En un control vectorial de velocidad sin sensores, un voltaje de CA de salida emitida desde un convertidor de potencia a la máquina rotativa de CA tiene un valor de voltaje extremadamente bajo en una región de velocidad extremadamente baja en la que la velocidad de una máquina rotativa de CA es extremadamente baja. Además, el control de velocidad vectorial sin sensores puede inducir un error de ajuste en una constante de máquina rotativa de una máquina rotativa de CA a ser usada, un error en el valor de voltaje del voltaje de salida de CA causado por un período de prevención de cortocircuito entre los brazos superior e inferior incluyendo elementos semiconductores que configuran el convertidor de potencia, y un error en el valor de voltaje del voltaje de salida de CA causado por una caída del voltaje de activación de cada uno de los elementos semiconductores que configuran el convertidor de potencia.

20 Por lo tanto, el error en el valor de voltaje en el voltaje de salida de CA tiene una gran influencia en la región de velocidad extremadamente baja en la que el voltaje de salida de CA tiene un valor de voltaje extremadamente bajo. Por otra parte, en el control vectorial de velocidad sin sensores, un valor de estimación de la frecuencia angular, que es un valor de estimación de la frecuencia angular del voltaje de salida de CA, se calcula suponiendo que el
25 voltaje de salida de CA corresponde a un valor de instrucción de voltaje y, por lo tanto, cuando el error de valor de voltaje aumenta debido a los factores indicados anteriormente, aumenta también un error en la salida de estimación de frecuencia angular del voltaje de salida de CA, lo que conduce a una inestabilidad en el control. Por lo tanto, el control vectorial de velocidad sin sensores tiene un problema en el sentido de que la salida de estimación de frecuencia angular del voltaje de salida de CA debería calcularse, de manera estable, incluso en la
30 región de velocidad extremadamente baja.

Para abordar el problema, según el documento de patente 1 siguiente, se proporcionan unos primeros medios de estimación, que generan un valor de estimación de frecuencia angular de una salida de voltaje de corriente alterna emitida desde un convertidor de potencia a una máquina rotativa de CA en base a un valor I_q^* de instrucción de
35 corriente de eje q y un valor I_q detectado de corriente de eje q, y se proporcionan unos segundos medios de estimación que generan un valor de estimación de frecuencia angular de un voltaje de salida de CA en base al valor I_q^* de instrucción de corriente de eje q y un valor I_d^* de instrucción de corriente de eje d, y cuando el valor estimado de frecuencia angular del voltaje de CA proporcionado por los primeros medios de estimación es igual a o menor de un valor predeterminado, los primeros medios de estimación se conmutan a los segundos medios de estimación y, a continuación, se continúa el control.

Los segundos medios de estimación del documento de patente 1 obtienen un valor de instrucción de aceleración por un producto del valor I_d^* de instrucción de corriente del eje d y el valor I_q^* de instrucción de corriente del eje q, e integra el valor de instrucción de aceleración angular con un valor de estimación de frecuencia justo antes de
45 conmutar como un valor inicial, de manera que obtiene el valor de estimación de frecuencia angular correspondiente.

En el documento de patente 2, se proporcionan unos medios de supervisión que comparan un valor de estimación de frecuencia angular emitido desde una sección de estimación de frecuencia angular con un valor de nivel inferior pre-establecido, y realiza la conmutación usando medios de conmutación de manera que cuando el valor de
50 estimación de frecuencia angular es igual o inferior a un valor de ajuste de nivel de límite inferior, se usa la frecuencia angular establecida como una señal de salida desde los medios de generación de función en lugar del valor de estimación de frecuencia angular.

55 Documento de patente 1: JP-A-2001-238 497, en particular el párrafo [0005]
Documento de patente 2: JP A-8-80098, particularmente su resumen.

Descripción de la Invención60 Problemas a resolver por la Invención

Sin embargo, según el documento de patente 1, cuando la velocidad de la máquina rotativa de CA aumenta en

cierta medida, los segundos medios de estimación deben ser conmutados a los primeros medios de estimación. Sin embargo, en tal caso, la salida de estimación de frecuencia angular de los primeros medios de estimación no corresponde siempre a la de los segundos medios de estimación. Por lo tanto, es difícil determinar los tiempos de conmutación desde los segundos medios de estimación a los primeros medios de estimación y, por consiguiente, se requiere un algoritmo complicado.

Además, los segundos medios de estimación generan el valor de estimación de frecuencia angular en base al valor I_q^* de instrucción de corriente en el eje q y el valor I_d^* de instrucción de corriente en el eje d, por lo tanto, los medios pueden calcular, de manera altamente estable, el valor de estimación de frecuencia angular. Sin embargo, los segundos medios de estimación no pueden seguir una turbulencia, tal como una variación de voltaje en un lado de CC del convertidor de potencia, y la marcha en vacío que puede producirse en un material rodante eléctrico. Debido a que los segundos medios de estimación son débiles en la variación en el voltaje o la velocidad, cuando se usan los medios, la estabilidad y la fiabilidad del controlador pueden verse reducidas.

Según el documento de patente 2, cuando un valor de la salida de estimación de frecuencia angular es igual o menor que un valor establecido de nivel de límite inferior, se establece la salida de los medios de generación de función en lugar de la salida de estimación de frecuencia angular. Sin embargo, el establecimiento de los medios de generación de función es difícil. Además, cuando se cambia una máquina rotativa de CA, debe cambiarse la configuración de los medios de generación de función, por lo tanto los medios de generación de función deben ser ajustados, lo que requiere mucho tiempo cada vez que se cambia la máquina rotativa de CA.

La invención propone un controlador para una máquina rotativa de CA que puede resolver los problemas en los documentos de patente 1 y 2.

Medios para resolver los problemas

Un controlador para una máquina rotativa de CA según la invención incluye un controlador que controla una máquina rotativa de CA, el controlador comprende un convertidor de potencia que genera un voltaje de salida trifásico de CA cuyos voltaje y frecuencia pueden ser variados de manera que se correspondan a un valor de instrucción de voltaje trifásico, y suministra el voltaje trifásico de salida de CA a la máquina rotativa de CA; medios de detección de corriente que detectan una corriente trifásica de la máquina rotativa de CA; medios de salida de estimación de frecuencia angular que emiten un valor de estimación de frecuencia angular que es un valor de estimación de la frecuencia angular del voltaje de salida de CA trifásica; medios de cálculo de instrucción de voltaje que calculan un valor de instrucción de voltaje en base a un valor de instrucción actual y el valor de estimación de frecuencia angular en un sistema de coordenadas biaxial giratorio; medios de cálculo de fase que calculan una fase θ en el sistema de coordenadas biaxial giratorio a partir del valor de estimación de frecuencia angular; medios de conversión eje dq / trifásico que convierten el valor de instrucción de voltaje en el sistema de coordenadas biaxial giratorio al valor de instrucción de voltaje trifásico en base a la fase; medios de conversión trifásico / eje dq que convierten la corriente de trifásica detectada por los medios de detección de corriente a un valor de corriente detectado en el sistema de coordenadas biaxial giratorio en base a la fase; y medios de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación que calculan un valor de estimación de frecuencia angular de rotación que es un valor de estimación de la frecuencia angular de rotación de la máquina rotativa de CA en base al valor de instrucción de voltaje, el valor detectado actual y el valor de estimación de frecuencia angular en el sistema de coordenadas biaxial giratorio, en el que los medios de salida de estimación de frecuencia angular incluyen medios de salida de valor constante de límite inferior que emiten un valor constante de límite inferior, medios de comparación que comparan un valor calculado de frecuencia angular calculado en base al valor de estimación de frecuencia angular de rotación con el valor constante límite inferior, y medios de conmutación que realizan la conmutación al mayor de entre el valor calculado de frecuencia angular o el valor constante de límite inferior, según un resultado de la comparación realizada por los medios de comparación, y emite el valor mayor que el valor de estimación de frecuencia angular.

Ventaja de la Invención

El controlador para una máquina rotativa de CA según la invención tiene la ventaja de que debido a que el valor de estimación de frecuencia angular es igual o mayor que el valor constante de límite inferior, el controlador puede controlar, de manera estable, la máquina giratoria de CA incluso en una región de velocidad extremadamente baja.

El objeto, las características, aspectos y ventajas adicionales de la invención se especificarán y aclararán adicionalmente en la descripción detallada siguiente de la invención, con referencia a los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1es un diagrama de bloques que muestra la realización 1 de un controlador para una máquina rotativa de CA según la invención.

La Figura 2 es un diagrama de bloques que muestra detalles de los medios de salida de estimación de frecuencia angular en la realización 1.

La Figura 3 es un diagrama característico que muestra una relación entre un valor de estimación de frecuencia angular de rotación y el par real de la máquina rotativa de CA en la realización 1.

5 La Figura 4 es un diagrama característico que muestra una relación entre un valor de estimación de frecuencia angular de rotación y el par real de la máquina rotativa de CA en un dispositivo de la técnica anterior.

La Figura 5 es un diagrama de bloques que muestra la realización 2 de un controlador para una máquina rotativa de CA según la invención.

10 Mejor modo de llevar a cabo la Invención
En adelante, en la presente memoria, se describen las realizaciones de un controlador para una máquina rotativa de CA según la invención usando los dibujos.

15 Realización 1

En primer lugar, la realización 1 del controlador para la máquina rotativa de CA según la invención se describe con referencia a la Figura 1. El controlador para la máquina rotativa de CA de la realización 1 mostrado en la Figura 1 incluye un controlador 10A que controla una máquina 1 rotativa de CA. Específicamente, la máquina 1 rotativa de CA es un motor 1A de inducción que está montado en un coche eléctrico o similar para accionar el coche eléctrico o similar. El controlador 10A está montado también en el coche eléctrico junto con el motor 1A de inducción para controlar el motor 1A de inducción.

20 El controlador 10A incluye un convertidor 11 de potencia, medios 12 de cálculo de instrucciones de voltaje, medios 13 de conversión eje dq/trifásico, medios 14 de detección de corriente, medios 15 de conversión trifásico/eje dq, 25 medios 16 de cálculo de instrucciones de deslizamiento de frecuencia angular, medios 17 de adición, medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular, medios 18 de cálculo de fase y medios 19 de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación.

30 El convertidor 11 de potencia es un convertidor de potencia de tipo VVVF conocido, y el convertidor 11 de potencia convierte la potencia de CC PDC a partir de una línea 2 de CC a potencia de CA trifásica PAC que es variable en voltaje y frecuencia, y suministra la potencia de salida de CA trifásica PAC al motor 1A de inducción a través de un alimentador 3 trifásico. La línea 2 de CC está conectada a un alimentador de CC dispuesto a lo largo de un carril de desplazamiento para el coche eléctrico a través de una zapata de recogida de corriente del coche eléctrico.

35 El convertidor 11 de potencia está configurado de manera que las líneas eléctricas conmutadas de CA de una fase U, una fase V y una fase W entre un par de líneas eléctricas conectadas a la línea 2 DC, y cada una de las líneas eléctricas conmutadas de CA están conectadas con los brazos superior e inferior que incluyen elementos semiconductores, y cada línea eléctrica conmutada de CA está conectada con el alimentador 3 trifásico.

40 El convertidor 11 de potencia controla una fase en la que cada elemento semiconductor en cada CA conmuta la línea eléctrica usando los valores V_u^* , V_v^* y V_w^* de instrucción de voltaje trifásico, de manera que la potencia de CC PDC es convertida a la potencia de salida de CA trifásica PAC. Un voltaje de CA trifásico de la potencia de salida de CA trifásica PAC se denomina voltaje de salida de CA trifásico, VAC. El voltaje de salida de CA trifásico VAC es un voltaje de CA trifásica que es variable en voltaje y frecuencia.

45 Los medios 12 de cálculo de instrucción de voltaje calculan un valor V_d^* de instrucción de voltaje de eje d y un valor V_q^* de instrucción de voltaje de eje q en un sistema de coordenadas biaxial giratorio en base a un valor I_d^* de instrucción de corriente de eje d, un valor I_q^* de instrucción de corriente de eje q, y una estimación ω_i de frecuencia angular en el sistema de coordenadas biaxial giratorio, y suministra el valor V_d^* de instrucción de voltaje de eje d y el valor V_q^* de instrucción de voltaje de eje q a los medios 13 de conversión eje dq/trifásico.

50 El valor I_d^* de instrucción de corriente de eje d y el valor I_q^* de instrucción de corriente de eje q son suministrados desde el exterior del controlador 10A a los medios 12 de cálculo de instrucción de voltaje. El valor ω_i de estimación de frecuencia angular es suministrado desde los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular a los 55 medios 12 de cálculo de instrucción de voltaje.

Los medios 13 de conversión de eje dq/trifásico generan los valores V_u^* , V_v^* y V_w^* de instrucción de voltaje trifásico en base al valor V_d^* de instrucción de voltaje de eje d y el valor V_q^* de instrucción de voltaje de eje q, y suministra los valores V_u^* , V_v^* y V_w^* de instrucción de voltaje trifásico al convertidor 11 de potencia.

60 El valor I_d^* de instrucción de corriente de eje d se expresa mediante la fórmula (1) siguiente.

$$I_d^* = \phi^*/M \quad \dots(1).$$

5 Φ^* muestra un valor de instrucción de flujo magnético secundario para el motor 1A de inducción, y M muestra la inductancia mutua que es una constante de motor del motor 1A de inducción.

10 El valor I_q^* de instrucción de corriente de eje q se expresa mediante la fórmula (2) siguiente.

$$I_q^* = \tau^*/\phi^* \times L_r/M/p \quad \dots(2).$$

15 τ^* muestra un valor de instrucción de par para el motor 1A de inducción, L_r muestra inductancia secundaria que es una constante de motor del motor 1A de inducción, y p muestra un número de pares de polos del motor 1A de inducción.

20 El valor V_d^* de instrucción de voltaje de eje d se expresa mediante la fórmula (3) siguiente, y el valor V_q^* de instrucción de voltaje de eje q se expresa mediante la fórmula (4) siguiente. Los medios 12 de cálculo de instrucción de voltaje calculan el valor V_d^* de instrucción de voltaje de eje d y el valor V_q^* de instrucción de voltaje de eje q según las fórmulas (3) y (4).

$$25 \quad V_d^* = R_s \times I_d^* - \omega_i \times \sigma \times L_s \times I_q^* \quad \dots(3)$$

$$V_q^* = R_s \times I_q^* + \omega_i \times L_s \times I_d^* \quad \dots(4).$$

30 R_s muestra la resistencia primaria que es una constante de motor del motor 1A de inducción, y L_s muestra una inductancia primaria que es una constante de motor del motor 1A de inducción. σ es una constante calculada a partir de las constantes de motor del motor 1A de inducción, y se expresa mediante la fórmula (5) siguiente.

$$35 \quad \sigma = 1 - (M^2/L_r/L_s) \quad \dots(5).$$

40 Los medios 14 de detección de corriente tienen detectores 14u, 14v y 14w de corriente provistos en las respectivas fases del alimentador 3 trifásico, y los detectores 14u, 14v y 14w de corriente detectan los valores i_u , i_v e i_w de corriente trifásica de la fase U, la fase V y la fase W del motor 1A de inducción, y suministran los valores detectados actuales a medios 15 de conversión trifásico/eje dq.

45 Los medios 15 de conversión trifásico/eje dq convierten los valores i_u , i_v e i_w de corriente trifásica detectados al valor i_d de corriente detectada en el eje d y al valor i_q de corriente detectada en el eje q en el sistema de coordenadas biaxial giratorio.

Por ejemplo, se usa un transformador de corriente (CT) para cada uno de los detectores 14u, 14v y 14w de corriente de los medios 14 de detección de corriente, y el transformador de corriente detecta los valores i_u , i_v e i_w de corriente trifásica detectados que fluyen a través del alimentador 3 de CA.

50 Sin embargo, los medios 14 de detección de corriente pueden ser configurados de manera que detecten una corriente trifásica que fluye a través de un circuito de CA que tiene la fase U, la fase V y la fase W y en el interior del convertidor 11 de potencia usando otros medios conocidos. Además, debido a que se establece una relación de $i_u + i_v + i_w = 0$, por ejemplo, puede obtener un valor i_w de corriente detectada de la fase W a partir de los valores i_u y i_v de corriente detectada de las dos fases U y V.

55 Los medios 16 de cálculo de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento calculan un valor ω_s^* de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento en base a un valor I_d^* de instrucción de corriente de eje d y el valor I_q^* de instrucción de corriente de eje q en el sistema de coordenadas biaxial giratorio. El valor ω_s^* de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento se expresa mediante la fórmula (6) siguiente. Los medios 16 de cálculo de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento calculan el valor ω_s^* de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento según la fórmula (6).

$$\omega s^* = (Iq^* \times Rr) / (Id^* \times Lr) \quad \dots(6).$$

5 Rr muestra la resistencia secundaria que es una constante de motor del motor 1A de inducción.

Los medios 17 de adición emiten a un valor ω_1 de frecuencia angular calculado obtenido sumando el valor ωs^* de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento desde los medios 16 de cálculo instrucción de frecuencia angular de deslizamiento y un valor ωe de estimación de frecuencia angular de rotación desde los medios 19 de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación, y suministra el valor ω_1 de frecuencia angular calculado col a los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular. El valor ω_1 de frecuencia angular calculado se expresa mediante la fórmula (7) siguiente.

$$\omega_1 = \omega s^* + \omega e \quad (7).$$

Los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular es reciben como entrada el valor ω_1 de frecuencia angular calculado desde los medios 17 de adición, y emiten como salida un valor ω_i de estimación de frecuencia angular en el sistema de coordenadas biaxial giratorio. El valor ω_i de estimación de frecuencia angular muestra la frecuencia angular del voltaje trifásico de salida de CA VAC emitido como salida desde el convertidor 11 de potencia. El valor ω_i de estimación de frecuencia angular es suministrado a cada uno de los medios 12 de cálculo de instrucción de voltaje, los medios 18 de cálculo de fase y los medios 19 de cálculo de la estimación de frecuencia angular de rotación.

25 Los medios 18 de cálculo de fase calculan una fase θ en el sistema de coordenadas biaxial giratorio en base al valor ω_i de estimación de frecuencia angular, y suministra la fase θ a cada uno de los medios 13 de conversión de eje dq/trifásico y los medios 15 de conversión trifásico/eje dq. La fase θ corresponde a un valor proporcionado integrando el valor ω_i de estimación de frecuencia angular por los medios 18 de cálculo de fase.

30 Los medios 19 de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación reciben como entrada el valor Vd^* de instrucción de voltaje de eje d y el valor Vq^* de instrucción de voltaje de eje q desde los medios 12 de cálculo de instrucción de voltaje, el valor i_d detectado de corriente de eje d y el valor i_q detectado de corriente de eje q desde los medios 15 de conversión trifásico/eje dq, y el valor ω_i de estimación de frecuencia angular desde los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular.

35 Los medios 19 de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación calculan el valor ωe de estimación de frecuencia angular de rotación que muestra la frecuencia angular de rotación del motor 1A de inducción en el sistema de coordenadas biaxial giratorio en base al valor Vd^* de instrucción de voltaje de eje d y el valor Vq^* de instrucción de voltaje de eje q, y el valor i_d de corriente detectada en el eje d, el valor i_q de corriente detectada de eje q y el valor ω_i de estimación de frecuencia angular, y suministra el valor de estimación de frecuencia angular de rotación ωe a los medios 17 de adición.

45 Una forma detallada del cálculo del valor ωe de estimación de frecuencia angular de rotación por los medios 19 de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación se describe en el documento JP-A-2003-302 413 o similares. Es decir, debido a que la forma detallada se considera como una técnica existente, se omite su descripción.

Como una característica de la invención, los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular emiten el valor ω_i de estimación de frecuencia angular de manera que el valor ω_i es igual o mayor que un valor ω_2 constante de límite inferior. De esta manera, los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular se describe detalladamente con referencia a la Figura 2.

55 Tal como se muestra en la Figura 2, los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular tienen unos medios 21 de salida de valor constante de límite inferior, unos medios 24 de comparación y unos medios 25 de conmutación. Los medios 21 de salida de valor constante de límite inferior incluyen unos medios 22 de establecimiento constante y unos medios 23 de multiplicación. Los medios 22 de establecimiento constante usan R_s y L_s , que son constantes de motor del motor 1A de inducción, respectivamente, para establecer un valor R_s/L_s constante, y suministra el valor R_s/L_s constantes a los medios 23 de multiplicación.

60 Los medios 23 de multiplicación multiplican además el valor R_s/L_s constante por una constante k de multiplicación, y emite un valor ω_2 constante de límite inferior. La constante k de multiplicación es una constante

positiva obtenida tal como se describe más adelante. El valor ω_2 constante de límite inferior se expresa mediante la fórmula (8) siguiente.

$$\omega_2 = k \times R_s / L_s \quad (8).$$

5 El valor ω_2 constante de límite inferior es emitido desde los medios 21 de salida de valor constante de límite inferior.

10 Los medios 24 de comparación tienen una primera entrada a, una segunda entrada b y una salida c. La primera entrada a de los medios 24 de comparación recibe el valor ω_1 de frecuencia angular calculado desde los medios 17 de adición. El valor ω_1 de frecuencia angular calculado es emitido como la adición del valor ω^* de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento y el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación, tal como se muestra en la fórmula (7).

15 La segunda entrada b de los medios 24 de comparación recibe el valor ω_2 constante de límite inferior desde los medios 21 de salida de límite inferior constante. La salida c de los medios 24 de comparación es suministrada a los medios 25 de conmutación para llevar a cabo el control de la conmutación de los medios 25 de conmutación. Los medios 25 de conmutación tienen una primera entrada A, una segunda entrada B y una salida C.

20 La primera entrada A de los medios 25 de conmutación recibe el valor ω_1 de frecuencia angular calculado desde los medios 17 de adición. La segunda entrada B de los medios 25 de conmutación recibe el valor ω_2 constante de límite inferior desde los medios 21 de salida de límite inferior constante. La salida C de los medios 25 de conmutación emite el valor ω_i de estimación de frecuencia angular.

25 Según la salida c de los medios 24 de comparación que compara el valor ω_1 de frecuencia angular calculado con el valor ω_2 constante de límite inferior, los medios 25 de conmutación conmutan entre un primer estado, en el que la entrada A está conectada a la salida C de manera que el valor ω_i de estimación de frecuencia angular desde la salida C es igual al valor ω_1 de frecuencia angular calculado, y un segundo estado, en el que la entrada B está conectada a la salida C de manera que el valor ω_i de estimación de frecuencia angular desde la salida C es igual
30 al valor ω_2 constante de límite inferior.

35 Cuando la salida c tiene un valor que muestra una relación de $\omega_1 > \omega_2$, los medios 24 de comparación controlan los medios 25 de conmutación en el primer estado. En el primer estado, se establece $\omega_i = \omega_1$ y, de esta manera, el valor ω_1 de frecuencia angular calculado es emitido desde los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular como el valor ω_i de estimación de frecuencia angular.

40 Cuando se reduce la velocidad de rotación del motor 1A de inducción, de manera que el valor ω_2 de frecuencia angular calculado es igual o menor que el valor ω_2 constante de límite inferior, y la salida c tiene un valor que muestra $\omega_1 \leq \omega_2$, los medios 24 de comparación controlan los medios 25 de conmutación en el segundo estado. En el segundo estado, se establece $\omega_i = \omega_2$ y, de esta manera, el valor ω_2 constante de límite inferior es emitido desde los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular como el valor ω_i de estimación de frecuencia angular.

45 Generalmente, el valor ω_i de estimación de frecuencia angular se limita a ser igual o mayor que el valor ω_2 constante de límite inferior en una región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción en la que el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación del motor 1A de inducción es poco preciso. En otras regiones de velocidad, debido a que el valor ω_e de frecuencia angular de rotación estimado es preciso, el valor ω_i de estimación de frecuencia angular es igual al valor ω_1 de frecuencia angular calculado proporcionado añadiendo el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación al valor ω_s^* de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento.
50

55 Debido a que el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación proporcionado por los medios 19 de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación es poco preciso en la región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción, si el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación se usa directamente, el control del motor 1A de inducción se vuelve inestable.

60 Sin embargo, en la realización 1, los medios 21 de salida de valor constante de límite inferior limita el valor ω_i de estimación de frecuencia angular a ser igual o mayor que el valor ω_2 constante de límite inferior en la región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción en la que el valor ω_e estimado de frecuencia angular de rotación es poco preciso, de manera que el control se estabiliza.

La constante k de multiplicación se determina como se indica a continuación. En una condición sin carga en la que el par real del motor 1A de inducción es cero, es decir, el valor I_q^* de instrucción de corriente de eje q muestra $I_q^* = 0$, se supone que el cálculo del valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación en la región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción es más difícil. En este caso, $I_q^* = 0$ se sustituye por las Fórmulas (3) y (4) y, de esta manera, el valor V_d^* de instrucción de voltaje de eje d y el valor V_q^* de instrucción de voltaje de eje q se expresan mediante las fórmulas (9) y (10) siguientes, respectivamente.

$$V_d^* = R_s \times I_d^* \quad \dots(9)$$

$$V_q^* = \omega_i \times L_s \times I_d^* \quad \dots(10).$$

Para calcular, de manera estable, el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación, la magnitud del valor V_q^* de instrucción de voltaje de eje q (valor absoluto) debe ser igual o mayor que la magnitud del valor V_d^* de instrucción de voltaje de eje d (valor absoluto), es decir, debe establecerse $|V_d^*| \leq |V_q^*|$. Aquí, $|V_d^*| \leq |V_q^*|$ se sustituye por las Fórmulas (9) y (10) y, a continuación, modificado. De esta manera, se proporciona la fórmula siguiente.

$$R_s \times |I_d^*| \leq \omega_i \times L_s \times |I_d^*|$$

$$R_s \leq \omega_i \times L_s$$

$$\omega_i \geq R_s / L_s \quad \dots(11).$$

La Fórmula (11) muestra que el valor ω_i de estimación de frecuencia angular debe ser igual o mayor que el valor límite inferior con el fin de calcular, de manera estable, el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación. Mientras que el lado derecho de la Fórmula (11) debe ser igual al valor ω_2 constante de límite inferior, cuando un lado derecho de la Fórmula (8) para calcular el valor ω_2 constante de límite inferior es comparado con el lado derecho de la Fórmula (11), la Fórmula (8) es diferente de la Fórmula (11) en que incluye la constante k de multiplicación.

La constante k de multiplicación es introducida para calcular, de manera estable, el valor ω_e de frecuencia angular de rotación estimado después de considerar que un valor R_s de resistencia primaria cambia dependiendo de la temperatura. La Fórmula (11) debe ser establecer para todos los valores R_s de resistencia primaria en un intervalo supuesto de temperaturas, y cuando se supone que un valor máximo de los valores R_s de resistencia primaria en el intervalo supuesto de temperaturas es R_{smax} , la Fórmula (11) es modificada como sigue.

$$\omega_i \geq R_{smax} / L_s = \omega_2 \quad \dots(12).$$

El valor R_s de la resistencia primaria en la Fórmula (8) significa estrictamente el valor R_{ss} de la resistencia primaria a la temperatura estándar, y cuando la Fórmula (12) es sustituida por la Fórmula (8) y modificada, se obtiene la fórmula siguiente para el cálculo de la constante k de multiplicación.

$$R_{smax} / L_s = k \times R_{ss} / L_s$$

$$R_{smax} = k \times R_{ss}$$

$$k = R_{smax} / R_{ss} \quad \dots(13).$$

La constante k de multiplicación es de aproximadamente 1,5 en un motor 1A de inducción que tiene un tamaño típico y, por ejemplo, tiene un valor de 1. 2 5 en un motor 1A de inducción pequeño. Por ejemplo, cuando se supone que el motor 1A de inducción es un motor de inducción de 150 [kW] montado en un coche eléctrico, el valor R_{ss} de resistencia primaria es de 0,1173 [Ω], y la inductancia primaria es de 0.037 [H] a la temperatura estándar, y cuando el valor ω_2 constante de límite inferior es calculado usando la Fórmula (8) con la constante k de multiplicación con un valor supuesto de 1,5, se obtiene 4,75 [rad/s], es decir, 0,756 [Hz].

Se describe una ventaja proporcionada por los medios 21 de salida de valor constante de límite inferior mientras se compara la Figura 3 con la Figura 4. Las Figuras 3 y 4 muestran diagramas característicos que muestran una relación entre el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación obtenidos mediante para de simulación y

real del motor 1A de inducción con el fin de mostrar una ventaja en la que el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación está limitado a sea igual o mayor que el valor ω_2 constante de límite inferior, de manera que puede realizarse, de manera estable, una estimación de velocidad.

5 Como una condición de la simulación, suponiendo que hay dicho un error de ajuste en el que el valor de la resistencia primaria es mayor que un valor real entre las constantes de máquina rotativa, la frecuencia de rotación del motor 1A de inducción está fijada prácticamente en uno de entre 0,1, 0,25, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 y 4,0 [Hz], y un valor de instrucción de par cambia en un intervalo entre el 0 y el 100% de un valor de instrucción de par máximo. La razón para fijar la frecuencia de rotación del motor 1A de inducción es entender fácilmente qué grado de error se produce en la estimación de la velocidad.

10 La frecuencia de rotación del motor 1A de inducción depende de la frecuencia de un voltaje de CA emitido por el convertidor 11 de potencia, y la frecuencia del valor de instrucción de voltaje trifásico al convertidor 11 de potencia depende del valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación. Por lo tanto, la frecuencia de rotación del motor 1A de inducción no puede ser fijada realmente a un valor que es significativamente diferente del valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación.

15 En las Figuras 3 y 4, un eje horizontal muestra un valor [Hz] del valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación expresado en frecuencia, y un eje vertical muestra el par real [%] del motor 1A de inducción. La Figura 3 muestra una característica en la realización 1 en el caso de que los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular tienen los medios 21 de salida de valor constante de límite inferior, los medios 24 de comparación y los medios 25 de conmutación, y el valor ω_i de estimación de frecuencia angular está limitado a ser igual o mayor que el valor ω_2 constante de límite inferior en la región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción.

20 Por otra parte, la Figura 4 muestra una característica en el caso de que los medios 21 de salida de valor constante de límite inferior, los medios 24 de comparación y los medios 25 de conmutación se eliminan en la realización 1, y el valor ω_1 de frecuencia angular calculado es emitido directamente como el valor ω_i de estimación de frecuencia angular. En las Figuras 3 y 4, las características C1 a C7 corresponden a las características en una frecuencia de rotación de 0,1, 0,25, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 y 4,0 [Hz] del motor 1A de inducción, respectivamente.

25 A partir de las características mostradas en la Figura 4, puede confirmarse que el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación es inestable, y el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación y el par real bajan a un valor cero o menor, respectivamente, en la región de velocidad extremadamente baja cuando la frecuencia de rotación del motor 1A de inducción es de 0,1 [Hz]. Esto demuestra que no puede obtenerse un valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación estable en la región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción, lo que conduce a una inestabilidad en el control.

30 Por otra parte, a partir de las características mostradas en la Figura 3, se encontró que incluso si la frecuencia de rotación del motor 1A de inducción es 0,1 [Hz], el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación no baja a un valor cero o menor y, de esta manera, puede obtenerse un valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación estable y, por consiguiente, puede asegurarse una característica de par estable. Esto demuestra que puede obtenerse un valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación estable incluso en la región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción, lo que conduce a una estabilidad en el control.

35 De esta manera, según la realización 1, puede generarse un par de salida estable incluso en la región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción y, de esta manera, puede obtenerse un valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación estable incluso en la región de velocidad extremadamente baja del motor 1A de inducción. Por lo tanto, puede mejorarse la fiabilidad del controlador para el motor 1A de inducción.

40 Además, los medios 21 de salida de valor constante de límite inferior emiten un valor constante de límite inferior como una constante en base a las constantes de motor R_s y L_s , y la constante k de multiplicación, de manera que el valor constante de límite inferior puede ser determinado, de manera fácil y ventajosa, sin ajustes particulares.

55 Realización 2

La Figura 5 muestra un diagrama de circuito de bloques que muestra la realización 2 del controlador para la máquina rotativa de CA según la invención. En la realización 2, la máquina 1 rotativa de CA es un motor 1B síncrono, y el controlador 10A en la realización 1 es sustituido por un controlador 10B. En el controlador 10B mostrado en la Figura 5, el dispositivo 16 de cálculo de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento y los medios 17 de adición en el controlador 10A son eliminados, y el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación desde los medios 19 de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación es suministrado

directamente a los medios 20 de salida de estimación de frecuencia angular como el valor ω_1 de frecuencia angular calculado. Excepto por esto, el controlador 10B está configurado de la misma manera que el controlador 10A.

- 5 En la realización 2, debido a que la máquina 1 rotativa de CA incluye el motor 1B síncrono con deslizamiento nulo, mientras el valor ω_e de estimación de frecuencia angular de rotación es suministrado directamente como el valor ω_1 de frecuencia angular calculado, puede obtenerse la misma ventaja que en la realización 1.

Aplicación Industrial

- 10 El controlador para una máquina rotativa de CA según la invención puede ser usado para diversas máquinas rotativas de CA, tales como una máquina rotativa de CA montada en un material rodante eléctrico.

REIVINDICACIONES

1. Un controlador (10A, 10B) para una máquina rotativa de CA, que controla una máquina (1) rotativa de CA, en el que el controlador (10A, 10B) comprende:

- 5
- un convertidor (11) de potencia que genera un voltaje de salida trifásico de CA (VAC) que puede variar en voltaje y frecuencia para corresponder a un valor (V_u^* , V_v^* , V_w^*) de instrucción de voltaje trifásico, y suministra el voltaje de salida de CA trifásico (VAC) a la máquina (1) rotativa de CA;
 - medios (14) de detección de corriente que detectan una corriente (i_u , i_v , i_w) trifásica de la máquina (1) rotativa de CA;
 - medios (20) de salida de estimación de frecuencia angular que emiten un valor (ω_i) de estimación de frecuencia angular que es un valor de estimación de la frecuencia angular del voltaje de salida de CA trifásico (VAC);
 - medios (12) de cálculo de instrucción de voltaje que calculan un valor (V_d^* , V_q^*) de instrucción de voltaje en base a un valor (I_d^* , I_q^*) de instrucción de corriente y el valor (ω_i) de estimación de frecuencia angular en un sistema de coordenadas biaxial giratorio;
 - medios (18) de cálculo de fase que calculan una fase (θ) en el sistema de coordenadas biaxial giratorio a partir del valor (ω_i) de estimación de frecuencia angular;
 - medios (13) de conversión de eje dq/trifásico que convierten el valor (V_d^* , V_q^*) de instrucción de voltaje en el sistema de coordenadas biaxial giratorio al valor (V_u^* , V_v^* , V_w^*) de instrucción de voltaje trifásico en base a la fase (θ);
 - medios (15) de conversión de trifásico/eje dq que convierten la corriente (i_u , i_v , i_w) trifásica detectada por los medios (14) de detección de corriente a un valor (i_d , i_q) de corriente detectada en el sistema de coordenadas biaxial giratorio en base a la fase (θ); y
 - medios (19) de cálculo de estimación de frecuencia angular de rotación que calculan un valor (ω_e) de estimación de frecuencia angular de rotación que es un valor de estimación de la frecuencia angular de rotación de la máquina (1) rotativa de CA en base al valor (V_d^* , V_q^*) de instrucción de voltaje, el valor (i_d , i_q) de corriente detectada y el valor (ω_i) de estimación de frecuencia angular en el sistema de coordenadas biaxial giratorio;
- 30 **caracterizado por que** los medios (20) de salida de estimación de frecuencia angular incluyen:
- medios (21) de salida de valor constante de límite inferior que emiten un valor (ω_2) constante de límite inferior,
 - medios (24) de comparación que comparan un valor (ω_1) calculado de frecuencia angular calculado en base al valor (ω_e) de estimación de frecuencia angular de rotación con el valor (ω_2) constante de límite inferior, y
 - medios (25) de conmutación que realizan la conmutación al mayor de entre el valor (ω_1) calculado de frecuencia angular o el valor (ω_2) constante de límite inferior, según el resultado de la comparación realizada por los medios (24) de comparación, y emite el mayor valor como el valor (ω_{i+}) de estimación de frecuencia angular, y
- 40 en el que, cuando se supone que la resistencia primaria de la máquina (1) rotativa de CA es R_s , una inductancia primaria de la máquina (1) rotativa de CA es L_s , y un valor obtenido dividiendo un valor R_{smax} máximo de la resistencia R_s primaria por un valor R_{ss} de la resistencia R_s primaria a una temperatura estándar es k , el valor (ω_i) de estimación de frecuencia angular se establece a un valor igual o mayor que el valor (ω_2) constante de límite inferior, y el valor (ω_2) constante de límite inferior se calcula según $\omega_2 = k \times R_s/L_s$.

2. Controlador (10A) según la reivindicación 1,

en el que la máquina (1) rotativa de CA es un motor (1A) de inducción,

50 en el que el controlador (10A) incluye además medios (16) de cálculo de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento que calculan un valor (ω_s^*) de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento del motor (1A) de inducción en base al valor (I_d^* , I_q^*) de instrucción de corriente en el sistema de coordenadas biaxial giratorio, y en el que un valor obtenido sumando el valor (ω_e) de estimación de frecuencia angular de rotación y el valor (ω_s^*) de instrucción de frecuencia angular de deslizamiento es determinado de manera que sea el valor (ω_1) calculado de frecuencia angular.

3. Controlador (10B) según la reivindicación 1,

en el que la máquina (1) rotativa de CA es un motor (1B) síncrono, y

60 en el que el valor (ω_e) de estimación de frecuencia angular de rotación es determinado de manera que sea el valor (ω_1) calculado de frecuencia angular.

FIG.1

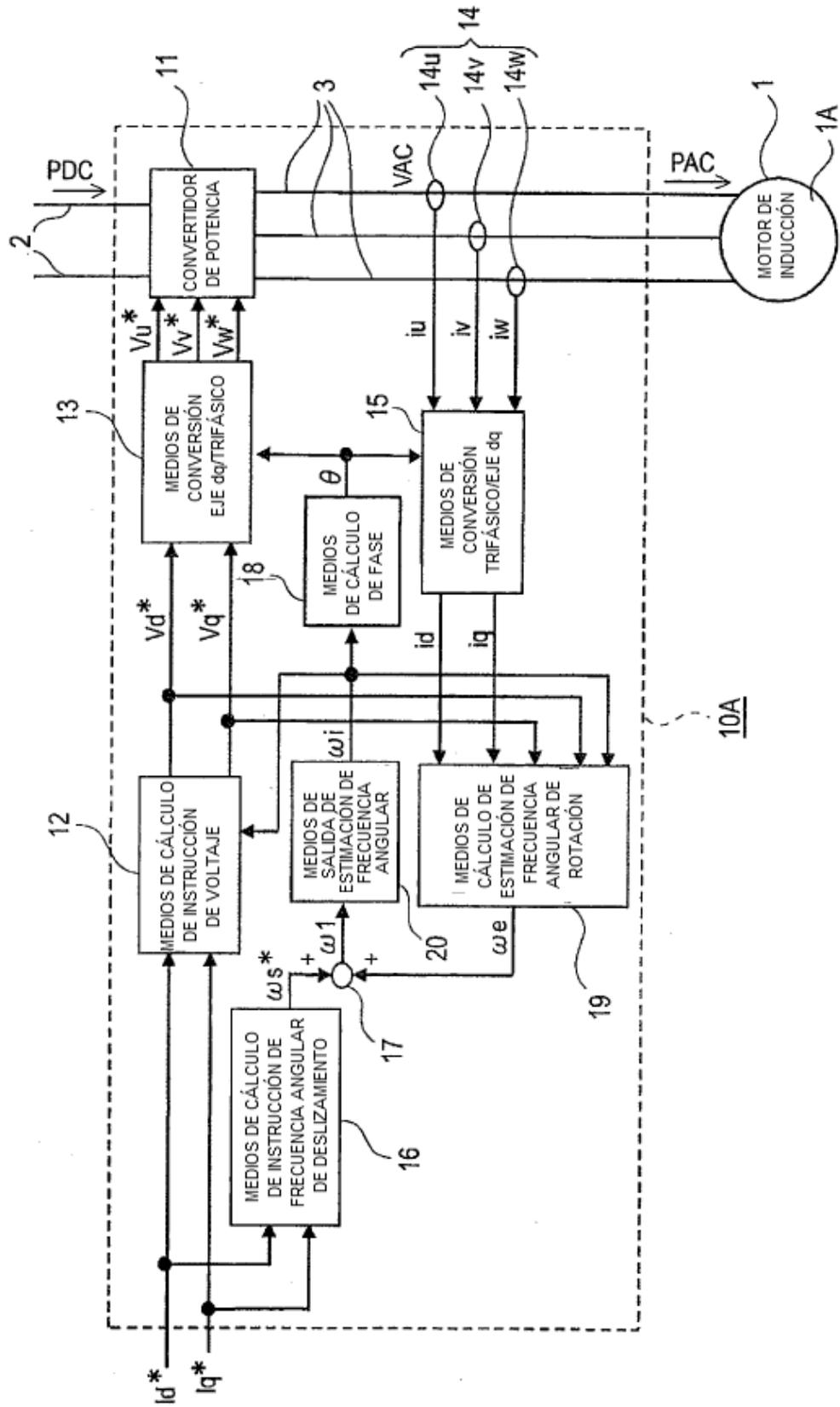


FIG. 2

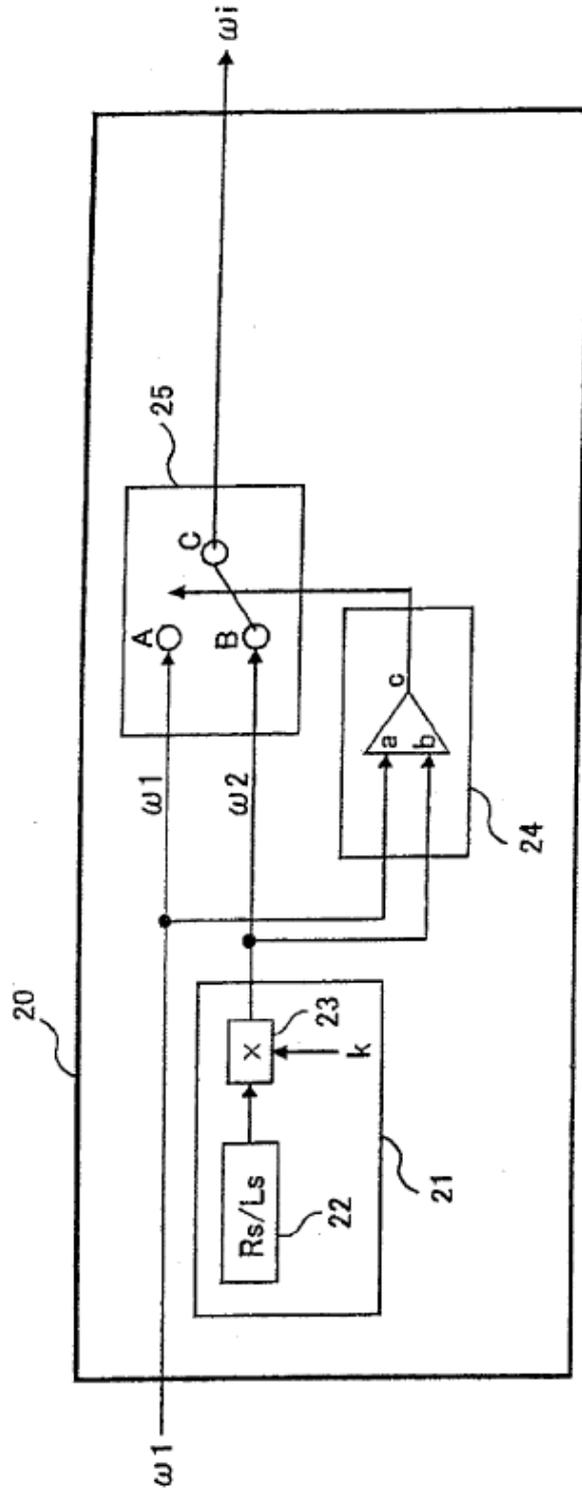


FIG.3

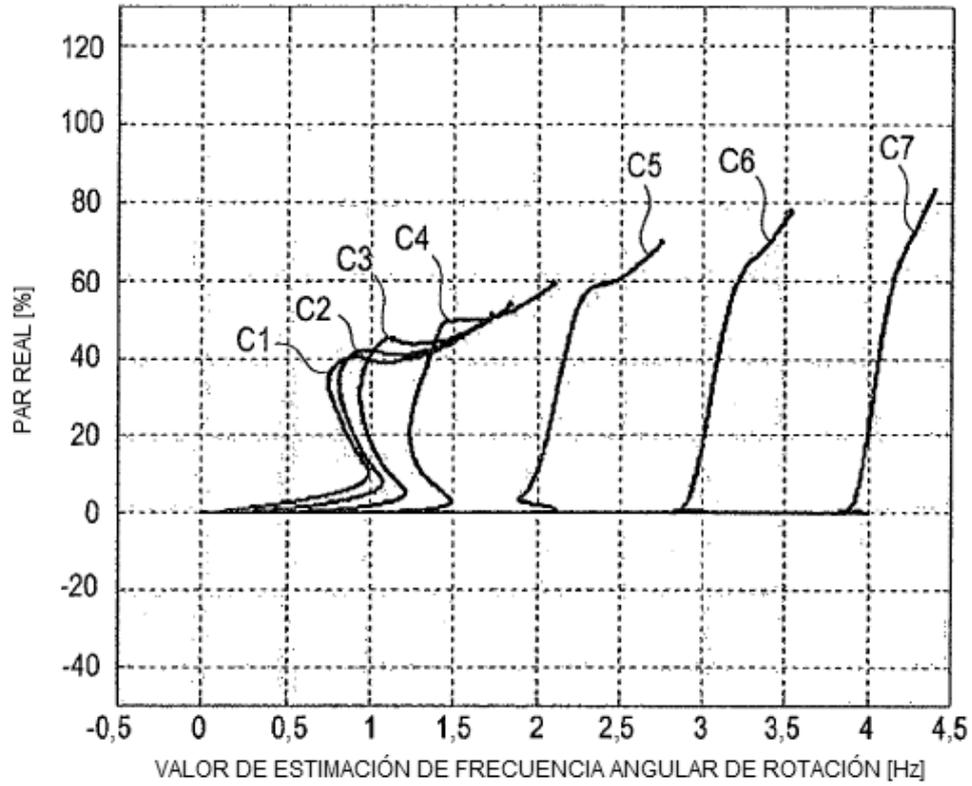


FIG.4

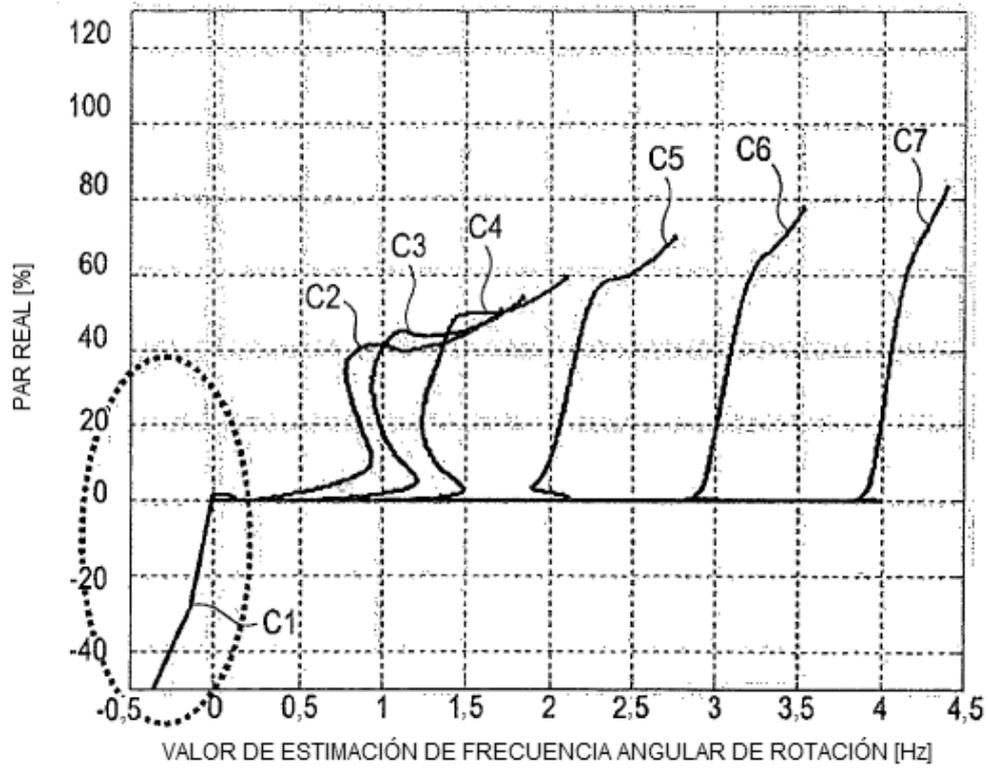


FIG.5

